

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62271-100**

**Edition 1.1**

2003-05

Edition 1:2001 consolidée par l'amendement 1:2002  
Edition 1:2001 consolidated with amendment 1:2002

---

---

**Appareillage à haute tension –**

**Partie 100:**

**Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension**

**High-voltage switchgear and controlgear –**

**Part 100:**

**High-voltage alternating-current circuit-breakers**

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/62271-100:2001>

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/62271-100:2001>



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 62271-100:2001+A1:2002

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([http://www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([http://www.iec.ch/online\\_news/justpub/jp\\_entry.htm](http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**62271-100**

**Edition 1.1**

2003-05

Edition 1:2001 consolidée par l'amendement 1:2002  
Edition 1:2001 consolidated with amendment 1:2002

---

---

**Appareillage à haute tension –**

**Partie 100:**

**Disjoncteurs à courant alternatif à haute tension**

**High-voltage switchgear and controlgear –**

**Part 100:**

**High-voltage alternating-current circuit-breakers**

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/62271-100:2001>

<https://standards.iteh.ai/standards/iec/62271-100:2001>

© IEC 2003 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

---

---



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	16
1 Généralités .....	20
1.1 Domaine d'application .....	20
1.2 Références normatives .....	20
2 Conditions normales et spéciales de service .....	24
3 Définitions .....	24
3.1 Termes généraux .....	24
3.2 Ensembles .....	30
3.3 Parties d'ensembles .....	30
3.4 Appareils de connexion .....	30
3.5 Partie de disjoncteur .....	34
3.6 Fonctionnement .....	38
3.7 Grandeurs caractéristiques .....	42
3.8 Index des définitions .....	54
4 Caractéristiques assignées .....	62
4.1 Tension assignée ( $U_r$ ) .....	64
4.2 Niveau d'isolement assigné .....	64
4.3 Fréquence assignée ( $f_r$ ) .....	64
4.4 Courant assigné en service continu ( $I_r$ ) et échauffement .....	66
4.5 Courant de courte durée admissible assigné ( $I_k$ ) .....	66
4.6 Valeur de crête du courant admissible assigné ( $I_p$ ) .....	66
4.7 Durée de court-circuit assignée ( $t_k$ ) .....	66
4.8 Tension assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture, des circuits auxiliaires et de commande ( $U_a$ ) .....	66
4.9 Fréquence assignée d'alimentation des dispositifs de fermeture et d'ouverture et des circuits auxiliaires .....	66
4.10 Pression assignée d'alimentation en gaz comprimé pour l'isolement, la manoeuvre et/ou la coupure .....	66
5 Conception et construction .....	104
5.1 Prescriptions pour les liquides utilisés dans les disjoncteurs .....	104
5.2 Prescriptions pour les gaz utilisés dans les disjoncteurs .....	104
5.3 Raccordement à la terre des disjoncteurs .....	104
5.4 Equipements auxiliaires .....	104
5.5 Fermeture dépendante à source d'énergie extérieure .....	106
5.6 Fermeture à accumulation d'énergie .....	106
5.7 Manoeuvre manuelle indépendante .....	108
5.8 Fonctionnement des déclencheurs .....	108
5.9 Verrouillages à basse et à haute pression .....	110
5.10 Plaques signalétiques .....	110
5.11 Verrouillages .....	114
5.12 Indicateur de position .....	114
5.13 Degrés de protection procurés par les enveloppes .....	114

## CONTENTS

FOREWORD .....	17
1 General .....	21
1.1 Scope .....	21
1.2 Normative references .....	21
2 Normal and special service conditions .....	25
3 Definitions .....	25
3.1 General terms.....	25
3.2 Assemblies .....	31
3.3 Parts of assemblies .....	31
3.4 Switching devices .....	31
3.5 Parts of circuit-breakers.....	35
3.6 Operation .....	39
3.7 Characteristic quantities .....	43
3.8 Index of definitions .....	55
4 Ratings .....	63
4.1 Rated voltage ( $U_r$ ) .....	65
4.2 Rated insulation level .....	65
4.3 Rated frequency ( $f_r$ ).....	65
4.4 Rated normal current ( $I_r$ ) and temperature rise .....	67
4.5 Rated short-time withstand current ( $I_k$ ) .....	67
4.6 Rated peak withstand current ( $I_p$ ) .....	67
4.7 Rated duration of short circuit ( $t_k$ ).....	67
4.8 Rated supply voltage of closing and opening devices and of auxiliary and control circuits ( $U_a$ ) .....	67
4.9 Rated supply frequency of closing and opening devices and auxiliary circuits .....	67
4.10 Rated pressures of compressed gas supply for insulation, operation and/or interruption .....	67
5 Design and construction .....	105
5.1 Requirements for liquids in circuit-breakers .....	105
5.2 Requirements for gases in circuit-breakers .....	105
5.3 Earthing of circuit-breakers.....	105
5.4 Auxiliary equipment .....	105
5.5 Dependent power closing.....	107
5.6 Stored energy closing .....	107
5.7 Independent manual operation.....	109
5.8 Operation of releases .....	109
5.9 Low- and high-pressure interlocking devices.....	111
5.10 Nameplates .....	111
5.11 Interlocking devices .....	115
5.12 Position indication .....	115
5.13 Degrees of protection by enclosures .....	115

5.14	Lignes de fuite .....	114
5.15	Étanchéité au gaz et au vide .....	114
5.16	Étanchéité au liquide .....	114
5.17	Ininflammabilité .....	114
5.18	Compatibilité électromagnétique .....	114
6	Essais de type .....	118
6.1	Généralités .....	122
6.2	Essais diélectriques .....	122
6.3	Essais de tension de perturbation radioélectrique .....	128
6.4	Mesurage de la résistance du circuit principal .....	128
6.5	Essais d'échauffement .....	128
6.6	Essais au courant de courte durée et à la valeur de crête du courant admissible .....	130
6.7	Vérification du degré de protection .....	132
6.8	Essais d'étanchéité .....	132
6.9	Essais de compatibilité électromagnétique .....	132
6.101	Essais mécaniques et climatiques .....	132
6.102	Dispositions diverses pour les essais d'établissement et de coupure .....	156
6.103	Circuits d'essais pour les essais d'établissement et de coupure en court-circuit .....	196
6.104	Caractéristiques pour les essais de court-circuit .....	198
6.105	Procédure d'essai en court-circuit .....	224
6.106	Séquences d'essais de court-circuit fondamentales .....	228
6.107	Essais au courant critique .....	238
6.108	Essais de défaut monophasé ou de double défaut à la terre .....	238
6.109	Essais de défaut proche en ligne .....	242
6.110	Essais d'établissement et de coupure en discordance de phases .....	250
6.111	Essais d'établissement et de coupure de courants capacitifs .....	252
6.112	Exigences spéciales pour les essais de coupure et de fermeture des disjoncteurs de classe E2 .....	280
7	Essais individuels .....	282
7.1	Essais diélectriques du circuit principal .....	282
7.2	Essais diélectriques des circuits auxiliaires et de commande .....	284
7.3	Mesurage de la résistance du circuit principal .....	284
7.4	Essai d'étanchéité .....	284
7.5	Contrôles visuels et du modèle .....	284
8	Guide pour le choix des disjoncteurs selon le service .....	288
9	Renseignements à donner dans les appels d'offres, les soumissions et les commandes .....	306
10	Règles pour le transport, le stockage, l'installation, la manœuvre et la maintenance .....	312
10.1	Conditions à respecter pendant le transport, le stockage et l'installation .....	312
10.2	Installation .....	312
10.3	Fonctionnement .....	324
10.4	Maintenance .....	326
11	Sécurité .....	326
	Annexe A (normative) Calcul des tensions transitoires de rétablissement pour les défauts proches en ligne à partir des caractéristiques assignées .....	432
	Annexe B (normative) Tolérances sur les paramètres d'essais lors des essais de type .....	448
	Annexe C (normative) Enregistrement et comptes rendus des essais de type .....	462
	Annexe D (normative) Détermination du facteur de puissance d'un court-circuit .....	470

5.14	Creepage distances .....	115
5.15	Gas and vacuum tightness.....	115
5.16	Liquid tightness .....	115
5.17	Flammability .....	115
5.18	Electromagnetic compatibility .....	115
6	Type tests.....	119
6.1	General .....	123
6.2	Dielectric tests.....	123
6.3	Radio interference voltage (r.i.v.) tests .....	129
6.4	Measurement of the resistance of the main circuit .....	129
6.5	Temperature-rise tests.....	129
6.6	Short-time withstand current and peak withstand current tests.....	131
6.7	Verification of the degree of protection .....	133
6.8	Tightness tests .....	133
6.9	Electromagnetic compatibility (EMC) tests .....	133
6.101	Mechanical and environmental tests.....	133
6.102	Miscellaneous provisions for making and breaking tests.....	157
6.103	Test circuits for short-circuit making and breaking tests .....	197
6.104	Short-circuit test quantities.....	199
6.105	Short-circuit test procedure .....	225
6.106	Basic short-circuit test-duties .....	229
6.107	Critical current tests .....	239
6.108	Single-phase and double-earth fault tests .....	239
6.109	Short-line fault tests .....	243
6.110	Out-of-phase making and breaking tests .....	251
6.111	Capacitive current switching tests .....	253
6.112	Special requirements for making and breaking tests on class E2 circuit-breakers.....	281
7	Routine tests.....	283
7.1	Dielectric test on the main circuit .....	283
7.2	Dielectric test on auxiliary and control circuits .....	285
7.3	Measurement of the resistance of the main circuit .....	285
7.4	Tightness test.....	285
7.5	Design and visual checks .....	285
8	Guide to the selection of circuit-breakers for service.....	289
9	Information to be given with enquiries, tenders and orders.....	307
10	Rules for transport, storage, installation, operation and maintenance.....	313
10.1	Conditions during transport, storage and installation.....	313
10.2	Installation.....	313
10.3	Operation .....	325
10.4	Maintenance.....	327
11	Safety.....	327
	Annex A (normative) Calculation of transient recovery voltages for short-line faults from rated characteristics.....	433
	Annex B (normative) Tolerances on test quantities during type tests .....	449
	Annex C (normative) Records and reports of type tests .....	463
	Annex D (normative) Determination of short-circuit power factor .....	471

Annexe E (normative) Méthode de tracé de l'enveloppe de la tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit et détermination des paramètres représentatifs .....474

Annexe F (normative) Méthodes de détermination des ondes de la tension transitoire de rétablissement présumée .....482

Annexe G (normative) Raison d'être de l'introduction de disjoncteurs de classe E2.....516

Annexe H (informative) Courants d'appel des batteries de condensateurs simples et à gradins.....518

Annexe I (informative) Notes explicatives.....528

Annexe J (informative) Tolérances sur le courant d'essai et la longueur de ligne en essai de défaut proche en ligne.....562

Annexe K (informative) Liste des symboles et abréviations utilisés dans cette norme.....566

Figure 1 – Oscillogramme type d'un cycle d'établissement-coupage en court-circuit triphasé.....328

Figure 2 – Disjoncteur sans résistances intercalaires. Manoeuvres d'ouverture et de fermeture .....332

Figure 3 – Disjoncteur sans résistance intercalaire – Cycle de fermeture-ouverture .....334

Figure 4 – Disjoncteur sans résistance intercalaire – Refermeture (refermeture automatique).....336

Figure 5 – Disjoncteur avec résistances intercalaires. Manoeuvres d'ouverture et de fermeture .....338

Figure 6 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Cycle de fermeture-ouverture .....340

Figure 7 – Disjoncteur avec résistances intercalaires – Refermeture (refermeture automatique).....342

Figure 8 – Détermination des courants de court-circuit établi et coupé et du pourcentage de la composante aperiodique.....344

Figure 9 – Pourcentage de la composant aperiodique en fonction de l'intervalle de temps ( $T_{op} + T_r$ ) pour la constant de temps normale  $\tau_1$  et pour les constantes de temps  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  et  $\tau_4$  des applications particulières.....346

Figure 10 – Représentation d'une TTR spécifiée à quatre paramètres et d'un segment de droite définissant un retard pour les séquences d'essais T100, de défaut proche en ligne et en discordance de phases avec un tracé de référence à quatre paramètres.....348

Figure 11 – Représentation d'une TTR spécifiée par un tracé de référence à deux paramètres et par un segment de droite définissant un retard.....350

Figure 12a – Circuit de base pour le défaut aux bornes avec TTRI.....352

Figure 12b – Représentation de la TTRI et de son influence sur la TTR .....352

Figure 13 – Représentation d'un court-circuit triphasé.....354

Figure 14 – Représentation équivalente à la figure 13.....356

Figure 15 – Circuit de base de défaut proche en ligne.....358

Figure 16 – Exemple d'une tension transitoire côté ligne avec un retard et une crête arrondie la montrant construction à effectuer pour obtenir les valeurs  $u^*_L$ ,  $t_L$  et  $t_{dL}$ .....358

Figure 17 – Séquences d'essais pour les essais à basse et à haute température.....360

Figure 18 – Essai à l'humidité .....362

Figure 19 – Efforts statiques sur les borne .....364

Figure 20 – Directions pour les essais d'efforts statiques sur les bornes .....366

Figure 21 – Nombre permis de spécimens pour les essais d'établissement et de coupure, illustration des spécifications de 6.102.2.....368

Figure 22 – Définition d'un essai conformément à 3.2.2 de la CEI 60694 .....370

Figure 23a – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée).....372

Figure 23b – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l'enveloppe prescrite centrée autour de la courbe de référence (+5 %, -5 %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à  $t = 20$  ms .....372



Annex E (normative) Method of drawing the envelope of the prospective transient recovery voltage of a circuit and determining the representative parameters .....	475
Annex F (normative) Methods of determining prospective transient recovery voltage waves .....	483
Annex G (normative) Rationale behind introduction of circuit-breakers class E2 .....	517
Annex H (informative) Inrush currents of single and back-to-back capacitor banks .....	519
Annex I (informative) Explanatory notes .....	529
Annex J (informative) Test current and line length tolerances for short-line fault testing .....	563
Annex K (informative) List of symbols and abbreviations used in IEC 62271-100.....	567
Figure 1 – Typical oscillogram of a three-phase short-circuit make-break cycle .....	329
Figure 2 – Circuit-breaker without switching resistors. Opening and closing operations .....	333
Figure 3 – Circuit breaker without switching resistors – Close-open cycle .....	335
Figure 4 – Circuit-breaker without switching resistors – Reclosing (auto-reclosing) .....	337
Figure 5 – Circuit-breaker with switching resistors. Opening and closing operations .....	339
Figure 6 – Circuit-breaker with switching resistors – Close-open cycle .....	341
Figure 7 – Circuit-breaker with switching resistors – Reclosing (auto-reclosing) .....	343
Figure 8 – Determination of short-circuit making and breaking currents, and of percentage d.c. component .....	345
Figure 9 – Percentage d.c. component in relation to the time interval ( $T_{op} + T_r$ ) for the standard time constant $\tau_1$ and for the special case time constants $\tau_2$ , $\tau_3$ and $\tau_4$ .....	347
Figure 10 – Representation of a specified four-parameter TRV and a delay line for T100, short-line fault and out-of-phase condition with a four-parameter reference line .....	349
Figure 11 – Representation of a specified TRV by a two-parameter reference line and a delay line .....	351
Figure 12a – Basic circuit for terminal fault with ITRV .....	353
Figure 12b – Representation of ITRV in relationship to TRV .....	353
Figure 13 – Three-phase short-circuit representation .....	355
Figure 14 – Alternative representation of figure 13 .....	357
Figure 15 – Basic short-line fault circuit .....	359
Figure 16 – Example of a line-side transient voltage with time delay and rounded crest showing construction to derive the values $u^*_L$ , $t_L$ and $t_{dL}$ .....	359
Figure 17 – Test sequences for low and high temperature tests .....	361
Figure 18 – Humidity test .....	363
Figure 19 – Static terminal load forces .....	365
Figure 20 – Directions for static terminal load tests .....	367
Figure 21 – Permitted number of samples for making, breaking and switching tests, illustrations of the statements in 6.102.2 .....	369
Figure 22 – Definition of a single test specimen in accordance with 3.2.2 of IEC 60694 .....	371
Figure 23a – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) .....	373
Figure 23b – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes centered over the reference curve (+5 %, –5 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms .....	373

Figure 23c – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l’enveloppe prescrite déplacée totalement vers la haut par rapport à la courbe de référence (+10 %, –0 %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms .....	374
Figure 23d – Caractéristique de déplacement mécanique de référence (courbe idéalisée) avec l’enveloppe prescrite déplacée totalement vers la haut par rapport à la courbe de référence (+0 %, –10 %), dans cet exemple la séparation des contacts à lieu à $t = 20$ ms .....	374
Figure 24 – Montage d’essai équivalent pour les essais sur éléments séparés d’un disjoncteur ayant plus d’un élément de coupure.....	376
Figure 25a – Circuit préféré.....	378
Figure 25b – Circuit utilisé en variante .....	378
Figure 25 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5 .....	378
Figure 26a – Circuit préféré.....	380
Figure 26b – Circuit utilisé en variante .....	380
Figure 26 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais triphasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3 .....	380
Figure 27a – Circuit préféré.....	382
Figure 27b – Circuit utilisé en variante, n’est pas applicable aux disjoncteurs dont l’isolement entre phases et/ou à la terre est critique (par exemple GIS ou disjoncteurs <i>dead tank</i> ).....	382
Figure 27 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,5 .....	382
Figure 28a – Circuit préféré.....	384
Figure 28b – Circuit utilisé en variante, n’est pas applicable aux disjoncteurs dont l’isolement entre phases et/ou à la terre est critique (par exemple GIS ou disjoncteurs <i>dead tank</i> ).....	384
Figure 28 – Mise à la terre des circuits d’essais pour des essais monophasés en court-circuit, facteur de premier pôle 1,3 .....	384
Figure 29 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non directement à la terre (facteur de premier pôle 1,5).....	386
Figure 30 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3).....	388
Figure 31 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre non directement à la terre (facteur de premier pôle 1,5) .....	390
Figure 32 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d’essais effectués en triphasé pour un réseau à neutre mis directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3).....	392
Figure 33 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d’essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre non directement à la terre (facteur de premier pôle 1,5).....	394
Figure 34 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d’essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre non directement à la terre (facteur de premier pôle 1,5).....	396
Figure 35 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants symétriques lors d’essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3).....	398

Figure 23c – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes fully displaced upward from the reference curve (+10 %, –0 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms.....	375
Figure 23d – Reference mechanical travel characteristics (idealised curve) with the prescribed envelopes fully displaced downward from the reference curve (+0 %, –10 %), contact separation in this example at time $t = 20$ ms .....	375
Figure 24 – Equivalent testing set-up for unit testing of circuit-breakers with more than one separate interrupter units.....	377
Figure 25a – Preferred circuit.....	379
Figure 25b – Alternative circuit.....	379
Figure 25 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5 .....	379
Figure 26a – Preferred circuit.....	381
Figure 26b – Alternative circuit.....	381
Figure 26 – Earthing of test circuits for three-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3 .....	381
Figure 27a – Preferred circuit.....	383
Figure 27b – Alternative circuit not applicable for circuit-breakers where the insulation between phases and/or to earth is critical (e.g. GIS or dead tank circuit-breakers) .....	383
Figure 27 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,5 .....	383
Figure 28a – Preferred circuit.....	385
Figure 28b – Alternative circuit, not applicable for circuit-breakers where the insulation between phases and/or to earth is critical (e.g. GIS or dead tank circuit-breakers) .....	385
Figure 28 – Earthing of test circuits for single-phase short-circuit tests, first-pole-to-clear factor 1,3 .....	385
Figure 29 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5).....	387
Figure 30 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for three-phase tests in a solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3).....	389
Figure 31 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for three-phase tests in a non-solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5).....	391
Figure 32 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for three-phase tests in a solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3).....	393
Figure 33 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5).....	395
Figure 34 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a non-solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,5).....	397
Figure 35 – Graphical representation of the three valid symmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3).....	399

Figure 36 – Représentation graphique des trois coupures valables sur courants asymétriques lors d'essais en monophasé effectués en remplacement des conditions triphasées dans un réseau à neutre mis directement à la terre (facteur de premier pôle 1,3).....	400
Figure 37 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension $k_p$ qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur de premier pôle égal à 1,3.....	402
Figure 38 – Représentation graphique de la fenêtre de coupure et du facteur de tension $k_p$ qui détermine la TTR de chaque pôle, pour des réseaux avec un facteur premier pôle égal à 1,5.....	402
Figure 39 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres.....	404
Figure 40 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres et répondant aux conditions imposées pour l'essai de type: cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres.....	406
Figure 41 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à quatre paramètres répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à deux paramètres.....	408
Figure 42 – Exemple d'une TTR d'essai présumée comportant une enveloppe à deux paramètres répondant aux conditions imposées pour l'essai de type – Cas de la TTR spécifiée comportant un tracé de référence à quatre paramètres.....	408
Figure 43 – Exemple d'ondes de TTR d'essai présumée et de l'enveloppe de l'ensemble pour des essais en deux parties.....	410
Figure 44 – Détermination de la tension de rétablissement à fréquence industrielle.....	412
Figure 45 – Nécessité d'essais additionnels monophasés et exigences d'essais.....	414
Figure 46 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – TTR présumée du circuit type c) selon 6.109.3: côté alimentation et côté ligne avec temps de retard.....	416
Figure 47 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – circuit type d1) selon 6.109.3: côté alimentation avec TTRI et côté ligne avec temps de retard.....	418
Figure 48 – Circuit de base pour les essais de défaut proche en ligne – circuit type d2) selon 6.109.3: côté alimentation avec temps de retard et côté ligne sans temps de retard.....	420
Figure 49 – Diagramme de décision pour le choix des circuits d'essais de défaut proche en ligne.....	422
Figure 50 – Compensation d'un défaut du temps de retard côté alimentation par une augmentation de l'amplitude de la tension côté ligne.....	424
Figure 51 – Circuit d'essais pour les essais monophasés en discordance de phases.....	426
Figure 52 – Circuit d'essais avec deux tensions décalées de 120 degrés électriques pour les essais en discordance de phases.....	426
Figure 53 – Circuit d'essais avec une borne du disjoncteur à la terre pour les essais en discordance de phases (sous réserve de l'accord du constructeur).....	428
Figure 54 – Tension de rétablissement pour les essais de coupure de courants capacitifs.....	430
Figure A.1 – Graphique typique montrant des paramètres de TTR côté ligne et alimentation – Les TTR côté ligne et alimentation ont un temps de retard.....	446
Figure A.2 – Graphique typique montrant les paramètres de TTR côté ligne et alimentation – Les TTR côté ligne et alimentation ont un temps de retard, la TTR côté alimentation a une TTRI.....	446
Figure E.1 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 1).....	478
Figure E.2 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2 c) 2).....	478
Figure E.3 – Représentation par quatre paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 3) i).....	480

Figure 36 – Graphical representation of the three valid asymmetrical breaking operations for single-phase tests in substitution of three-phase conditions in a solidly earthed neutral system (first-pole-to-clear factor 1,3).....	401
Figure 37 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor $k_p$ , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,3 .....	403
Figure 38 – Graphical representation of the interrupting window and the voltage factor $k_p$ , determining the TRV of the individual pole, for systems with a first-pole-to-clear factor of 1,5 .....	403
Figure 39 – Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test – Case of specified TRV with four-parameter reference line.....	405
Figure 40 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type test: case of specified TRV with two-parameter reference line .....	407
Figure 41 – Example of prospective test TRV with four-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type-test – Case of specified TRV with two-parameter reference line .....	409
Figure 42 – Example of prospective test TRV with two-parameter envelope which satisfies the conditions to be met during type-test – Case of specified TRV with four-parameter reference line.....	409
Figure 43 – Example of prospective test TRV-waves and their combined envelope in two-part test.....	411
Figure 44 – Determination of power frequency recovery voltage.....	413
Figure 45 – Necessity of additional single-phase tests and requirements for testing.....	415
Figure 46 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing and prospective TRV-circuit-type a) according to 6.109.3: Source side and line side with time delay .....	417
Figure 47 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing – circuit type b1) according to 6.109.3: Source side with ITRV and line side with time delay .....	419
Figure 48 – Basic circuit arrangement for short-line fault testing – circuit type b2) according to 6.109.3: Source side with time delay and line side without time delay .....	421
Figure 49 – Flow-chart for the choice of short-line fault test circuits .....	423
Figure 50 – Compensation of deficiency of the source side time delay by an increase of the excursion of the line side voltage.....	425
Figure 51 – Test circuit for single-phase out-of-phase tests.....	427
Figure 52 – Test circuit for out-of-phase tests using two voltages separated by 120 electrical degrees .....	427
Figure 53 – Test circuit for out-of-phase tests with one terminal of the circuit-breaker earthed (subject to agreement of the manufacturer) .....	429
Figure 54 – Recovery voltage for capacitive current breaking tests .....	431
Figure A.1 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay .....	447
Figure A.2 – Typical graph of line and source side TRV parameters – Line side and source side with time delay, source side with ITRV.....	447
Figure E.1– Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 1).....	479
Figure E.2 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2 c) 2).....	479
Figure E.3 – Representation by four parameters of a prospective transient recovery voltage of a circuit – Case E.2. c) 3) i) .....	481

Figure E.4 – Représentation par deux paramètres d'une tension transitoire de rétablissement présumée d'un circuit – Cas du paragraphe E.2. c) 3) ii).....	480
Figure F.1 – Influence de la réduction de la tension sur la valeur de crête de la TTR .....	502
Figure F.2 – TTR pour une coupure idéale .....	502
Figure F.3 – Coupure avec présence d'une tension d'arc .....	504
Figure F.4 – Coupure avec arrachement prononcé du courant.....	504
Figure F.5 – Coupure avec courant post-arc.....	504
Figure F.6 – Relation entre les valeurs du courant et de la TTR apparaissant lors de l'essai, et les valeurs présumées du réseau .....	506
Figure F.7 – Schéma de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle .....	508
Figure F.8 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection de courant à fréquence industrielle .....	510
Figure F.9 – Schéma de l'appareillage d'injection par condensateur.....	512
Figure F.10 – Séquence de manœuvres de l'appareil d'injection par condensateur .....	514
Figure H.1 – Diagramme du circuit de l'exemple 1.....	520
Figure H.2 – Diagramme du circuit de l'exemple 2.....	522
Figure H.3 – Equations pour le calcul des courants d'appel de gradins de condensateurs ...	526
Figure 1 – Combinaisons des paramètres de court-circuit typiques de laboratoires d'essais.....	552
Tableau 1a – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées inférieures à 100 kV – Représentation par deux paramètres.....	78
Tableau 1b – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre directement à la terre – Représentation par quatre paramètres.....	80
Tableau 1c – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées de 100 kV à 170 kV, cas de réseaux à neutre non directement à la terre – Représentation par quatre paramètres .....	82
Tableau 1d – Valeurs normales de la TTR – Tensions assignées supérieures ou égales à 245 kV, cas de réseaux à neutre directement à la terre – Représentation par quatre paramètres.....	84
Tableau 2 – Valeurs normales des multiplicateurs pour la tension transitoire de rétablissement pour les 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> pôles à couper à des tensions assignées supérieures à 72,5 kV.....	86
Tableau 3 – Valeurs normales de la tension transitoire de rétablissement initiale – Tensions assignées supérieures ou égales à 100 kV.....	88
Tableau 4 – Valeurs normales des caractéristiques de ligne pour les défauts proches en ligne.....	92
Tableau 5 – Valeurs préférentielles de pouvoir de coupure et de pouvoir de fermeture assignés de courants capacitifs.....	98
Tableau 6 – Indications de la plaque signalétique .....	112
Tableau 7 – Essais de type .....	120
Tableau 8 – Nombre de séquences de manœuvres.....	142
Tableau 9 – Exemples de forces statiques horizontales et verticales pour l'essai avec efforts statiques aux bornes.....	156
Tableau 10 – Valeurs de courant de crête et durée des alternances de courant au cours de la période d'arc pour le fonctionnement à 50 Hz – Séquence d'essais de court-circuit T100a.....	188
Tableau 11 – Valeurs de courant de crête et durées des alternances de courant au cours de la période d'arc pour le fonctionnement à 60 Hz – Séquence d'essais de court-circuit T100a .....	190
Tableau 12 – Fenêtre de coupure pour les essais avec courant symétrique .....	194