

# norme européenne

NF EN 60071-1

Août 2006

## norme française

Indice de classement : **C 10-100**

ICS : 29.080.30

### Coordination de l'isolement

#### Partie 1 : Définitions, principes et règles

E : Insulation co-ordination – Part 1 : Definitions, principles and rules

D : Isolationskoordination – Teil 1 : Begriffe, Grundsätze und Anforderungen

### Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 20 juillet 2006, pour prendre effet à compter du 20 août 2006.

Est destinée à remplacer la norme homologuée NF EN 60071-1, de novembre 1995.

### Correspondance

La norme européenne EN 60071-1:2006 a le statut d'une norme française. Elle reproduit intégralement la publication CEI 60071-1:2006.

### Analyse

Le présent document s'applique aux réseaux à tension alternative triphasée dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure à 1 kV. Il spécifie la procédure pour le choix des tensions de tenue assignées normalisées pour l'isolation phase-terre, l'isolation entre phases et l'isolation longitudinale du matériel et des installations de ces réseaux. Il donne également les listes des valeurs normalisées parmi lesquelles il convient de choisir les tensions de tenue assignées normalisées.

dow : 2009-03-01

### Descripteurs

Réseau électrique, tension alternative, haute tension, surtension électrique, isolation électrique, coordination, définition, classification, spécification, essai électrique, niveau d'isolement, tension de tenue.

### Modifications

Par rapport au document destiné à être remplacé, publication d'une nouvelle édition.

### Corrections

éditée et diffusée par l'Union Technique de l'Electricité (UTE) – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux Cedex – Tél. : + 33 (0) 1 49 07 62 00 – Fax : + 33 (0) 1 47 78 73 51 – Courriel : [ute@ute.asso.fr](mailto:ute@ute.asso.fr) – Internet : <http://www.ute-fr.com/>  
diffusée également par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) – 11, avenue Francis de Pressensé – 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex – Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00

## AVANT-PROPOS NATIONAL

*Ce document constitue la version française complète de la norme européenne EN 60071-1:2006 qui reproduit le texte de la publication CEI 60071-1:2006.*

*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.*

*L'Union Technique de l'Électricité a voté favorablement au CENELEC sur le projet de EN 60071-1, le 8 décembre 2005.*

### Correspondance entre les documents internationaux cités en référence et les documents CENELEC et/ou français à appliquer

Document international cité en référence	Document correspondant	
	CENELEC (EN ou HD)	français (NF ou UTE)
CEI 60038 (1983) (mod) + A1 (1994) + A2 (1997)	HD 472 S1 (1989) + corr. février 2002	-
CEI 60060-1 (1989) + corr. mars 1990	HD 588.1 S1 (1991)	NF C 41-101 (1995)
CEI 60071-2 <sup>1</sup>	EN 60071-2 (1997) <sup>2</sup>	NF EN 60071-2 (1997) (C 10-102)
CEI 60099-4 <sup>1</sup> (mod)	EN 60099-4 (2004) <sup>2</sup>	NF EN 60099-4 (2005) (C 65-101)
CEI 60507 <sup>1</sup>	EN 60507 (1993) <sup>2</sup>	NF EN 60507 (1993) (C 66-010)
CEI 60633 <sup>1</sup>	EN 60633 (1999) <sup>2</sup>	NF EN 60633 (2000) (C 53-633)
<p><i>Note : Les documents de la classe C sont en vente à l'Union technique de l'Électricité – Tour Chantecoq – 5, rue Chantecoq – 92808 Puteaux cedex – Tél. : + 33 (0) 1 49 07 62 00 ainsi qu'au service diffusion de l'Association française de normalisation – 11, avenue Francis de Pressensé – 93571 Saint-Denis La Plaine Cedex – Tél. : + 33 (0) 1 41 62 80 00.</i></p> <p><i>Les documents CEI sont en vente à l'UTE.</i></p>		

<sup>1</sup> Référence non datée.

<sup>2</sup> Edition valide à ce jour.

**NORME EUROPÉENNE**  
**EUROPÄISCHE NORM**  
**EUROPEAN STANDARD**

**EN 60071-1**

Mai 2006

ICS 29.080.30

Remplace EN 60071-1:1995

Version française

**Coordination de l'isolement**  
**Partie 1: Définitions, principes et règles**  
**(CEI 60071-1:2006)**

Isolationskoordination  
Teil 1: Begriffe, Grundsätze  
und Anforderungen  
(IEC 60071-1:2006)

Insulation co-ordination  
Part 1: Definitions, principles and rules  
(IEC 60071-1:2006)

La présente Norme Européenne a été adoptée par le CENELEC le 2006-03-01. 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 la Norme Européenne.

Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Secrétariat Central 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 Secrétariat Central, a le même statut que les versions officielles.

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

**CENELEC**

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

**Secrétariat Central: rue de Stassart 35, B - 1050 Bruxelles**

## Avant-propos

Le texte du document 28/176/FDIS, future édition 8 de la CEI 60071-1, préparé par le CE 28 de la CEI, Coordination de l'isolement, a été soumis au vote parallèle CEI-CENELEC et a été approuvé par le CENELEC comme EN 60071-1 le 2006-03-01.

Cette Norme Européenne remplace la EN 60071-1:1995.

Les principaux changements par rapport à la EN 60071-1:1995 sont ceux qui suivent:

- dans les définitions (3.26, 3.28 et 3.29) et dans les conditions environnementales (5.9) prises en compte, clarification des corrections atmosphérique et d'altitude impliquées dans le processus de coordination de l'isolement;
- dans la liste des tensions de tenue assignées normalisées de courte durée à fréquence industrielle mentionnées en 5.6, introduction de 115 kV;
- dans la liste des tensions de tenue assignées normalisées aux chocs indiquées en 5.7, introduction de 200 kV et 380 kV;
- dans les niveaux de tenue normalisés pour la gamme I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ ) (Tableau 2), introduction de la tension la plus élevée pour le matériel  $U_m = 100 \text{ kV}$ ;
- dans les niveaux de tenue normalisés pour la gamme II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ ) (Tableau 3) remplacement de 525 kV par 550 kV et de 765 kV par 800 kV;
- afin de supprimer cette partie de la révision prochaine de la EN 60071-2, introduction de l'Annexe A relative aux distances dans l'air pour installation avec tension de tenue aux chocs spécifiée;
- dans l'Annexe B, limitation à deux valeurs de  $U_m$  pour les valeurs de niveaux d'isolement assignés pour  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  pour des tensions les plus élevées pour le matériel  $U_m$  non normalisées par la CEI / le CENELEC, fondées sur la pratique existant dans certains pays.

Les dates suivantes ont été fixées:

- |   |       |            |
|---|-------|------------|
| – date limite à laquelle la EN doit être mise en application<br>au niveau national par publication d'une norme<br>nationale identique ou par entérinement | (dop) | 2006-12-01 |
| – date limite à laquelle les normes nationales<br>conflictuelles doivent être annulées  | (dow) | 2009-03-01 |

L'Annexe ZA a été ajoutée par le CENELEC.

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	2
1 Domaine d'application .....	5
2 Références normatives .....	5
3 Termes et définitions .....	6
4 Symboles et abréviations .....	13
4.1 Généralités .....	13
4.2 Indices .....	13
4.3 Symboles littéraux .....	14
4.4 Abréviations .....	14
5 Procédure pour la coordination de l'isolement .....	15
5.1 Généralités sur la procédure .....	15
5.2 Détermination des tensions et surtensions représentatives ( $U_{rp}$ ) .....	17
5.3 Détermination des tensions de tenue de coordination ( $U_{cw}$ ) .....	18
5.4 Détermination des tensions de tenue requises ( $U_{rw}$ ) .....	19
5.5 Choix du niveau d'isolement assigné .....	19
5.6 Liste des tensions de tenue assignées normalisées de courte durée à fréquence industrielle .....	20
5.7 Liste des tensions de tenue assignées normalisées aux chocs .....	20
5.8 Gammes de la tension la plus élevée pour le matériel .....	20
5.9 Conditions environnementales .....	21
5.10 Choix du niveau d'isolement normalisé .....	21
5.11 Origine des niveaux d'isolement normalisés .....	25
6 Exigences pour les essais de tension de tenue normalisée .....	26
6.1 Exigences générales .....	26
6.2 Essais de tension de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle .....	27
6.3 Essais de tension de tenue normalisée aux chocs .....	27
6.4 Situation d'essai alternative .....	28
6.5 Essais de tension de tenue normalisée de l'isolation entre phases et de l'isolation longitudinale pour le matériel de la gamme I .....	28
6.6 Essais de tension de tenue normalisée de l'isolation entre phases et de l'isolation longitudinale pour le matériel de la gamme II .....	29
Annexe A (normative) Distances dans l'air pour installation garantissant une tension de tenue aux chocs spécifiée .....	30
Annexe B (informative) Valeurs de niveaux d'isolement assignés pour $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ pour des tensions les plus élevées pour le matériel $U_m$ non normalisées par la CEI, fondées sur la pratique existant dans certains pays .....	34
Annexe ZA (normative) Références normatives à d'autres publications internationales avec les publications européennes correspondantes .....	35
Bibliographie .....	36
Figure 1 – Organigramme de détermination du niveau d'isolement assigné ou normalisé .....	16

Tableau 1 – Classes et formes des surtensions, des formes de tension normalisées et des essais de tension de tenue normalisée .....	17
Tableau 2 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme I ( $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ ) .....	23
Tableau 3 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme II ( $U_m > 245 \text{ kV}$ ) .....	24
Tableau A.1 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de foudre et les distances dans l'air minimales .....	31
Tableau A.2 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de manœuvre et les distances dans l'air minimales phase-terre .....	32
Tableau A.3 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de manœuvre et les distances dans l'air minimales phase-phase .....	33
Tableau B.1 – Valeurs de niveaux d'isolement assignés pour $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$ pour des tensions les plus élevées pour le matériel $U_m$ non normalisées par la CEI, fondées sur la pratique existant dans certains pays .....	34

## COORDINATION DE L'ISOLEMENT –

### Partie 1: Définitions, principes et règles

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60071 s'applique aux réseaux à tension alternative triphasée dont la tension la plus élevée pour le matériel est supérieure à 1 kV. Elle spécifie la procédure pour le choix des tensions de tenue assignées normalisées pour l'isolation phase-terre, l'isolation entre phases et l'isolation longitudinale du matériel et des installations de ces réseaux. Elle donne également les listes des valeurs normalisées parmi lesquelles il convient de choisir les tensions de tenue assignées normalisées.

Cette norme recommande que les tensions de tenue choisies soient associées aux tensions les plus élevées pour le matériel. Cette association est destinée aux seules fins de la coordination de l'isolement. Les exigences concernant la sécurité des personnes ne sont pas couvertes par cette norme.

Bien que les principes de cette norme s'appliquent également à l'isolation des lignes de transport d'énergie, les valeurs des tensions de tenue peuvent être différentes des tensions de tenue assignées normalisées.

Il appartient aux comités de produits de spécifier les tensions de tenue et les procédures d'essai appropriées aux matériels correspondants, en prenant les recommandations de cette norme en considération.

**NOTE** Toutes les règles pour la coordination de l'isolement données dans cette norme sont justifiées en détail dans la CEI 60071-2, en particulier en ce qui concerne l'association des tensions de tenue assignées normalisées avec les tensions les plus élevées pour le matériel. Lorsque plusieurs séries de tensions de tenue assignées normalisées sont associées à la même valeur de la tension la plus élevée pour le matériel, une ligne directrice est donnée pour le choix de la série la plus appropriée.

#### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60038:2002, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60060-1:1989, *Techniques des essais à haute tension – Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais*

CEI 60071-2, *Coordination de l'isolement – Partie 2: Guide d'application*

CEI 60099-4, *Parafoudres – Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif*

CEI 60507, *Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif*

CEI 60633, *Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

#### 3.1

##### **coordination de l'isolement**

sélection de la rigidité diélectrique des matériels, en fonction des tensions de service et des surtensions qui peuvent apparaître dans le réseau auquel ces matériels sont destinés et compte tenu de l'environnement en service et des caractéristiques des dispositifs de prévention et de protection disponibles

[VEI 604-03-08:1987, modifiée]

NOTE La «rigidité diélectrique» des matériels est prise ici au sens de niveau d'isolement assigné ou de niveau d'isolement normalisé tels que définis respectivement en 3.35 et en 3.36.

#### 3.2

##### **isolation externe**

distances dans l'air atmosphérique et sur les surfaces des isolations solides d'un matériel en contact avec l'air atmosphérique, qui sont soumises aux contraintes diélectriques et à l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres conditions environnementales provenant du site comme la pollution, l'humidité, les animaux, etc.

[VEI 604-03-02:1987, modifiée]

NOTE L'isolation externe est soit protégée, soit exposée, selon qu'elle est conçue pour être utilisée à l'intérieur ou à l'extérieur d'abris fermés.

#### 3.3

##### **isolation interne**

distances internes dans l'isolation solide, liquide ou gazeuse des matériels qui sont à l'abri de l'influence des conditions atmosphériques ou d'autres agents externes

[VEI 604-03-03:1987]

#### 3.4

##### **isolation autorégénératrice**

isolation qui, en peu de temps, retrouve intégralement ses propriétés isolantes après une décharge disruptive au cours d'un essai

[VEI 604-03-04:1987, modifiée]

NOTE Une isolation de ce type est généralement, mais pas nécessairement, une isolation externe.

#### 3.5

##### **isolation non autorégénératrice**

isolation qui perd ses propriétés isolantes, ou ne les retrouve pas intégralement, après une décharge disruptive au cours d'un essai

[VEI 604-03-05:1987, modifiée]

NOTE Les définitions 3.4 et 3.5 s'appliquent uniquement quand la décharge est provoquée par l'application d'une tension d'essai lors d'un essai diélectrique. Cependant, des décharges apparaissant en service peuvent conduire une isolation autorégénératrice à perdre partiellement ou complètement ses propriétés isolantes d'origine.

#### 3.6

##### **borne de la configuration de l'isolation**

l'une ou l'autre des deux bornes entre lesquelles peut être appliquée une tension qui soumet l'isolation à une contrainte. Les types de borne sont:

- (a) borne de phase, en service, la tension phase-neutre du réseau est appliquée entre cette borne et le neutre;
- (b) borne de neutre, représentant le point neutre du réseau, ou y étant connectée (borne de neutre de transformateur, etc.);
- (c) borne de terre, toujours mise directement à la terre en service (cuve de transformateur, socle de sectionneur, structure de pylône, plaque de mise à la terre, etc.)



### 3.7

#### **configuration de l'isolation**

configuration géométrique complète de l'isolation en service comprenant l'isolation et toutes ses bornes. Elle inclut tous les éléments (isolants et conducteurs) qui influencent son comportement diélectrique. On distingue les configurations de l'isolation suivantes:

#### 3.7.1

##### **configuration de l'isolation triphasée**

configuration ayant trois bornes de phase, une borne de neutre et une borne de terre

#### 3.7.2

##### **configuration de l'isolation phase-terre**

###### **p-e**

configuration d'isolation triphasée dans laquelle on ne tient pas compte des bornes de deux phases et, sauf cas particuliers, dans laquelle la borne de neutre est mise à la terre

#### 3.7.3

##### **configuration de l'isolation phase-phase**

###### **p-p**

configuration d'isolation triphasée dans laquelle on ne tient pas compte d'une borne de phase. Dans des cas particuliers, les bornes de neutre et de terre ne sont également pas prises en compte

#### 3.7.4

##### **configuration de l'isolation longitudinale**

###### **t-t**

configuration de l'isolation ayant deux bornes de phase et une borne de terre. Les bornes de phase appartiennent à la même phase d'un réseau triphasé, séparée temporairement en deux parties indépendantes sous tension (par exemple, appareils de connexion ouverts). Les quatre bornes appartenant aux deux autres phases ne sont pas prises en compte ou sont mises à la terre. Dans des cas particuliers, l'une des deux bornes de phase considérées est mise à la terre

### 3.8

#### **tension nominale d'un réseau**

##### **$U_n$**

valeur arrondie appropriée de la tension utilisée pour dénommer ou identifier un réseau

[VEI 601-01-21:1985]

### 3.9

#### **tension la plus élevée d'un réseau**

##### **$U_s$**

valeur la plus élevée de la tension de service entre phases (valeur efficace) qui se présente à un instant et en un point quelconque du réseau dans des conditions d'exploitation normales

[VEI 601-01-23:1985, modifiée]

### 3.10

#### **tension la plus élevée pour le matériel**

##### **$U_m$**

valeur la plus élevée de la tension entre phases (valeur efficace) pour laquelle le matériel est spécifié en ce qui concerne son isolement ainsi que certaines autres caractéristiques qui sont rattachées à cette tension dans les normes proposées pour chaque matériel. Dans les conditions normales de service spécifiées par le comité de produit correspondant, cette tension peut être appliquée au matériel en permanence

[VEI 604-03-01:1987, modifiée]

### 3.11

#### **réseau à neutre isolé**

réseau dont aucun point neutre n'a de connexion intentionnelle avec la terre, à l'exception des liaisons à haute impédance destinées à des dispositifs de protection ou de mesure

[VEI 601-02-24:1985]

### 3.12

#### **réseau à neutre directement à la terre**

réseau dont le ou les points neutres sont reliés directement à la terre

[VEI 601-02-25:1985]

### 3.13

#### **réseau à neutre non directement à la terre**

réseau dont le ou les points neutres sont reliés à la terre par l'intermédiaire d'impédances destinées à limiter les courants de défaut à la terre

[VEI 601-02-26:1985]

### 3.14

#### **réseau compensé par bobine d'extinction**

réseau dont un ou plusieurs points neutres sont reliés à la terre par des réactances compensant approximativement la composante capacitive du courant de défaut monophasé à la terre

[VEI 601-02-27:1985]

NOTE Pour un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité à tel point qu'un arc de défaut dans l'air est généralement auto-extinguible.

### 3.15

#### **facteur de défaut à la terre**

**k**

en un emplacement donné d'un réseau triphasé, et pour un schéma d'exploitation donné de ce réseau, rapport entre, d'une part, la tension efficace la plus élevée, à la fréquence du réseau, entre une phase saine et la terre pendant un défaut à la terre affectant une phase quelconque ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau, et d'autre part la valeur efficace de la tension entre phase et terre à la fréquence du réseau qui serait obtenue à l'emplacement considéré en l'absence du défaut

[VEI 604-03-06:1987]

### 3.16

#### **surtension**

toute tension:

- entre un conducteur de phase et la terre ou à travers une isolation longitudinale dont la valeur de crête dépasse la valeur de crête correspondant à la tension la plus élevée du réseau divisée par  $\sqrt{3}$

[VEI 604-03-09:1987, modifiée] ou

- entre conducteurs de phase dont la valeur de crête dépasse l'amplitude de la tension le plus élevée du réseau

[VEI 604-03-09:1987, modifiée]

NOTE Sauf indication contraire clairement stipulée, comme pour les parafoudres, les valeurs de surtension exprimées en p.u. renvoient à  $U_s \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ .

**3.17****classification des tensions et des surtensions**

tensions et surtensions réparties selon les catégories suivantes d'après leur forme et leur durée

NOTE Plus de détails sur les six premières tensions et surtensions suivantes sont aussi donnés au Tableau 1.

**3.17.1****tension permanente (à fréquence industrielle)**

tension à la fréquence du réseau, considérée comme ayant une valeur efficace constante, appliquée en permanence à toute paire de bornes d'une configuration d'isolation

**3.17.2****surtension temporaire****TOV**

surtension à fréquence industrielle de durée relativement longue

[VEI 604-03-12:1987, modifiée]

NOTE La surtension peut être non amortie ou faiblement amortie. Dans certains cas, sa fréquence peut être inférieure ou supérieure à la fréquence industrielle dans un rapport de plusieurs unités.

**3.17.3****surtension transitoire**

surtension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes, oscillatoire ou non, généralement fortement amortie

[VEI 604-03-13:1987]

NOTE Les surtensions transitoires peuvent être immédiatement suivies par des surtensions temporaires. S'il en est ainsi, les deux types de surtensions sont considérés comme des événements séparés.

Les surtensions transitoires sont divisées en:

**3.17.3.1****surtension à front lent****SFO**

surtension transitoire, généralement unidirectionnelle, de durée  $T_p$  jusqu'à la valeur de crête telle que  $20 \mu s < T_p \leq 5\,000 \mu s$  et de durée de queue  $T_2 \leq 20 ms$

**3.17.3.2****surtension à front rapide****SFO**

surtension transitoire, généralement unidirectionnelle, de durée  $T_p$  jusqu'à la valeur de crête telle que  $0,1 \mu s < T_1 \leq 20 \mu s$  et de durée de queue  $T_2 < 300 \mu s$

**3.17.3.3****surtension à front très rapide****VFFO**

surtension transitoire, généralement unidirectionnelle, de durée jusqu'à la valeur de crête  $T_f \leq 0,1 \mu s$  et avec ou sans oscillations superposées de fréquence  $30 kHz < f < 100 MHz$

**3.17.4****surtension combinée**

consistant en deux composantes de tension appliquées simultanément entre chacune des deux bornes de phase d'une isolation entre phases (ou longitudinale) et la terre. Elle est classée selon la composante de la valeur de crête la plus élevée (temporaire, à front lent, à front rapide ou à front très rapide)

### 3.18

#### **formes de tension normalisées pour essai**

les formes de tension suivantes sont normalisées:

NOTE Plus de détails sur les trois premières formes de tension normalisées suivantes sont donnés dans la CEI 60060-1 ainsi qu'au Tableau 1.

#### 3.18.1

##### **tension normalisée de courte durée à fréquence industrielle**

tension sinusoïdale de fréquence comprise entre 48 Hz et 62 Hz et de durée égale à 60 s

#### 3.18.2

##### **tension normalisée de choc de manœuvre**

tension de choc ayant une durée jusqu'à la crête de 250  $\mu$ s et une durée jusqu'à la mi-valeur de 2 500  $\mu$ s

#### 3.18.3

##### **tension normalisée de choc de foudre**

tension de choc ayant une durée de front de 1,2  $\mu$ s et une durée jusqu'à la mi-valeur de 50  $\mu$ s

#### 3.18.4

##### **tension normalisée de choc de manœuvre combinée**

pour l'isolation entre phases, une tension de choc combinée ayant deux composantes de valeurs de crête égales et de polarités opposées.

La composante positive est une tension de choc de manœuvre normalisée et la composante négative est une tension de choc de manœuvre dont les durées jusqu'à la crête et jusqu'à la mi-valeur ne sont pas inférieures à celles de la composante positive. Il convient que les deux tensions de choc atteignent leur valeur de crête au même instant. Par conséquent, la valeur de crête de la tension combinée est la somme des valeurs de crête de leurs composantes

#### 3.18.5

##### **tension normalisée combinée**

pour l'isolation longitudinale, une tension combinée ayant un choc normalisé sur une borne et une tension à fréquence industrielle sur l'autre borne. La composante de choc est appliquée à la valeur de crête de la tension à fréquence industrielle de polarité opposée

### 3.19

#### **surtensions représentatives**

$U_{rp}$

surtensions supposées produire le même effet diélectrique sur l'isolation que les surtensions d'une catégorie donnée apparaissant en service dues à diverses origines.

Elles sont constituées de tensions ayant la forme normalisée de la catégorie en question et peuvent être définies par une valeur, un ensemble de valeurs ou une distribution statistique des valeurs qui caractérisent les conditions de service

NOTE Cette définition s'applique également à la tension permanente à fréquence industrielle qui représente l'effet de la tension de service sur l'isolation.

### 3.20

#### **dispositif de limitation des surtensions**

dispositif qui limite les valeurs de crête des surtensions ou leurs durées ou les deux. Ces dispositifs sont classés en dispositifs de prévention (tel que résistance de préinsertion) ou en dispositifs de protection (tel que parafoudre)

**3.21****niveau de protection au choc de foudre [ou de manœuvre]** **$U_{pl}$  [ou  $U_{ps}$ ]**

valeur de crête maximale de la tension admissible aux bornes d'un dispositif de protection soumis, dans des conditions spécifiées, à des chocs de foudre [ou de manœuvre]

[VEI 604-03-56:1987 et VEI 604-03-57:1987]

**3.22****critère de performance**

base sur laquelle est choisie l'isolation de façon à réduire à un niveau acceptable, du point de vue de l'économie et de celui de l'exploitation, la probabilité que les contraintes diélectriques résultantes imposées aux matériels causent des dommages aux isolations des matériels ou affectent la continuité du service. Ce critère est habituellement exprimé en termes d'un taux de défaillance acceptable (nombre de défaillances par année, nombre d'années entre défaillances, risque de défaillance, etc.) de la configuration de l'isolation

**3.23****tension de tenue**

valeur de la tension d'essai à appliquer, dans des conditions spécifiées, lors d'un essai de tension de tenue pendant lequel un nombre spécifié de décharges disruptives est toléré. La tension de tenue est désignée par:

- a) tension de tenue présumée conventionnelle, lorsque le nombre de décharges disruptives toléré est nul. Cela est supposé correspondre à une probabilité de tenue  $P_w = 100 \%$ ;
- b) tension de tenue statistique, lorsque le nombre de décharges disruptives toléré est relatif à une probabilité de tenue spécifiée. Dans cette norme, la probabilité spécifiée est  $P_w = 90 \%$ .

NOTE Dans cette norme, les tensions de tenue présumées conventionnelles sont spécifiées pour l'isolation non autorégénératrice et les tensions de tenue statistiques le sont pour l'isolation autorégénératrice.

**3.24****tension de tenue de coordination** **$U_{cw}$** 

pour chaque catégorie de tension, valeur de la tension de tenue de la configuration de l'isolation, dans les conditions réelles de service, qui satisfait au critère de performance

**3.25****facteur de coordination** **$K_c$** 

facteur par lequel il faut que la valeur de la surtension représentative soit multipliée pour obtenir la valeur de la tension de tenue de coordination

**3.26****conditions atmosphériques normalisées de référence**

conditions atmosphériques auxquelles les tensions de tenue assignées normalisées s'appliquent (voir 5.9)

**3.27****tension de tenue requise** **$U_{rw}$** 

tension d'essai qu'il faut que l'isolation tienne dans un essai de tension de tenue normalisée pour s'assurer que l'isolation satisfera au critère de performance lorsqu'elle sera soumise à une catégorie donnée de surtensions dans les conditions réelles de service et pendant toute la durée de service. La tension de tenue requise a la forme de la tension de tenue de coordination et elle est spécifiée en se référant à toutes les conditions de l'essai de tension de tenue normalisée choisi pour vérifier cette tenue

### 3.28

#### **facteur de correction atmosphérique**

$K_t$

facteur à appliquer à la tension de tenue de coordination pour tenir compte de la différence de tenue diélectrique entre les conditions atmosphériques moyennes en service et les conditions atmosphériques normalisées de référence.

Ce facteur ne s'applique qu'à l'isolation externe, pour toutes les altitudes

NOTE 1 Le facteur  $K_t$  permet de corriger les tensions d'essai en tenant compte de la différence entre les conditions atmosphériques réelles pendant les essais et les conditions atmosphériques normalisées de référence. Pour ce facteur, les conditions atmosphériques prises en compte sont la pression de l'air, la température et l'humidité.

NOTE 2 En général, pour les besoins de coordination de l'isolement, seule la correction de pression de l'air a besoin d'être prise en compte.

### 3.29

#### **facteur de correction de l'altitude**

$K_a$

facteur à appliquer à la tension de tenue de coordination pour tenir compte de la différence de tenue diélectrique entre la pression moyenne correspondant à l'altitude en service et la pression normalisée de référence

NOTE Le facteur de correction de l'altitude  $K_a$  fait partie du facteur de correction atmosphérique  $K_t$ .

### 3.30

#### **facteur de sécurité**

$K_s$

facteur global à appliquer à la tension de tenue de coordination, après application du facteur de correction atmosphérique (si nécessaire), pour obtenir la tension de tenue requise en tenant compte de toutes les autres différences de tenue diélectrique entre les conditions en service au cours de la durée de vie et celles de l'essai de tension de tenue normalisée

### 3.31

#### **tension de tenue réelle d'un matériel ou d'une configuration de l'isolation**

$U_{aw}$

valeur la plus élevée possible de la tension d'essai qui peut être appliquée à un matériel ou à une configuration d'isolation dans un essai de tension de tenue normalisée

### 3.32

#### **facteur de conversion d'essai**

$K_{tc}$

pour un matériel ou une configuration d'isolation donné, facteur à appliquer à la tension de tenue requise d'une catégorie de surtension donnée, dans le cas où la forme de la tension de tenue normalisée de l'essai de tension de tenue choisi est celle d'une catégorie de surtension différente

NOTE Pour une configuration de matériel ou d'isolation donnée: il faut que le facteur de conversion d'essai de la forme de la tension normalisée (a) en forme de tension normalisée (b) soit supérieur ou égal au rapport entre la tension de tenue réelle pour la forme de tension normalisée (a) et la tension de tenue réelle de la forme de tension normalisée (b).

### 3.33

#### **tension de tenue assignée**

valeur de la tension d'essai, appliquée dans un essai de tension de tenue normalisée, qui permet de vérifier que l'isolation satisfait à une ou plusieurs des tensions de tenue requises. C'est une valeur assignée d'isolation d'un matériel

**3.34****tension de tenue assignée normalisée** $U_w$ 

valeur normalisée de la tension de tenue assignée telle que recommandée dans cette norme (voir 5.6 et 5.7)

**3.35****niveau d'isolement assigné**

ensemble de tensions de tenue assignées qui caractérisent la rigidité diélectrique de l'isolation

**3.36****niveau d'isolement normalisé**

ensemble de tensions de tenue assignées normalisées associées à  $U_m$  comme il est recommandé dans cette norme (voir Tableau 2 et Tableau 3)

**3.37****essai de tension de tenue normalisée**

essai diélectrique effectué dans des conditions spécifiées pour démontrer que l'isolation satisfait à une tension de tenue assignée normalisée.

NOTE 1 Cette norme couvre:

- les essais à la tension de courte durée à fréquence industrielle;
- les essais au choc de manœuvre;
- les essais au choc de foudre;
- les essais au choc de manœuvre combinés;
- les essais à la tension combinée.

NOTE 2 Des informations détaillées complémentaires sur les essais de tension de tenue normalisée sont données dans la CEI 60060-1 (voir également le Tableau 1 pour les formes de la tension d'essai).

NOTE 3 Il convient que les essais de tension de tenue normalisée au choc à front très rapides soient spécifiés par les comités de produit concernés, si nécessaire.

## **4 Symboles et abréviations**

### **4.1 Généralités**

Cette liste ne couvre que les symboles et les abréviations utilisés le plus fréquemment et qui sont utiles pour la coordination de l'isolement.

### **4.2 Indices**

p-e	phase à terre
t-t	longitudinal
max	maximum (CEI 60633)
p-p	entre phases

### 4.3 Symboles littéraux

$f$	fréquence
$k$	facteur de défaut à la terre
$K_t$	facteur de correction atmosphérique
$K_a$	facteur de correction d'altitude
$K_c$	facteur de coordination
$K_s$	facteur de sécurité
$K_{tc}$	facteur de conversion d'essai
$P_w$	probabilité de tenue
$T_1$	durée de front
$T_2$	durée jusqu'à la mi-valeur d'une tension décroissante
$T_p$	durée jusqu'à la valeur de crête
$T_t$	durée totale de surtension
$U_{aw}$	tension de tenue réelle d'un matériel ou d'une configuration de l'isolation
$U_{cw}$	tension de tenue de coordination
$U_m$	tension la plus élevée pour le matériel
$U_n$	tension nominale d'un réseau
$U_{pl}$	niveau de protection au choc de foudre d'un parafoudre
$U_{ps}$	niveau de protection au choc de manœuvre d'un parafoudre
$U_{rp}$	surtension représentative
$U_{rw}$	tension de tenue requise
$U_s$	tension la plus élevée d'un réseau
$U_w$	tension de tenue assignée normalisée

### 4.4 Abréviations

FFO	surtension à front rapide (fast-front overvoltage)
ACWV	tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle d'un matériel ou d'une configuration de l'isolation (power frequency withstand voltage )
LIPL	niveau de protection au choc de foudre d'un parafoudre (lightning impulse protective level)
SIPL	niveau de protection au choc de manœuvre d'un parafoudre (switching impulse protective level)
LIWV	tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre d'un matériel ou d'une configuration de l'isolation (lightning impulse withstand voltage)
SFO	surtension à front lent (slow-front overvoltage)
SIWV	tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre d'un matériel ou d'une configuration de l'isolation (switching impulse withstand voltage)
TOV	surtension temporaire (temporary overvoltage)
VFFO	surtension à front très rapide (very-fast-front overvoltage)

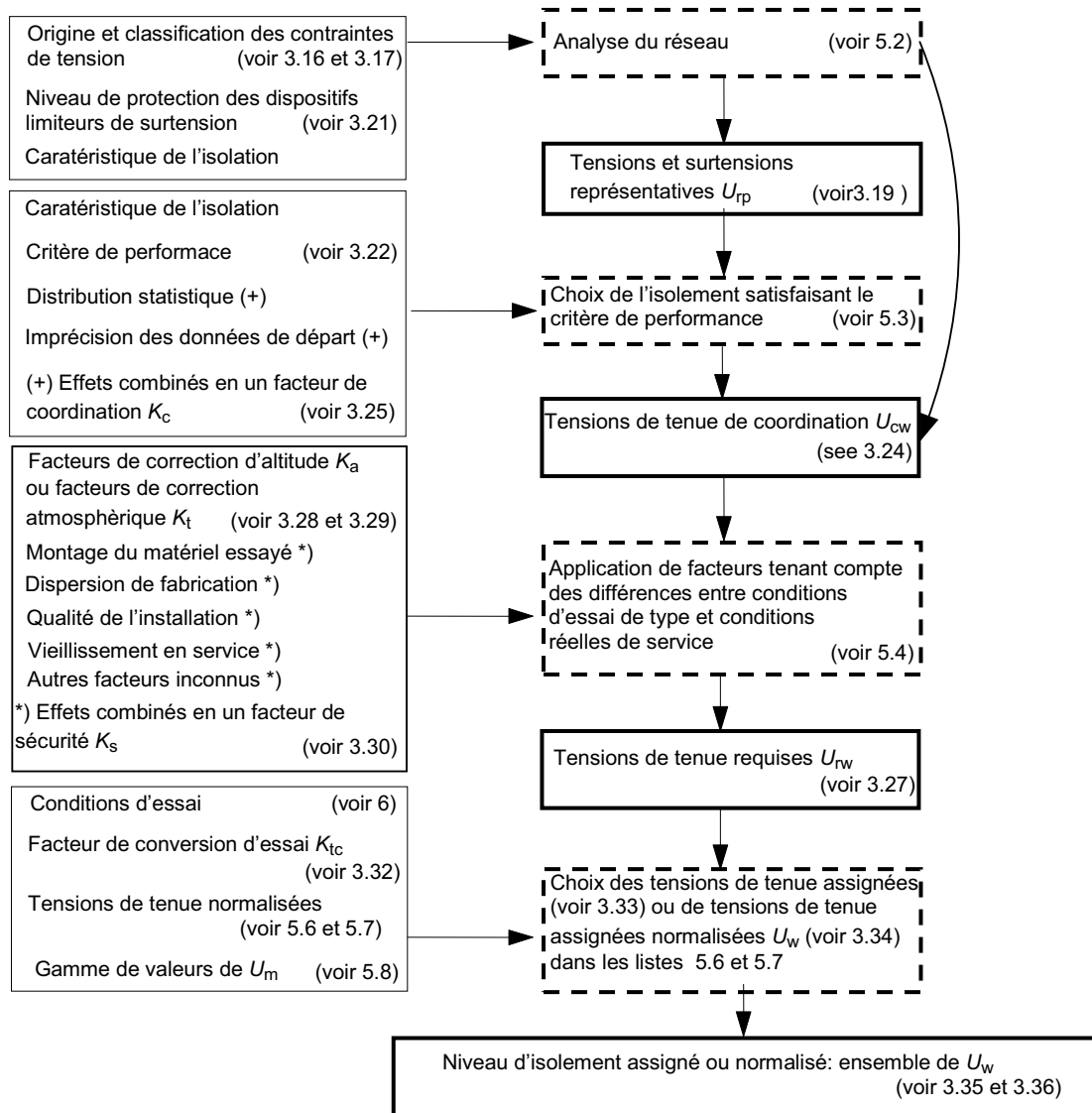


## **5 Procédure pour la coordination de l'isolement**

### **5.1 Généralités sur la procédure**

La procédure pour la coordination de l'isolement consiste à choisir la tension la plus élevée pour le matériel avec un ensemble de tensions de tenue assignées normalisées qui caractérisent l'isolation du matériel nécessaire à l'application. Cette procédure est représentée à la Figure 1 et ses étapes sont décrites de 5.1 à 5.5. L'optimisation de l'ensemble choisi de  $U_w$  peut nécessiter la reprise de quelques données d'entrée et la répétition d'une partie de cette procédure.

Les tensions de tenue assignées normalisées doivent être choisies dans les listes de 5.6 et de 5.7. L'ensemble des tensions normalisées choisies constitue un niveau d'isolement assigné. Si les tensions de tenue assignées normalisées sont également associées à la même valeur de  $U_m$  conformément à 5.10, cet ensemble constitue un niveau d'isolement normalisé.



IEC 2781/05

NOTE Entre parenthèses, les paragraphes donnant la définition du terme ou la description de l'action.

- Rectangles faisant référence aux données d'entrées à prendre en compte
- Rectangles faisant référence aux actions à effectuer
- Rectangles faisant référence aux résultats obtenus

**Figure 1 – Organigramme de détermination du niveau d'isolement assigné ou normalisé**

## 5.2 Détermination des tensions et surtensions représentatives ( $U_{rp}$ )

Les tensions et les surtensions qui contraignent l'isolation doivent être déterminées en amplitude, en forme et en durée, au moyen d'une analyse de réseau comprenant la sélection et le choix de l'emplacement des dispositifs de limitation et de prévention des surtensions.

Pour chaque catégorie de tensions et de surtensions, cette analyse doit donc permettre de déterminer une tension et une surtension représentative en prenant en compte le comportement de l'isolation qui diffère aux formes de tensions et surtensions du réseau et aux formes de tension normalisées appliquées lors d'un essai de tension de tenue normalisée tel que schématisé au Tableau 1.

**Tableau 1 – Classes et formes des surtensions, des formes de tension normalisées et des essais de tension de tenue normalisée**

Classe	Basse fréquence		Transitoire		
	Permanente	Temporaire	Front lent	Front rapide	Front très rapide
Formes de tension ou de surtension					
Gamme de formes de tension ou de surtension	$f = 50 \text{ Hz}$ ou $60 \text{ Hz}$ $T_t \geq 3 \text{ 600 s}$	$10 \text{ Hz} < f < 500 \text{ Hz}$ $0,02 \text{ s} \leq T_t \leq 3 \text{ 600 s}$	$20 \mu\text{s} < T_p \leq 5 \text{ 000 } \mu\text{s}$ $T_2 \leq 20 \text{ ms}$	$0,1 \mu\text{s} < T_1 \leq 20 \mu\text{s}$ $T_2 \leq 300 \mu\text{s}$	$T_f \leq 100 \text{ ns}$ $0,3 \text{ MHz} < f_1 < 100 \text{ MHz}$ $30 \text{ kHz} < f_2 < 300 \text{ kHz}$
Formes de tension normalisées	 $f = 50 \text{ Hz}$ ou $60 \text{ Hz}$ $T_t^a$	 $48 \text{ Hz} \leq f \leq 62 \text{ Hz}$ $T_t = 60 \text{ s}$	 $T_p = 250 \mu\text{s}$ $T_2 = 2 \text{ 500 } \mu\text{s}$	 $T_1 = 1,2 \mu\text{s}$ $T_2 = 50 \mu\text{s}$	a
Essai de tension de tenue normalisée	a	Essais à la tension de courte durée à fréquence industrielle	Essai de choc de manœuvre	Essai au choc de foudre	a

<sup>a</sup> A spécifier par le comité de produit correspondant.

Les tensions et les surtensions représentatives peuvent être caractérisées par:

- une valeur maximale présumée, ou
- un ensemble de valeurs de crête, ou
- une distribution statistique complète de valeurs de crête.

NOTE Dans le dernier cas, des caractéristiques complémentaires concernant les formes de surtension peuvent devoir être prises en considération.

Lorsque l'adoption d'une valeur maximale présumée est jugée adéquate, la surtension représentative des différentes catégories doit être:

- Pour la tension permanente à fréquence industrielle: une tension à fréquence industrielle de valeur efficace égale à la tension la plus élevée du réseau et de durée correspondant à la durée de vie du matériel.
- Pour la surtension temporaire: une tension normalisée de courte durée à fréquence industrielle de valeur efficace égale à la valeur maximale présumée des surtensions temporaires, divisée par  $\sqrt{2}$ .
- Pour la surtension à front lent: une tension normalisée de choc de manœuvre de valeur de crête égale à la valeur de crête maximale présumée des surtensions à front lent.
- Pour la surtension à front rapide: une tension normalisée de choc de foudre de valeur de crête égale à la valeur de crête maximale présumée des surtensions à front rapide phase-terre.

NOTE Pour les GIS ou GIL à enveloppe triphasée et niveaux d'isolement normalisés choisis parmi les plus faibles pour une  $U_m$  donnée, il peut être nécessaire de prendre en compte les surtensions entre phases.

- Pour la surtension à front très rapide: les caractéristiques de cette catégorie de surtension sont spécifiées par les comités de produit concernés.
- Pour la surtension entre phases à front lent: une tension normalisée de choc de manœuvre combinée de valeur de crête égale à la valeur de crête maximale présumée des surtensions entre phases à front lent.
- Pour la surtension longitudinale à front lent [ou à front rapide]: une tension combinée composée d'une tension normalisée de choc de manœuvre [ou de choc de foudre] et d'une tension à fréquence industrielle, chacune de valeur de crête égale aux deux valeurs de crête maximales présumées correspondantes et dont l'instant correspondant à la crête de la tension de choc coïncide avec celui de la crête de la tension à fréquence industrielle de polarité opposée.

### 5.3 Détermination des tensions de tenue de coordination ( $U_{cw}$ )

La détermination des tensions de tenue de coordination consiste à fixer les valeurs minimales des tensions de tenue de l'isolation qui satisfont au critère de performance quand l'isolation est soumise aux surtensions représentatives dans les conditions de service.

Les tensions de tenue de coordination de l'isolation ont la forme des surtensions représentatives de la catégorie considérée et leurs valeurs sont obtenues en multipliant les valeurs des surtensions représentatives par un facteur de coordination. La valeur du facteur de coordination dépend de la précision de l'évaluation des surtensions représentatives et d'une estimation empirique ou statistique de la distribution des surtensions et des caractéristiques de l'isolation.

Les tensions de tenue de coordination peuvent être déterminées soit comme des tensions de tenue présumées conventionnelles, soit comme des tensions de tenue statistiques. Cela influe sur la procédure de détermination et sur les valeurs du facteur de coordination.

La simulation des phénomènes de surtension, combinée à l'évaluation simultanée du risque de défaillance, en utilisant les caractéristiques adéquates de l'isolation, permet de déterminer directement les tensions de tenue de coordination statistiques sans les étapes intermédiaires de détermination des surtensions représentatives.

#### 5.4 Détermination des tensions de tenue requises ( $U_{rw}$ )

La détermination des tensions de tenue requises de l'isolation consiste à convertir les tensions de tenue de coordination en conditions d'essai normalisées appropriées. Cela est réalisé en multipliant les tensions de tenue de coordination par des facteurs qui compensent les différences entre les conditions réelles de service de l'isolation et celles des essais de tension de tenue normalisée.

Les facteurs à appliquer doivent compenser les conditions atmosphériques par le facteur de correction atmosphérique  $K_t$  et les effets de la liste ci-dessous par le facteur de sécurité  $K_s$ .

Effets combinés dans le facteur de sécurité  $K_s$ :

- les différences dans le montage du matériel;
- la dispersion dans la qualité de production;
- la qualité de l'installation;
- le vieillissement de l'isolation pendant la durée de vie attendue;
- d'autres influences inconnues.

Si, cependant, ces effets ne peuvent pas être évalués individuellement, un facteur de sécurité global, déduit de l'expérience, doit être adopté (voir CEI 60071-2).

Le facteur de correction atmosphérique  $K_t$  est uniquement applicable pour l'isolation externe.  $K_t$  doit être appliqué pour tenir compte des différences entre les conditions atmosphériques normalisées de référence et celles attendues en service.

Pour la correction d'altitude, le facteur de correction d'altitude  $K_a$  qui ne prend en compte que la pression d'air moyenne à l'altitude considérée doit être appliqué. Ce facteur  $K_a$  doit être appliqué quelle que soit l'altitude.

#### 5.5 Choix du niveau d'isolement assigné

Le choix du niveau d'isolement assigné consiste à sélectionner l'ensemble de tensions de tenue assignées normalisées ( $U_w$ ) de l'isolation le plus économique, suffisant pour démontrer que toutes les tensions de tenue requises sont satisfaites.

La tension la plus élevée pour le matériel, est alors choisie comme étant la plus proche valeur normalisée de  $U_m$  égale ou supérieure à la tension la plus élevée du réseau dans lequel le matériel sera installé.

Pour le matériel à installer dans des conditions environnementales normales, en ce qui concerne l'isolement,  $U_m$  doit au moins être égale à  $U_s$ .

Pour le matériel à installer hors des conditions environnementales normales en ce qui concerne l'isolement,  $U_m$  peut être choisie supérieure à la plus proche valeur normalisée de  $U_m$  égale ou supérieure à  $U_s$  selon les besoins spéciaux concernés.

NOTE Comme exemple, le choix d'une valeur  $U_m$  supérieure à la plus proche valeur normalisée égale ou supérieure à  $U_s$  peut intervenir lorsque le matériel est installé à une altitude supérieure à 1 000 m pour compenser la diminution de la tension de tenue de l'isolation externe.

La normalisation des essais, ainsi que le choix des tensions d'essai appropriées, pour démontrer la conformité à  $U_m$ , sont effectués par les comités de produit concernés (par exemple, essais de pollution, essais de la tension d'apparition de décharges partielles...).

Les tensions de tenue pour démontrer que sont satisfaites, les tensions de tenue requises temporaires, à front lent et à front rapide, pour l'isolation phase-terre, l'isolation entre phases et l'isolation longitudinale, peuvent être choisies de même forme que la tension de tenue requise, ou de forme différente en tenant compte, pour ce dernier choix, des caractéristiques intrinsèques de l'isolation.

La valeur de la tension de tenue assignée est alors choisie dans la liste des tensions de tenue assignées normalisées figurant en 5.6 et 5.7, comme la valeur la plus proche égale ou supérieure à:

- la tension de tenue requise, dans le cas où l'on choisit la même forme,
- la tension de tenue requise multipliée par le facteur de conversion d'essai adéquat, dans les cas où l'on choisit une forme différente.

NOTE Cela peut permettre l'adoption d'une seule tension de tenue assignée normalisée pour démontrer la conformité à plus d'une tension de tenue requise, donnant ainsi la possibilité de réduire le nombre des tensions de tenue assignées normalisées qui conduisent à définir un niveau d'isolement assigné (voir 5.10, par exemple).

Pour les matériels utilisés dans les conditions environnementales normales, il convient que le niveau d'isolement assigné soit alors préférablement choisi dans le Tableau 2 ou le Tableau 3 correspondant à la tension la plus élevée applicable de telle façon que les tensions de tenues assignées soient couvertes.

Le choix de la tension de tenue assignée normalisée pour démontrer la conformité à la tension de tenue requise à front très rapide doit être étudié par les comités de produit concernés.

Pour les parafoudres, les tensions de tenue requises de l'enveloppe isolante sont fondées sur les niveaux de protection  $U_{pl}$  et  $U_{ps}$  avec les facteurs de sécurité adaptés appliqués comme prévu par la norme de produit CEI 60099-4. En général, les tensions de tenue ne doivent donc pas être choisies dans les listes des 5.6 et 5.7.

## **5.6 Liste des tensions de tenue assignées normalisées de courte durée à fréquence industrielle**

Les valeurs efficaces suivantes, exprimées en kV, sont normalisées comme tensions de tenue: 10, 20, 28, 38, 50, 70, 95, 115, 140, 185, 230, 275, 325, 360, 395, 460.

Les valeurs efficaces suivantes, exprimées en kV, sont recommandées comme tensions de tenue: 510, 570, 630, 680, (710, 790, 830, 880, 960, 975: ces dernières valeurs sont à l'étude).

## **5.7 Liste des tensions de tenue assignées normalisées aux chocs**

Les valeurs de crête suivantes, exprimées en kV, sont normalisées comme tensions de tenue: 20, 40, 60, 75, 95, 125, 145, 170, 200, 250, 325, 380, 450, 550, 650, 750, 850, 950, 1050, 1175, 1300, 1425, 1550, 1675, 1800, 1950, 2100, 2250, 2400.

## **5.8 Gammes de la tension la plus élevée pour le matériel**

Les tensions normalisées les plus élevées pour le matériel sont divisées en deux gammes:

- **gamme I:** Au-dessus de 1 kV jusqu'à 245 kV inclus (Tableau 2). Cette gamme couvre à la fois les réseaux de transport et les réseaux de distribution. Les différents aspects concernant l'exploitation doivent, par conséquent, être pris en considération lors du choix du niveau d'isolement assigné du matériel.
- **gamme II:** Au-delà de 245 kV (Tableau 3). Cette gamme couvre essentiellement les réseaux de transport.

## 5.9 Conditions environnementales

### 5.9.1 Conditions environnementales normales

Les conditions environnementales normales qui interviennent pour la coordination de l'isolement et pour lesquelles les tensions de tenue peuvent être généralement choisies au Tableau 2 ou au Tableau 3 sont les suivantes:

- a) La température de l'air ambiant ne doit pas dépasser 40 °C et sa valeur moyenne, mesurée sur une période de 24 h, ne dépasse pas 35 °C. La température minimale de l'air ambiant est de –10 °C pour la catégorie “–10 à l'extérieur”, –25 °C pour la catégorie “–25 à l'extérieur” et –40 °C pour la catégorie “–40 à l'extérieur”.
- b) L'altitude ne dépasse pas 1 000 m au-dessus du niveau de la mer.
- c) L'air ambiant n'est pas pollué de manière significative par des poussières, des fumées, des gaz corrosifs, des vapeurs ou du sel. La pollution ne dépasse pas le niveau de pollution II – Moyen, d'après le Tableau 1 de la CEI 60071-2.
- d) La présence de condensation ou de précipitation est courante. La précipitation sous forme de rosée, de condensation, de brouillard, de pluie, de neige, de glace ou de givre est prise en compte.

NOTE Les caractéristiques de précipitation pour l'isolation sont décrites dans la CEI 60060-1. Pour d'autres propriétés, les caractéristiques de précipitation sont décrites dans la CEI 60721-2-2.

### 5.9.2 Conditions atmosphériques normalisées de référence

Les conditions atmosphériques normalisées de référence auxquelles les tensions de tenue assignées normalisées s'appliquent sont:

- a) température:  $t_0 = 20\text{ °C}$
- b) pression:  $b_0 = 101,3\text{ kPa}$  (1013 mbar)
- c) humidité absolue:  $h_0 = 11\text{ g/m}^3$ .

## 5.10 Choix du niveau d'isolement normalisé

L'association des tensions de tenue assignées normalisées à la tension la plus élevée pour le matériel a été normalisée pour bénéficier de l'expérience acquise à partir de l'exploitation des réseaux conçus selon les normes de la CEI et pour mettre en valeur la normalisation.

Les tensions de tenue assignées normalisées sont associées à la tension la plus élevée pour le matériel selon le Tableau 2 pour la gamme I et le Tableau 3 pour la gamme II. Ces tensions de tenue assignées normalisées sont valables pour les conditions environnementales normales et ajustées pour les conditions atmosphériques normalisées de référence.

Les associations obtenues en reliant les tensions de tenue assignées normalisées de toutes les colonnes sans croiser les lignes horizontales marquées sont définies comme étant les niveaux d'isolement normalisés.

Par ailleurs, les associations suivantes sont normalisées pour l'isolation entre phases et l'isolation longitudinale:

- Pour l'isolation entre phases, gamme I, les tensions de tenue assignées normalisées de courte durée à fréquence industrielle et au choc de foudre entre phases sont égales aux tensions de tenue phase-terre correspondantes (Tableau 2). Cependant, les valeurs entre parenthèses peuvent être insuffisantes pour démontrer que les tensions de tenue requises sont satisfaisantes et des essais complémentaires de tension de tenue entre phases peuvent être nécessaires.

- Pour l'isolation entre phases, gamme II, la tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre entre phases est égale à la tension de tenue au choc de foudre phase-terre.
- Pour l'isolation longitudinale, gamme I, les tensions de tenue assignées normalisées de courte durée à fréquence industrielle et au choc de foudre sont égales aux tensions de tenue phase-terre correspondantes (Tableau 2).
- Pour l'isolation longitudinale, gamme II, la composante normalisée de choc de manœuvre de la tension de tenue combinée est donnée dans le Tableau 3, tandis que la valeur de crête de la composante à fréquence industrielle de polarité opposée est égale à  $U_m \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ ,
- Pour l'isolation longitudinale, gamme II, la composante normalisée de choc de foudre de la tension de tenue combinée est égale à la tension de tenue phase-terre correspondante (Tableau 3), tandis que la valeur de crête de la composante à fréquence industrielle de polarité opposée est égale à  $0,7 \times U_m \times \sqrt{2}/\sqrt{3}$ .

Plus d'une association préférentielle est prévue pour la plupart des tensions les plus élevées pour le matériel afin de permettre d'appliquer différents critères de performance ou différentes valeurs de surtensions.

Pour les associations préférentielles, deux tensions de tenue assignées normalisées seulement sont suffisantes pour définir le niveau d'isolement normalisé du matériel:

- Pour les matériels de la gamme I:
  - a) la tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre, et
  - b) la tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle.
- Pour les matériels de la gamme II:
  - a) la tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre, et
  - b) la tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre.

Si cela est justifié techniquement et économiquement, d'autres associations peuvent être adoptées. Les recommandations de 5.1 à 5.8 doivent être suivies dans chaque cas. L'ensemble résultant des tensions de tenue assignées normalisées doit être désigné, par conséquent, comme étant le niveau d'isolement assigné. Des exemples particuliers sont:

- Pour l'isolation externe, pour les valeurs de  $U_m$  situées dans le haut de la gamme I, il peut être plus économique de spécifier une tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre au lieu d'une tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle.
- Pour l'isolation interne dans la gamme II, les surtensions temporaires élevées peuvent nécessiter la spécification d'une tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle.



**Tableau 2 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme I**  
**(1 kV <  $U_m$  ≤ 245 kV)**

Tension la plus élevée pour le matériel ( $U_m$ ) kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre kV (valeur crête)
3,6	10	20 40
7,2	20	40 60
12	28	60 75 95
17,5 <sup>a</sup>	38	75 95
24	50	95 125 145
36	70	145 170
52 <sup>a</sup>	95	250
72,5	140	325
100 <sup>b</sup>	(150)	(380)
	185	450
123	(185)	(450)
	230	550
145	(185)	(450)
	230	550
	275	650
170 <sup>a</sup>	(230)	(550)
	275	650
	325	750
245	(275)	(650)
	(325)	(750)
	360	850
	395	950
	460	1 050
NOTE Si les valeurs entre parenthèses sont considérées comme insuffisantes pour prouver que les tensions de tenue requises entre phases sont satisfaites, des essais de tension de tenue entre phases supplémentaires sont nécessaires.		
<sup>a</sup> Ces $U_m$ ne sont pas des valeurs préférentielles dans la CEI 60038 et par conséquent aucune combinaison normalisée n'est donnée dans les normes de produit.		
<sup>b</sup> Cette valeur $U_m$ n'est pas mentionnée dans la CEI 60038 mais elle a été introduite dans la gamme I dans certaines normes de produits.		

**Tableau 3 – Niveaux d'isolement normalisés pour la gamme II**  
**( $U_m > 245$  kV)**

Tension la plus élevée pour le matériel ( $U_m$ )  kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre			Tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre <sup>b</sup>  kV (valeur crête)
	Isolation longitudinale <sup>a</sup>  kV (valeur crête)	Phase-terre  kV (valeur crête)	Entre phases  (rapport à la valeur de crête phase-terre)	
300 <sup>c</sup>	750	750	1,50	850
				950
	750	850	1,50	950
				1050
362	850	850	1,50	950
				1050
	850	950	1,50	1050
				1175
420	850	850	1,60	1050
				1175
	950	950	1,50	1175
				1300
	950	1050	1,50	1300
				1425
550	950	950	1,70	1175
				1300
	950	1050	1,60	1300
				1425
	950 1050	1175	1,50	1425
				1550
800	1175	1300	1,70	1675
				1800
	1175	1425	1,70	1800
				1950
	1175 1300	1550	1,60	1950
				2100
NOTE L'introduction de $U_m$ au-delà de 800 kV est à l'étude et 1050 kV, 1100 kV et 1200 kV sont données comme $U_m$ dans la CEI 60038 Amendement 2, 1997.				
<sup>a</sup> Valeur de la composante de choc de l'essai combiné correspondant lorsque la valeur de crête de la composante à fréquence industrielle de polarité opposée est $U_m \times \sqrt{2} / \sqrt{3}$ .				
<sup>b</sup> Ces valeurs s'appliquent de la même manière pour l'isolation phase-terre et l'isolation entre phases; pour l'isolation longitudinale, elles s'appliquent comme la composante assignée normalisée au choc de foudre de la tension de tenue assignée normalisée combinée, lorsque la valeur de crête de la composante à fréquence industrielle de polarité opposée est de $0,7 \times U_m \times \sqrt{2} / \sqrt{3}$ .				
<sup>c</sup> Cette $U_m$ n'est pas une valeur préférentielle dans la CEI 60038.				

## **5.11 Origine des niveaux d'isolement normalisés**

### **5.11.1 Généralités**

Les niveaux d'isolement normalisés donnés au Tableau 2 et au Tableau 3 reflètent l'expérience accumulée dans le monde en tenant compte des dernières nouveautés en matière de dispositifs de protection et de méthodes de limitation des surtensions. Il convient que le choix d'un niveau d'isolement normalisé particulier soit fondé sur la procédure de coordination de l'isolement conformément à la procédure de coordination de l'isolement décrite dans la CEI 60071-2 (troisième édition) et il convient qu'il prenne en considération les caractéristiques d'isolation du matériel particulier considéré.

Dans la gamme I, il convient que la tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle ou au choc de foudre couvre les tensions de tenue requises au choc de manœuvre phase-terre et entre phases ainsi que la tension de tenue longitudinale requise.

Dans la gamme II, il convient que la tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre couvre la tension de tenue requise de courte durée à fréquence industrielle si aucune valeur n'est exigée par le comité de produit responsable.

Pour satisfaire à ces exigences générales, il convient que les tensions de tenue requises soient converties pour obtenir les formes de tension pour lesquelles les tensions de tenue assignées normalisées sont spécifiées en utilisant les facteurs de conversion d'essai. Les facteurs de conversion d'essai sont déterminés à partir de résultats existants pour fournir une valeur volontairement par excès pour les tensions de tenue assignée.

**La CEI 60071-1 laisse le comité de produit compétent prescrire un essai à fréquence industrielle de longue durée destiné à montrer la réponse du matériel au vieillissement de l'isolation interne ou de la pollution externe (voir aussi la CEI 60507).**

### **5.11.2 Tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre**

Au Tableau 3, les tensions de tenue assignées normalisées au choc de manœuvre associées à chaque tension la plus élevée pour le matériel ont été choisies en tenant compte de ce qui suit:

- a) pour les matériels protégés contre les surtensions de manœuvre par des parafoudres:
  - les valeurs prévues des surtensions temporaires;
  - les caractéristiques des parafoudres disponibles au moment présent;
  - les facteurs de coordination et de sécurité entre le niveau de protection du parafoudre et la tension de tenue au choc de manœuvre du matériel;
- b) pour les matériels qui ne sont pas protégés contre les surtensions de manœuvre par des parafoudres:
  - le risque acceptable de décharge disruptive en prenant en considération la gamme probable des surtensions apparaissant à l'emplacement du matériel;
  - le degré de contrôle des surtensions généralement considéré comme économique et accessible par un choix soigneux des dispositifs de connexion et dans la conception du réseau.

### **5.11.3 Tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre**

Au Tableau 3, les tensions de tenue assignées normalisées au choc de foudre associées à chaque tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre particulière ont été choisies en tenant compte de ce qui suit:

- a) pour les matériels protégés par des parafoudres proches, les faibles valeurs du niveau de tenue au choc de foudre sont applicables. Elles sont choisies en prenant en considération le rapport du niveau de protection au choc de foudre sur le niveau de protection au choc de manœuvre susceptible d'être atteint avec des parafoudres et en ajoutant des marges appropriées;
- b) pour les matériels qui ne sont pas protégés par des parafoudres (ou qui ne sont pas protégés efficacement), seules les valeurs élevées des tensions de tenue au choc de foudre doivent être utilisées. Ces valeurs élevées sont fondées sur le rapport type des tensions de tenue au choc de foudre et des tensions de tenue au choc de manœuvre de l'isolation externe de l'appareil (par exemple disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs de mesure, etc.). Elles sont choisies de telle manière que la conception de l'isolation soit déterminée essentiellement par l'aptitude de l'isolation externe à résister aux tensions d'essai de chocs de manœuvre;
- c) dans quelques cas extrêmes, il convient de choisir une valeur plus élevée de tension de tenue au choc de foudre. Cette valeur élevée doit être choisie dans la série des valeurs normalisées données en 5.6 et 5.7.

## **6 Exigences pour les essais de tension de tenue normalisée**

### **6.1 Exigences générales**

Les essais de tension de tenue normalisée sont effectués pour démontrer, avec un degré de confiance convenable, que la tension de tenue réelle de l'isolation n'est pas inférieure à la tension de tenue requise correspondante. Les tensions appliquées pour les essais de tension de tenue sont des tensions de tenue assignées normalisées, sauf spécification contraire par le comité de produit concerné.

En général, les essais de tension de tenue sont des essais à sec effectués dans une situation normalisée (dispositions d'essai spécifiées par le comité de produit concerné et conditions atmosphériques normalisées de référence). Cependant, pour l'isolation externe exposée, les essais de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle et au choc de manœuvre sont des essais réalisés sous pluie dans les conditions spécifiées par la CEI 60060-1.

Pendant les essais sous pluie, la pluie doit être appliquée simultanément sur toutes les isolations dans l'air et sur les surfaces isolantes mises sous tension.

Si les conditions atmosphériques dans le laboratoire d'essai diffèrent des conditions atmosphériques normalisées de référence, les tensions d'essai doivent être corrigées conformément à la CEI 60060-1.

Toutes les tensions de tenue aux chocs doivent être vérifiées dans les deux polarités, à moins que le comité de produit concerné ne spécifie qu'une seule polarité.

Lorsqu'il est démontré qu'une condition (à sec ou sous pluie) ou une polarité, ou une combinaison des deux, donne la tension de tenue la plus basse, il suffit de vérifier la tension de tenue dans cette situation particulière.

Les défaillances de l'isolation se produisant pendant l'essai sont la base de l'acceptation ou du refus du spécimen d'essai. Les comités de produit concernés ou le comité d'études 42 doivent définir ce qui constitue une défaillance et les méthodes pour la détecter.

Si la tension de tenue assignée normalisée de l'isolation entre phases (ou longitudinale) est égale à celle de l'isolation phase-terre, il est recommandé d'effectuer simultanément les essais de l'isolation entre phases (ou longitudinale) et de l'isolation phase-terre, en connectant l'une des deux bornes de phase à la terre.

## 6.2 Essais de tension de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle

Un essai de tension de tenue normalisée de courte durée à fréquence industrielle consiste en une seule application de la tension de tenue assignée normalisée appropriée, aux bornes de la configuration de l'isolation.

Sauf spécification différente du comité de produit concerné, l'isolation est considérée comme ayant réussi l'essai si aucune décharge disruptive ne se produit. Cependant, si une décharge disruptive se produit sur l'isolation autorégénératrice pendant un essai sous pluie, l'essai peut être répété une fois et le matériel est considéré comme ayant réussi l'essai si aucune autre décharge disruptive ne se produit.

Lorsque l'essai ne peut pas être effectué (par exemple pour les transformateurs à isolation non uniforme), le comité de produit concerné peut spécifier des fréquences allant jusqu'à quelques centaines de hertz et des durées inférieures à 1 min. Sauf justification contraire, les tensions d'essai doivent être les mêmes.

## 6.3 Essais de tension de tenue normalisée aux chocs

Un essai de tension de tenue normalisée aux chocs consiste en un nombre spécifié d'applications de la tension de tenue assignée normalisée appropriée, aux bornes de la configuration de l'isolation. Différentes procédures d'essai peuvent être choisies pour démontrer que les tensions de tenue sont satisfaites avec un degré de confiance que l'expérience acquise a montré comme étant acceptable.

La procédure d'essai doit être choisie par le comité de produit parmi les procédures suivantes qui sont normalisées et complètement décrites dans la CEI 60060-1:

- Essai de tension de tenue à trois chocs, dans lequel aucune décharge disruptive n'est tolérée.
- Essai de tension de tenue à quinze chocs, dans lequel pas plus de deux décharges disruptives sur l'isolation autorégénératrice ne sont tolérées.
- Essai de tension de tenue à trois chocs dans lequel une seule décharge disruptive sur l'isolation autorégénératrice est tolérée. Si elle se produit, neuf autres chocs sont appliqués pour lesquels aucune décharge disruptive n'est tolérée.
- Essai de tension de tenue de montée et descente avec sept chocs par niveau, dans lequel des décharges disruptives sur l'isolation autorégénératrice sont tolérées.
- Essai de montée et descente avec un choc par niveau qui n'est recommandé que si l'écart type conventionnel,  $z$ , défini par la CEI 60060-1, est connu. Les valeurs suggérées ici,  $z = 6$  % pour les chocs de manœuvre et  $z = 3$  % pour les chocs de foudre, doivent être utilisées si, et seulement si, on sait que respectivement  $z \leq 6$  % et  $z \leq 3$  %. Autrement, d'autres méthodes doivent être utilisées.

Dans toutes les procédures d'essai décrites ci-dessus aucune décharge disruptive n'est tolérée sur l'isolation non autorégénératrice. Dans le cas où un essai de tension de tenue à quinze chocs est réalisé sur un matériel dans lequel à la fois l'isolation autorégénératrice et l'isolation non autorégénératrice sont impliquées, une adaptation de la procédure d'essai de tension de tenue à quinze chocs de la CEI 60060-1 est utilisée pour vérifier qu'il n'apparaît aucune charge disruptive dans l'isolation non autorégénératrice. Cette procédure adaptée de l'essai de tension de tenue deux sur quinze est la suivante pour chaque polarité:

- le nombre de chocs est au moins de 15;
- aucune décharge disruptive ne doit se produire dans l'isolation non autorégénératrice; cela est confirmé par cinq tenues consécutives après la dernière décharge disruptive;
- le nombre de décharges disruptives doit être inférieur ou égal à deux.

*In fine* cette procédure adaptée de l'essai de tension de tenue deux sur quinze peut conduire à un nombre de chocs maximal de 25 pour chaque polarité.

On ne peut donner aucune signification statistique à l'essai de tension de tenue à trois chocs dans lequel aucune décharge disruptive n'est tolérée ( $P_w$  est supposée être 100 %). Son utilisation est limitée aux cas dans lesquels l'isolation non autorégénératrice pourrait être endommagée par un grand nombre d'applications de tension.

Lorsque l'on choisit un essai pour un matériel dans lequel l'isolation non autorégénératrice est en parallèle avec l'isolation autorégénératrice, il convient de prendre sérieusement en compte le fait que, dans certaines procédures d'essai, des tensions supérieures à la tension de tenue assignée peuvent être appliquées et que de nombreuses décharges disruptives peuvent se produire.

#### 6.4 Situation d'essai alternative

Lorsqu'il est trop onéreux ou trop difficile, voire même impossible, d'effectuer les essais de tension de tenue dans les conditions d'essai normalisées, les comités de produit ou le comité d'études 42 doivent spécifier la meilleure solution pour prouver les tensions de tenue assignée concernées. Une possibilité est d'effectuer l'essai dans une autre situation d'essai.

Une situation d'essai alternative correspond à une ou plusieurs conditions d'essai différente(s) (dispositions d'essai, valeurs ou types de tensions d'essai, etc.). Il est donc nécessaire de démontrer que les conditions physiques pour le développement d'une décharge disruptive, correspondant à la situation normalisée, ne sont pas changées.

NOTE Un exemple typique de variante est l'utilisation d'une seule source de tension pour les essais de l'isolation longitudinale, en isolant le châssis, au lieu d'un essai de tension combiné. Dans ce cas, la démonstration citée ci-dessus concernant le développement d'une décharge disruptive est une condition très stricte de l'acceptation de la variante.

#### 6.5 Essais de tension de tenue normalisée de l'isolation entre phases et de l'isolation longitudinale pour le matériel de la gamme I

##### 6.5.1 Essais à fréquence industrielle

L'isolement entre phases (ou longitudinal) de certains de matériels pour lesquels  $123 \text{ kV} \leq U_m \leq 245 \text{ kV}$  peut nécessiter une tension de tenue à fréquence industrielle supérieure à la tension de tenue à fréquence industrielle phase-terre donnée par le Tableau 2. Dans de tels cas, l'essai doit être réalisé de préférence avec deux sources de tension. Une borne doit être portée à la tension de tenue à fréquence industrielle phase-terre et l'autre à une tension égale à la différence entre les tensions de tenue à fréquence industrielle entre phases (ou longitudinale) et phase-terre. La borne de terre doit être mise à la terre.

En variante, l'essai peut être effectué:

- avec deux sources de tensions à fréquence industrielle égales et en opposition de phase, chacune appliquant à une borne de phase la moitié de la tension de tenue à fréquence industrielle de l'isolation entre phases (ou longitudinale). La borne de terre doit être mise à la terre;
- avec une seule source de tension à fréquence industrielle. Il est permis de porter la borne de terre à une tension suffisante pour éviter une décharge disruptive à la terre ou à la borne de terre.

NOTE Si, pendant l'essai, la borne mise à la terre en service est portée à une tension qui influence la contrainte électrique sur la borne de phase (comme cela se produit pour les isolations longitudinales dans un gaz comprimé qui correspondent à  $U_m \geq 72,5 \text{ kV}$ ), il convient que des moyens soient employés pour maintenir cette tension aussi proche que possible de la différence entre la tension d'essai de l'isolation entre phases (ou longitudinale) et celle de l'isolation phase-terre.

### **6.5.2 Essais au choc de foudre de l'isolation entre phases (ou longitudinale)**

L'isolement entre phases (ou longitudinal) peut exiger une tension de tenue au choc de foudre supérieure à la tension de tenue phase-terre normalisée du Tableau 2. Dans de tels cas, les essais concernés doivent être effectués immédiatement après les essais de l'isolation phase-terre en augmentant la tension sans changer la disposition d'essai. Dans l'évaluation des résultats d'essai, on ne considère pas les chocs ayant engendré une décharge disruptive à la terre.

Lorsque le nombre des décharges à la terre empêche d'effectuer l'essai, un essai combiné doit être utilisé avec une composante de choc égale à la tension de tenue au choc de foudre entre phase et terre et une composante à fréquence industrielle dont la crête est de polarité opposée et de valeur égale à la différence entre les tensions de tenue au choc de foudre entre phases (ou longitudinale) et phase-terre. En variante, le comité de produit concerné peut spécifier une augmentation de l'isolement externe phase-terre.

### **6.6 Essais de tension de tenue normalisée de l'isolation entre phases et de l'isolation longitudinale pour le matériel de la gamme II**

L'essai de tension de tenue combinée doit être effectué en tenant compte des exigences suivantes:

- la configuration d'essai doit reproduire convenablement la configuration en service, en particulier en ce qui concerne l'influence du plan de terre;
- chaque composante de la tension d'essai doit avoir la valeur spécifiée en 5.10;
- la borne de terre doit être reliée à la terre;
- pour les essais entre phases, la borne de la troisième phase doit être soit enlevée, soit mise à la terre;
- pour les essais de l'isolation longitudinale, les bornes des deux autres phases doivent être soit enlevées, soit mises à la terre.

L'essai doit être répété dans toutes les combinaisons possibles des bornes de phase, à moins que des considérations de symétrie électrique démontrent que ce n'est pas nécessaire.

Dans l'évaluation des résultats d'essai, toute décharge disruptive doit être prise en compte. Les comités de produit et la CEI 60060-1 donnent des recommandations plus détaillées pour les essais.

Pour des applications spéciales, les comités de produit concernés peuvent étendre à la gamme II les procédures d'essai de tension de tenue au choc de foudre de l'isolation longitudinale applicables aux matériels de la gamme I.

## **Annexe A** (normative)

### **Distances dans l'air pour installation garantissant une tension de tenue aux chocs spécifiée**

#### **A.1 Général**

Dans des installations complètes (postes par exemple) qui ne peuvent pas être essayées dans leur ensemble, il est nécessaire de s'assurer que la tenue diélectrique est adéquate.

Les tensions de tenue au choc de foudre et de manœuvre dans l'air, dans les conditions atmosphériques normalisées de référence, doivent être égales ou supérieures aux tensions de tenue au choc de foudre et de manœuvre spécifiées dans la présente norme. En suivant ce principe, les distances dans l'air minimales ont été déterminées pour différentes configurations d'électrodes. Les distances minimales spécifiées sont déterminées avec une approche prudente qui prend en compte l'expérience acquise.

Ces distances sont uniquement destinées à répondre aux exigences de coordination de l'isolement. Les exigences de sécurité peuvent donner lieu à des distances bien plus importantes.

Les Tableaux A.1, A.2 et A.3 sont d'application générale puisqu'ils donnent les distances minimales qui assurent un niveau d'isolement spécifié.

Ces distances peuvent être inférieures s'il a été démontré par des essais sur des configurations réelles ou similaires que les tensions de tenue aux chocs normalisées sont satisfaites en prenant en considération toutes les conditions d'environnement qui créent des irrégularités à la surface des électrodes, par exemple la pluie ou la pollution. Par conséquent, ces distances ne sont pas applicables à des matériels qui ont un essai de type de tenue au choc inclus dans la spécification, car des distances obligatoires peuvent pénaliser la conception des matériels, accroître leur coût et freiner le progrès.

Les distances dans l'air peuvent aussi être plus faibles lorsqu'il a été confirmé par le retour d'expérience que les surtensions sont inférieures aux valeurs supposées lors du choix des tensions de tenue assignées normalisées, ou que la configuration des électrodes est plus favorable que celle admise pour définir les distances recommandées.

Le Tableau A.1 donne la relation entre la distance dans l'air minimale et la tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre pour des configurations d'électrodes de type pointe-structure et, en outre dans la gamme II, pour des configurations de type conducteur-structure. Ce tableau est aussi bien valable pour les distances phase-terre que pour les distances entre phases, (voir note du Tableau A.1).

Le Tableau A.2 donne la distance dans l'air minimale pour des configurations d'électrodes de type conducteur-structure et pointe-conducteur en fonction de la tension phase-terre de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre. La configuration conducteur-structure couvre une large gamme de configurations utilisées normalement.

Le Tableau A.3 donne la distance dans l'air minimale pour des configurations d'électrodes de type conducteur-conducteur et pointe-conducteur en fonction de la tension phase-phase de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre. La configuration dissymétrique pointe-conducteur est la pire des configurations normalement rencontrées en service. La configuration conducteur-conducteur couvre toutes les configurations symétriques à formes d'électrodes similaires sur les deux phases.



Les distances dans l'air applicables en service sont déterminées sur la base des règles données ci-après.

## A.2 Gamme I

Les distances dans l'air phase-terre et phase-phase sont déterminées à partir de la tension normalisée de tenue au choc de foudre donnée par le Tableau A.1. La tension normalisée de tenue à la fréquence industrielle de courte durée peut être négligée si le rapport entre la tension normalisée de tenue au choc de foudre et la tension normalisée de tenue à la fréquence industrielle de courte durée est supérieur à 1,7.

**Tableau A.1 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de foudre et les distances dans l'air minimales**

Tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre kV	Distance d'isolement dans l'air minimale mm	
	Pointe-structure	Conducteur-structure
20	60	
40	60	
60	90	
75	120	
95	160	
125	220	
145	270	
170	320	
200	380	
250	480	
325	630	
380	750	
450	900	
550	1 100	
650	1 300	
750	1 500	
850	1 700	1 600
950	1 900	1 700
1 050	2 100	1 900
1 175	2 350	2 200
1 300	2 600	2 400
1 425	2 850	2 600
1 550	3 100	2 900
1 675	3 350	3 100
1 800	3 600	3 300
1 950	3 900	3 600
2 100	4 200	3 900

NOTE Le choc de foudre normalisé est applicable à l'isolation phase-phase et à l'isolation phase-terre.

Pour l'isolation phase-terre, la distance minimale pour les configurations pointe-structure et conducteur-structure sont applicables.

Pour l'isolation phase-phase, la distance minimale pour la configuration pointe-structure est applicable.

### A.3 Gamme II

La distance dans l'air phase-terre est la plus grande des distances pour la configuration pointe-structure déterminées à partir des tensions de tenue assignées normalisées au choc de foudre, d'une part (Tableau A.1), et au choc de manœuvre, d'autre part (Tableau A.2).

La distance dans l'air phase-phase est la plus grande des distances déterminées pour la configuration pointe-structure à partir des tensions de tenue assignées normalisées au choc de foudre, d'une part (Tableau A.1), et au choc de manœuvre, d'autre part (Tableau A.3).

Les valeurs sont valables pour les altitudes qui ont été considérées dans la détermination des tensions de tenue requises.

Les distances dans l'air nécessaires pour tenir la tension normalisée de tenue au choc de foudre pour l'isolation longitudinale dans la gamme II peuvent être obtenues en ajoutant 0,7 fois la tension de service maximale ( $U_s$ ) phase-terre crête à la valeur de la tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre et en divisant la somme par 500 kV/m.

Les distances dans l'air relatives à l'isolation longitudinale dans la gamme II, nécessaires pour tenir la tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvres, sont inférieures aux valeurs phase-phase correspondantes. De telles distances dans l'air n'existent généralement que pour des matériels subissant un essai de type et les valeurs minimales ne sont par conséquent pas données dans cette norme.

**Tableau A.2 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de manœuvre et les distances dans l'air minimales phase-terre**

Tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre	Distance d'isolement dans l'air phase-terre minimale	
	mm	
kV	Pointe-structure	Conducteur-structure
750	1 900	1 600
850	2 400	1 800
950	2 900	2 200
1 050	3 400	2 600
1 175	4 100	3 100
1 300	4 800	3 600
1 425	5 600	4 200
1 550	6 400	4 900

**Tableau A.3 – Correspondance entre les tensions de tenue assignées normalisées au choc de manœuvre et les distances dans l'air minimales phase-phase**

Tension de tenue assignée normalisée au choc de manœuvre			Distance d'isolement dans l'air minimale phase-phase mm	
Phase-terre kV	Valeur phase-phase Valeur phase-terre	Phase- phases kV	Conducteur- conducteur parallèles	Pointe- conducteur
750	1,5	1 125	2 300	2 600
850	1,5	1 275	2 600	3 100
850	1,6	1 360	2 900	3 400
950	1,5	1 425	3 100	3 600
950	1,7	1 615	3 700	4 300
1 050	1,5	1 575	3 600	4 200
1 050	1,6	1 680	3 900	4 600
1 175	1,5	1 763	4 200	5 000
1 300	1,7	2 210	6 100	7 400
1 425	1,7	2 423	7 200	9 000
1 550	1,6	2 480	7 600	9 400

## Annexe B (informative)

**Valeurs de niveaux d'isolement assignés pour  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  pour des tensions les plus élevées pour le matériel  $U_m$  non normalisées par la CEI, fondées sur la pratique existant dans certains pays**

**Tableau B.1 – Valeurs de niveaux d'isolement assignés pour  $1 \text{ kV} < U_m \leq 245 \text{ kV}$  pour des tensions les plus élevées pour le matériel  $U_m$  non normalisées par la CEI, fondées sur la pratique existant dans certains pays**

Tension la plus élevée pour le matériel ( $U_m$ ) kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée normalisée de courte durée à fréquence industrielle kV (valeur efficace)	Tension de tenue assignée normalisée au choc de foudre kV (valeur crête)
40,5	80	185
	80	190
	85	200
82,5	140	325
	150	380

## Annexe ZA (normative)

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

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 Dans le cas où une publication internationale est modifiée par des modifications communes, indiqué par (mod), l'EN / le HD correspondant(e) s'applique.

<u>Publication</u>	<u>Année</u>	<u>Titre</u>	<u>EN/HD</u>	<u>Année</u>
IEC 60038 (mod) + A1 + A2	1983 1994 1997	Tensions normales de la CEI <sup>1)</sup>	HD 472 S1 + corr. février	1989 2002
IEC 60060-1 + corr. mars	1989 1990	Techniques des essais à haute tension Partie 1: Définitions et prescriptions générales relatives aux essais	HD 588.1 S1	1991
IEC 60071-2	- <sup>2)</sup>	Coordination de l'isolement Partie 2: Guide d'application	EN 60071-2	1997 <sup>3)</sup>
IEC 60099-4 (mod)	- <sup>2)</sup>	Parafoudres Partie 4: Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif	EN 60099-4	2004 <sup>3)</sup>
IEC 60507	- <sup>2)</sup>	Essais sous pollution artificielle des isolateurs pour haute tension destinés aux réseaux à courant alternatif	EN 60507	1993 <sup>3)</sup>
IEC 60633	- <sup>2)</sup>	Terminologie pour le transport d'énergie en courant continu à haute tension (CCHT)	EN 60633	1999 <sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Le HD 472 S1 a comme titre: Tensions nominales des réseaux électriques de distribution publique basse tension.

<sup>2)</sup> Référence non datée.

<sup>3)</sup> Edition valide à ce jour.

## **Bibliographie**

CEI 60050(601), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 601: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Généralités*

CEI 60050(604), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique – Exploitation*

CEI 60721-2-2, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations et vent*

---