

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
411-5**

Première édition
First edition
1992-01

**Convertisseurs électroniques de puissance
à sortie polyphasée embarqués sur le matériel
roulant ferroviaire**

**Electronic power convertors
with multiphase output installed on board
railway rolling stock**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 411-5: 1992

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la C E I est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la C E I et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la C E I**
- **Annuaire de la C E I**
- **Catalogue des publications de la C E I**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la C E I : Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la C E I: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la C E I: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la C E I, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la C E I établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la C E I préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from I E C National Committees and from the following I E C sources:

- **I E C Bulletin**
- **I E C Yearbook**
- **Catalogue of I E C Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to I E C Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the I E C for general use, readers are referred to:

- I E C Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- I E C Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from I E C Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

I E C publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists I E C publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
411-5**

Première édition
First edition
1992-01

**Convertisseurs électroniques de puissance
à sortie polyphasée embarqués sur le matériel
roulant ferroviaire**

**Electronic power convertors
with multiphase output installed on board
railway rolling stock**

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	8
 SECTION 1: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1.1 Domaine d'application et objet	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Conditions de service	12
1.3.1 Conditions normales de service	12
1.3.2 Conditions spéciales de service	22
 SECTION 2: TERMINOLOGIE	
2.1 Définitions relatives aux convertisseurs à sortie à courant alternatif	22
2.1.1 Convertisseur direct	22
2.1.2 Convertisseur indirect	24
2.1.3 Entrée et sortie	24
2.1.4 Groupes convertisseurs	26
2.2 Définitions relatives aux moteurs	30
2.2.1 Moteurs tournants	30
2.2.2 Moteurs linéaires	30
2.2.3 Alimentation des moteurs	32
2.3 Définitions relatives aux interfaces intermédiaires à courant continu	32
2.3.1 Interface intermédiaire source de tension	32
2.3.2 Interface intermédiaire source de courant	32
2.3.3 Filtres	32
2.4 Définitions relatives aux montages convertisseurs	32
2.4.1 Hacheur	34
2.4.2 Redresseur	34
2.4.3 Onduleurs	44
2.4.4 Convertisseur à courant alternatif (cycloconvertisseur)	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	9

SECTION 1: GENERAL

Clause	
1.1	Scope and object 11
1.2	Normative references 11
1.3	Service conditions 13
1.3.1	Usual service conditions 13
1.3.2	Special service conditions 23

SECTION 2: TERMINOLOGY

2.1	Definitions relating to a.c. output convertors 23
2.1.1	Direct convertor 23
2.1.2	Indirect convertor 25
2.1.3	Input and output 25
2.1.4	Convertor equipment 27
2.2	Definitions relating to motors 31
2.2.1	Rotating motors 31
2.2.2	Linear motors 31
2.2.3	Motor supply 33
2.3	Definitions relating to intermediate d.c. link 33
2.3.1	Voltage-source intermediate link 33
2.3.2	Current-source intermediate link 33
2.3.3	Filters 33
2.4	Definitions relating to convertor connections 33
2.4.1	Chopper 35
2.4.2	Rectifier 35
2.4.3	Inverters 45
2.4.4	A.C. convertor (cycloconvertor) 59

Articles	Pages
2.5 Définitions relatives aux valeurs assignées	60
2.5.1 Fréquence assignée	60
2.5.2 Tension assignée	60
2.5.3 Courant assigné	60
2.5.4 Puissance assignée	62
2.6 Autres définitions	64
2.6.1 Courbe de la charge en fonction du temps (profil de charge)	64
2.6.2 Rendement	64
2.6.3 Grandeurs du côté alternatif	64
2.6.4 Grandeurs du côté continu	66

SECTION 3: CARACTÉRISTIQUES

3.1 Caractéristiques	68
3.1.1 Grandeurs mécaniques et pertes électriques supplémentaires	68
3.1.2 Interférences	68
3.1.3 Caractéristiques de sortie des convertisseurs	70
3.1.4 Protection contre les courants de court-circuit	72
3.1.5 Protection contre les surtensions	72
3.1.6 Emission de bruit acoustique	72
3.1.7 Température des parois	72
3.1.8 Rendement	72

SECTION 4: ESSAIS

4.1 Généralités	72
4.1.1 Catégories d'essais	74
4.2 Essais sur les blocs convertisseurs	76
4.2.1 Essais de tenue aux vibrations et aux chocs (essais de type)	78
4.2.2 Essai du circuit de refroidissement (essai de type)	80
4.2.3 Essais des dispositifs de protection et de mesure (essai de type et essai de série)	80
4.2.4 Essai du dispositif d'allumage (essai de type et essai de série)	80
4.2.5 Essai d'isolement (essai de type et essai de série)	80
4.2.6 Essai à charge réduite (essai de type et essai de série)	82
4.2.7 Essai en charge au courant assigné (essai de type)	82
4.2.8 Essai d'échauffement (essai de type)	82
4.2.9 Détermination des pertes de puissance (essai de type)	86

Clause	Page
2.5 Definitions relating to rated values	61
2.5.1 Rated frequency	61
2.5.2 Rated voltage	61
2.5.3 Rated current	61
2.5.4 Rated power	63
2.6 Other definitions	65
2.6.1 Load-time diagram (load profile)	65
2.6.2 Power efficiency	65
2.6.3 Quantities on the a.c. side	65
2.6.4 Quantities on the d.c. side	67

SECTION 3: CHARACTERISTICS

3.1 Characteristics	69
3.1.1 Mechanical values and additional electric losses	69
3.1.2 Interference	69
3.1.3 Output characteristics of the converter	71
3.1.4 Short-circuit current protection	73
3.1.5 Overvoltage protection	73
3.1.6 Acoustic noise emission	73
3.1.7 Temperature of surfaces	73
3.1.8 Efficiency	73

SECTION 4: TESTS

4.1 General	73
4.1.1 Categories of tests	75
4.2 Tests on converter assemblies	77
4.2.1 Tests for withstanding vibrations and shocks (type tests)	79
4.2.2 Cooling system test (type test)	81
4.2.3 Tests on protection and measuring devices (type test and routine test)	81
4.2.4 Trigger equipment test (type test and routine test)	81
4.2.5 Insulation test (type test and routine test)	81
4.2.6 Light load test (type test and routine test)	83
4.2.7 Rated current load test (type test)	83
4.2.8 Temperature-rise test (type test)	83
4.2.9 Power loss determination (type test)	87

Articles	Pages
4.2.10 Mesure du bruit acoustique (essai de type)	86
4.2.11 Essai d'étanchéité (essai de type)	86
4.2.12 Masse (essai de type facultatif)	86
4.2.13 Examen visuel: aspect (essai de type et essai de série)	86
4.2.14 Vérification des dimensions et des tolérances (essai de type et essai de série)	86
4.3 Essais sur le groupe convertisseur complet	86
4.3.1 Essai de refroidissement (essai de type)	88
4.3.2 Equipement de commande (essai de type et de série)	88
4.3.3 Plages de tension et de fréquence (essai de type)	88
4.3.4 Essai d'interférence (essai de type)	90
4.3.5 Essais de variations brusques de charge (essais de type facultatifs)	90
4.3.6 Essai de commutation du disjoncteur principal (essai de type)	92
4.3.7 Essai de variation brusque de la tension du réseau (essai de type)	92
4.3.8 Essai d'interruption de courte durée de l'alimentation (essai de type facultatif)	92
4.3.9 Essai de surtension d'alimentation et d'énergie transitoire (essai de type)	94
4.3.10 Essai aux ondes de choc (essai de type facultatif)	94
4.3.11 Contrôle des exigences de sécurité (essai de type)	94
4.4 Défaillance de composants au cours des essais de type	94
4.5 Tolérances	94
4.5.1 Pertes dans le convertisseur équipé	96
4.5.2 Pertes éventuelles dans le transformateur et la réactance	96
4.5.3 Réactance éventuelle du transformateur	96
4.5.4 Inductance éventuelle de la réactance de lissage	96

Clause	Page
4.2.10 Acoustic noise measurement (type test)	87
4.2.11 Sealing test (type test)	87
4.2.12 Weight (optional type test)	87
4.2.13 Visual inspection: aspect (type test and routine test)	87
4.2.14 Verification of dimensions and tolerances (type test and routine test)	87
4.3 Tests on complete convertor equipment	87
4.3.1 Cooling test (type test)	89
4.3.2 Control equipment (type and routine test)	89
4.3.3 Voltage and frequency ranges (type test)	89
4.3.4 Interference test (type test)	91
4.3.5 Sudden variations of load tests (optional type tests)	91
4.3.6 Main circuit-breaker switching test (type test)	93
4.3.7 Step-change of line voltage test (type test)	93
4.3.8 Short-time supply interruption test (optional type test)	93
4.3.9 Supply overvoltage and transient energy test (type test)	95
4.3.10 Impulse test (optional type test)	95
4.3.11 Safety requirement inspection (type test)	95
4.4 Failure of components during type tests	95
4.5 Tolerances	95
4.5.1 Convertor assembly losses	97
4.5.2 Losses in transformer and reactor, if any	97
4.5.3 Transformer reactance, if any	97
4.5.4 Smoothing reactor inductance, if any	97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONVERTISSEURS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE
À SORTIE POLYPHASÉE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL
ROULANT FERROVIAIRE**

AVANT-PROPOS

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La présente Norme internationale a été établie par le Sous-Comité 22D: Convertisseurs électroniques de puissance pour le matériel roulant, du Comité d'Etudes n° 22 de la CEI: Electronique de puissance.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
22D(BC)24	22D(BC)25

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**ELECTRONIC POWER CONVERTORS
WITH MULTIPHASE OUTPUT INSTALLED ON BOARD
RAILWAY ROLLING STOCK**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

This International Standard has been prepared by Sub-Committee 22D: Electronic power convertors for rolling stock, of IEC Technical Committee No. 22: Power electronics.

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

DIS	Report on Voting
22D(CO)24	22D(CO)25

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

CONVERTISSEURS ÉLECTRONIQUES DE PUISSANCE À SORTIE POLYPHASÉE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT FERROVIAIRE

SECTION 1: GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable aux convertisseurs électroniques de puissance à sortie polyphasée, embarqués sur le matériel roulant ferroviaire et destinés à alimenter:

- les circuits de traction;
- les circuits auxiliaires monophasés et polyphasés des matériels moteurs et des voitures et remorques.

Elle peut aussi être appliquée, autant que faire se peut, aux autres véhicules de traction tels que les trolleybus.

Les moteurs de traction polyphasés peuvent être tournants ou linéaires. Les convertisseurs pour les moteurs linéaires à stator fixe sont exclus.

Les types d'alimentation suivants sont envisagés:

- lignes de contact à courant alternatif;
- lignes de contact à courant continu;
- alimentation autonome (telle que les générateurs embarqués, les accumulateurs et les autres sources d'énergie électrique).

La présente norme définit la terminologie, les conditions de service, les caractéristiques et les méthodes d'essai des convertisseurs électroniques de puissance à sortie polyphasée.

NOTE - Dans la présente norme, les termes «constructeur» et «exploitant» désignent les deux parties prenantes à un contrat.

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50 (551): 1982 et CEI 50 (811) (1988), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) Chapitre 551: Electronique de puissance. Chapitre 811: Traction électrique.*

CEI 77: 1968, *Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.*

CEI 146: 1973, *Convertisseurs à semiconducteurs.*

CEI 146 A: 1974, *Convertisseurs à semiconducteurs. Marques et indications sur les groupes convertisseurs et sur les blocs.*

ELECTRONIC POWER CONVERTORS WITH MULTIPHASE OUTPUT INSTALLED ON BOARD RAILWAY ROLLING STOCK

SECTION 1: GENERAL

1.1 Scope and object

This International Standard is applicable to electronic power convertors with multi-phase output installed on board railway rolling stock and intended for supplying:

- traction circuits;
- auxiliary circuits, both single phase and multi-phase of power vehicles, coaches and trailers.

This standard may also be applied, as far as it is possible, to other traction vehicles, such as trolleybuses.

Multi-phase traction motors can be either rotating or linear motors. Convertors for fixed-stator linear motors are excluded.

The following types of supply are taken into consideration:

- a.c. contact lines;
- d.c. contact lines;
- autonomous supply (such as onboard generators, accumulators and other electric energy sources).

This standard defines the terminology, service conditions, characteristics and test methods of electronic power convertors with multi-phase output.

NOTE - In this standard the terms "manufacturer" and "user" designate the parties involved in a contract.

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication of this standard, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50 (551): 1982 and 50 (811): 1988, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 551: Power electronics. Chapter 811: Electric traction.*

IEC 77: 1968, *Rules for electric traction equipment.*

IEC 146: 1973, *Semiconductor convertors.*

IEC 146 A: 1974, *Semiconductor convertors – First supplement: Chapter VII - Markings on convertor equipment and assemblies. Amendment No. 1 (1975)*

CEI 146-2: 1974, *Convertisseurs à semiconducteurs. Deuxième partie: Convertisseurs autocommutés à semiconducteurs.*

CEI 146-3: 1977, *Convertisseurs à semiconducteurs. Troisième partie: Convertisseurs à courant continu directs à semi-conducteurs (hacheurs).*

CEI 165: 1973, *Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.*

CEI 310: 1969, *Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.*

CEI 349: 1971, *Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.*

CEI 411-1: 1975, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Première partie: Convertisseurs monophasés de puissance à thyristors.*

CEI 411-3: 1982, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Troisième partie: Convertisseurs autocommutés pour la traction monophasée.*

CEI 411-4: 1986, *Convertisseurs de puissance pour la traction. Quatrième partie: Convertisseurs directs de courant continu (hacheurs) pour le matériel roulant.*

CEI 490: 1974, *Règles pour les essais des véhicules ferroviaires équipés de moteurs thermiques et de transmissions électriques, après achèvement et avant mise en service.*

CEI 529: 1976, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP).*

CEI 571: 1977, *Règles pour les équipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires.*

CEI 631: 1978, *Caractéristiques et essais des systèmes de freinage électrodynamiques et électromagnétiques.*

CEI 651: 1979, *Sonomètres.*

CEI 747: Série, *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets.*

CEI 748: Série, *Dispositifs à semiconducteurs – Circuits intégrés.*

CEI 850: 1988, *Tensions d'alimentation des réseaux de traction.*

1.3 Conditions de service

1.3.1 Conditions normales de service

1.3.1.1 Altitude

En l'absence d'indication sur la hauteur, au-dessus du niveau de la mer, à laquelle les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que cette hauteur ne doit pas dépasser 1 200 m.

IEC 146-2: 1974, *Semiconductor convertors – Part 2: Semiconductor self-commutated convertors.*

IEC 146-3: 1977, *Semiconductor convertors – Part 3: Semiconductor direct d.c. convertors (d.c. chopper convertors).*

IEC 165: 1973, *Rules for the testing of electric rolling stock on completion of construction and before entry into service.*

IEC 310: 1969, *Rules for traction transformers and reactors.*

IEC 349: 1971, *Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles.*

IEC 411-1: 1975, *Power convertors for electric traction – Part 1: Single-phase power convertors using thyristors.*

IEC 411-3: 1982, *Power convertors for electric traction – Part 3: Self-commutated convertors for single-phase traction.*

IEC 411-4 (1986), *Power convertors for electric traction – Part 4: Direct d.c. convertors (d.c. chopper convertors) for rolling stock.*

IEC 490: 1974, *Rules for testing of rail vehicles equipped with thermal engines and electric transmissions, after completion of construction and before entry in service.*

IEC 529: 1976, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code).*

IEC 571: 1977, *Rules for electronic equipment used on rail vehicles.*

IEC 631: 1978, *Characteristics and tests for electrodynamic and electromagnetic braking systems.*

IEC 651: 1979, *Sound level meters.*

IEC 747: Series, *Semiconductor devices – Discrete devices.*

IEC 748: Series, *Semiconductor devices – Integrated circuits.*

IEC 850: 1988, *Supply voltages of traction systems.*

1.3 Service conditions

1.3.1 Usual service conditions

1.3.1.1 Altitude

In the absence of information regarding the height above sea-level at which the equipment is normally expected to function, it is assumed that this height shall not exceed 1 200 m.

1.3.1.2 Température

En l'absence d'indication sur la température ambiante de l'air extérieur au véhicule à laquelle les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que ladite température ambiante reste comprise entre -25 °C et +40 °C, la température moyenne annuelle n'excédant pas +25 °C.

1.3.1.3 Humidité relative

En l'absence d'information précise sur l'humidité relative de l'air ambiant extérieur, dont la température est inférieure à +40 °C, on considère que sa valeur supérieure est comprise entre 90 % et 95 %.

1.3.1.4 Chocs et vibrations

En l'absence d'indication sur les contraintes dues aux chocs et aux vibrations auxquelles le convertisseur et ses accessoires de montage sont susceptibles d'être soumis en service, il est admis:

- que les vibrations sont de forme sinusoïdale, que leur fréquence, f , est comprise entre 1 Hz et 100 Hz et que leur amplitude, a , exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f par les relations:

$$a = \frac{25}{f} \text{ pour } 1 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ pour } 10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$$

- que les accélérations maximales des chocs sont:

horizontalement dans le sens de déplacement du véhicule.....	30 m/s ² ≈ 3 g
transversalement.....	20 m/s ² ≈ 2 g
verticalement.....	10 m/s ² ≈ 1 g

(g étant la valeur de l'accélération de la pesanteur).

NOTE - Il pourra être nécessaire de modifier cet article selon les résultats des investigations actuellement effectuées par le GT 21 du CE 9.

1.3.1.5 Inclinaison et forces centrifuges

Si nécessaire, par exemple si un refroidissement par liquide est utilisé, il faut tenir compte de l'inclinaison du véhicule, de la force centrifuge et de la force due à l'accélération, comme spécifiées par l'exploitant.

1.3.1.6 Caractéristiques des sources d'alimentation

L'exploitant doit définir avec précision les conditions de travail de l'équipement, en traction et en freinage électrique pour les convertisseurs de traction, dont les limites peuvent être très importantes pour la définition de l'appareil.

1.3.1.6.1 Forme d'onde de la tension alternative du réseau

Sauf accord différent entre l'exploitant et le constructeur, la tension du réseau doit être sinusoïdale. Par exemple son taux d'harmoniques ne doit pas excéder 0,1 (lorsque le convertisseur est déconnecté).

1.3.1.2 Temperature

In the absence of information on the ambient temperature of the air outside the vehicle at which the equipment is normally expected to function, it is assumed that the said ambient temperature lies between $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, with an annual average temperature not exceeding $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.3.1.3 Relative humidity

In the absence of precise information concerning the relative humidity of outside ambient air, the temperature of which is less than $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, it is considered that its upper value is between 90 % and 95 %.

1.3.1.4 Shocks and vibrations

In the absence of information regarding stresses due to shock, and vibration, to which the convertor, and its mounting arrangements, are likely to be subjected in service, it is to be assumed:

- that the vibration is of sine-wave form, that the frequency, f , of vibration lies between 1 Hz and 100 Hz and that the amplitude, a , expressed in millimetres, is given as a function of f , by the equations:

$$a = \frac{25}{f} \text{ for } 1 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ Hz}$$

$$a = \frac{250}{f^2} \text{ for } 10 \text{ Hz} \leq f \leq 100 \text{ Hz}$$

- that the maximum shock accelerations are:

horizontally in the direction of motion of the vehicle $30 \text{ m/s}^2 \approx 3 g$

transversally $20 \text{ m/s}^2 \approx 2 g$

vertically $10 \text{ m/s}^2 \approx 1 g$

(g being the value of acceleration due to gravity).

NOTE - This clause may have to be changed according to the results of the investigations currently made by WG 21 of TC 9.

1.3.1.5 Tilting and centrifugal forces

If necessary, for example if liquid cooling is used, tilting of the vehicle and centrifugal and acceleration forces as specified by the user have to be considered.

1.3.1.6 Supply system characteristics

The user shall define exactly the operative conditions of the equipment, in motoring and braking operation for traction convertors, the limits of which may be very important for the design of the equipment.

1.3.1.6.1 Waveform of the a.c. line voltage

Unless otherwise agreed between user and manufacturer, the line voltage of the traction system shall be sinusoidal, i.e. the relative harmonic content of its waveform shall not exceed 0,1 (the convertor being switched off).

1.3.1.6.2 Variations de la tension alternative en ligne

Il est admis que la tension de la ligne se maintient dans les limites données par la CEI 850.

1.3.1.6.3 Surtensions dans les réseaux à courant alternatif

L'équipement convertisseur, y compris ses dispositifs de protection, s'il en existe, doit pouvoir supporter sans dommage les surtensions d'entrée spécifiées par l'exploitant. En cas d'absence de spécification, les valeurs de surtension données, à titre indicatif, par la courbe ② de la figure 1 sont utilisées.

Le convertisseur doit fonctionner normalement lorsqu'il est soumis aux surtensions données par la courbe ① de la figure 1.

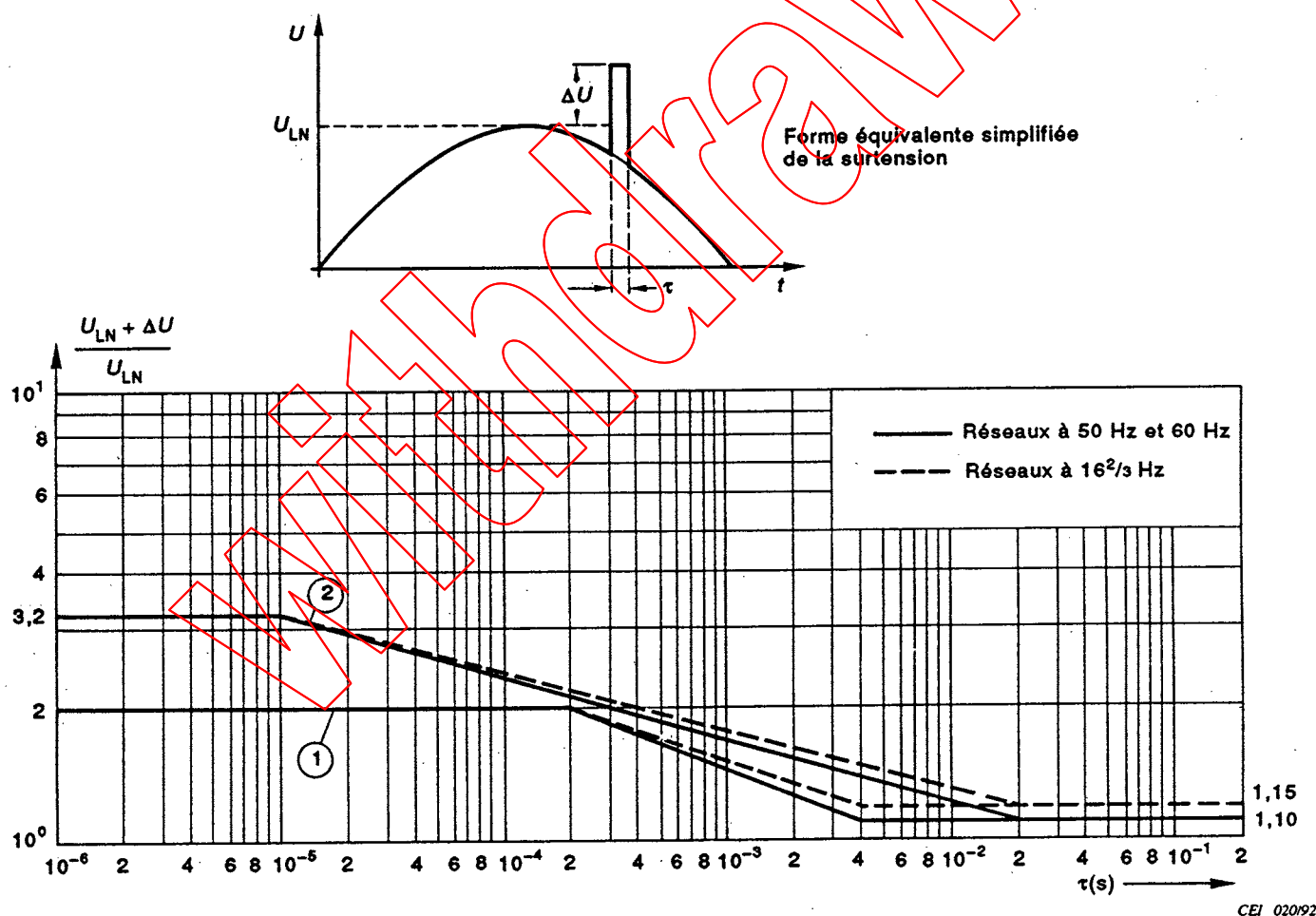


Figure 1 – Niveaux des surtensions dans les réseaux d'alimentation à courant alternatif

1.3.1.6.2 A.C. line voltage variations

The line voltage is assumed to be maintained within the limits given by IEC 850.

1.3.1.6.3 Overvoltages in a.c. systems

The converter equipment, including its protective devices, if any, shall be able to withstand input overvoltages as specified by the user without damage. In the event of no specifications being issued the overvoltages as specified in curve ② of figure 1 shall be used for guidance.

The converter equipment shall operate normally when subjected to overvoltages as given in curve ① of figure 1.

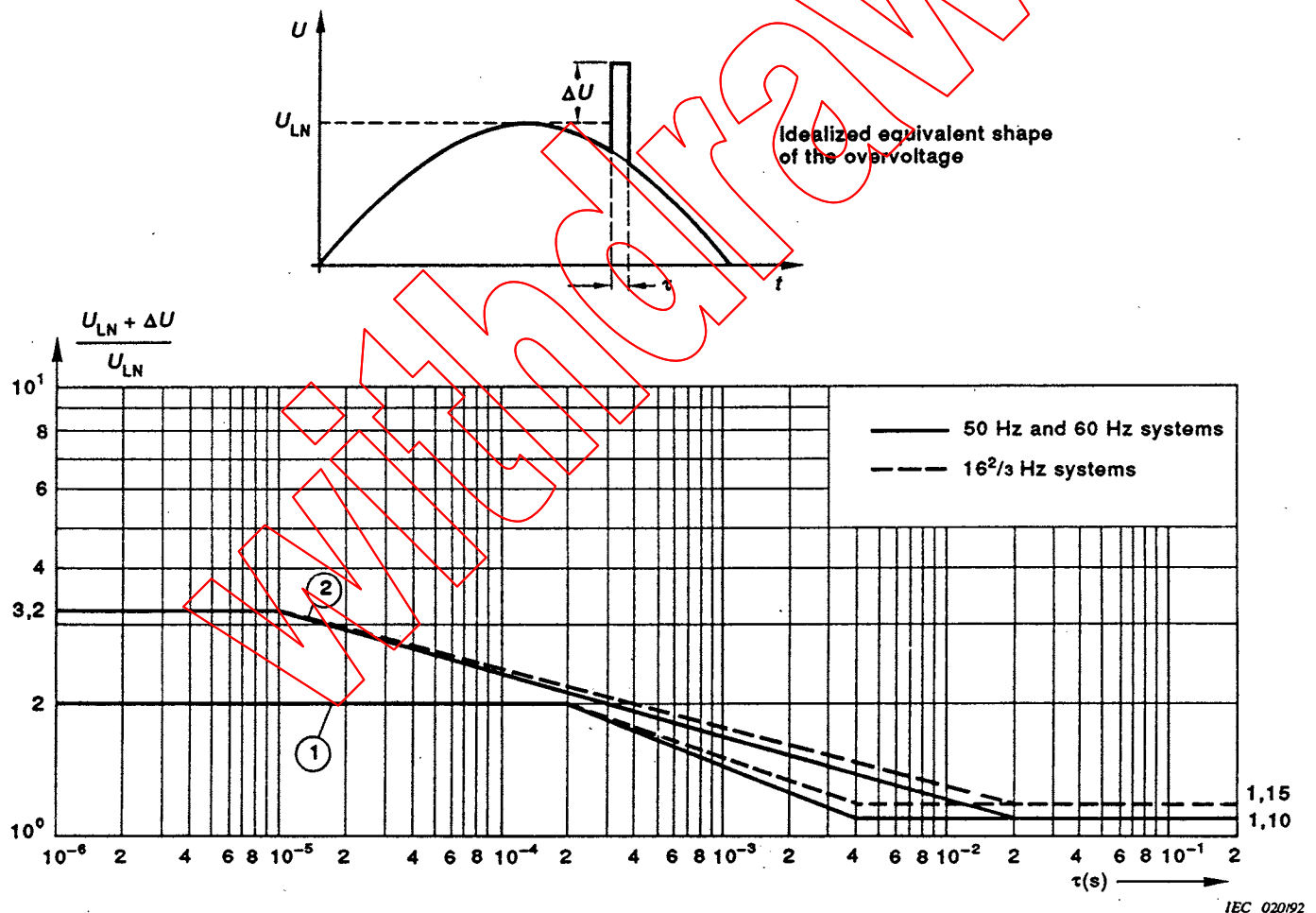


Figure 1 – Levels of overvoltages in a.c. supply systems

1.3.1.6.4 *Impédance du réseau à courant alternatif*

Puisque l'impédance du réseau alternatif influe sur les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur et varie avec la position du véhicule, les valeurs maximales et minimales de cette impédance doivent être spécifiées par l'exploitant.

NOTE - Il faut faire attention si ces valeurs sont utilisées pour des études d'interférence (voir 3.1.1), car il peut exister des fréquences de résonance.

Si possible et si nécessaire, les fréquences de résonance du réseau à courant alternatif doivent être spécifiées par l'exploitant, soit directement, soit au moyen d'un modèle du réseau.

1.3.1.6.5 *Variation de la fréquence du réseau à courant alternatif*

La fréquence du réseau peut varier:

- de 16 1/6 Hz à 17 Hz pour les réseaux à 16 2/3 Hz;
- de 49 Hz à 51 Hz pour les réseaux à 50 Hz;
- de 59 Hz à 61 Hz pour les réseaux à 60 Hz.

pour autant qu'aucune autre valeur n'ait été convenue entre l'exploitant et le constructeur.

Pour les autres fréquences, les variations admissibles doivent être fixées par accord entre l'exploitant et le constructeur.

1.3.1.6.6 *Forme d'onde de la tension de la ligne à courant continu*

Il est admis que la tension côté ligne du réseau de traction est la tension continue obtenue à partir d'une tension sinusoïdale triphasée, par redressement hexaphasé en onde pleine.

L'exploitant doit déclarer toute dérogation majeure à cette disposition, par exemple: indice de pulsation différent de 6, utilisation de redresseurs à commande de phase, présence sur le réseau de véhicules à freinage par récupération.

1.3.1.6.7 *Variations de la tension continue*

Il est admis que la tension de la ligne se maintient dans les limites données par la CEI 850.

1.3.1.6.8 *Surtensions dans les réseaux à courant continu*

L'équipement convertisseur, y compris ses dispositifs de protection s'il en existe, doit pouvoir supporter sans dommage les surtensions d'entrée spécifiées par l'exploitant. En cas d'absence de spécification, les valeurs de surtension données, à titre indicatif, par la courbe ② de la figure 2 sont utilisées.

Le convertisseur doit fonctionner normalement lorsqu'il est soumis aux surtensions données par la courbe ① de la figure 2.

1.3.1.6.4 *A.C. system impedance*

Since the a.c. system impedance affects the performance characteristics of a convertor and varies with the position of the vehicle, the maximum and minimum values of this impedance shall be specified by the user.

NOTE - Care should be taken if these values are used for interference studies (see 3.1.1) because there might be resonant frequencies.

If possible and necessary, resonant frequencies of the a.c. system shall be specified by the user, either directly or by means of a model of the system.

1.3.1.6.5 *A.C. line frequency variation*

A.C. line frequency may vary:

- from 16 1/6 Hz to 17 Hz for 16 2/3 Hz systems;
- from 49 Hz to 51 Hz for 50 Hz systems;
- from 59 Hz to 61 Hz for 60 Hz systems.

provided that no other value has been agreed between the user and the manufacturer.

For other frequencies, permissible variations shall be defined by agreement between the user and the manufacturer.

1.3.1.6.6 *Waveform of the d.c. line voltage*

It will be assumed that the line side voltage of the traction system is d.c. voltage converted from a three-phase sinusoidal voltage by full wave six-pulse rectification.

The user shall state any major deviation from this arrangement, for example: pulse number other than 6, use of phase controlled rectification, presence of regeneratively braked vehicles on the system.

1.3.1.6.7 *D.C. voltage variations*

The d.c. line voltage is assumed to be maintained between the limits given by IEC 850.

1.3.1.6.8 *Overvoltages in d.c. systems*

The convertor equipment including its protective devices, if any, must be able to withstand input overvoltages as specified by the user without damage. In the event of no specification being issued, the overvoltages as specified in curve ② of figure 2, shall be used for guidance.

The convertor shall operate normally when subjected to overvoltages given in curve ① of figure 2.

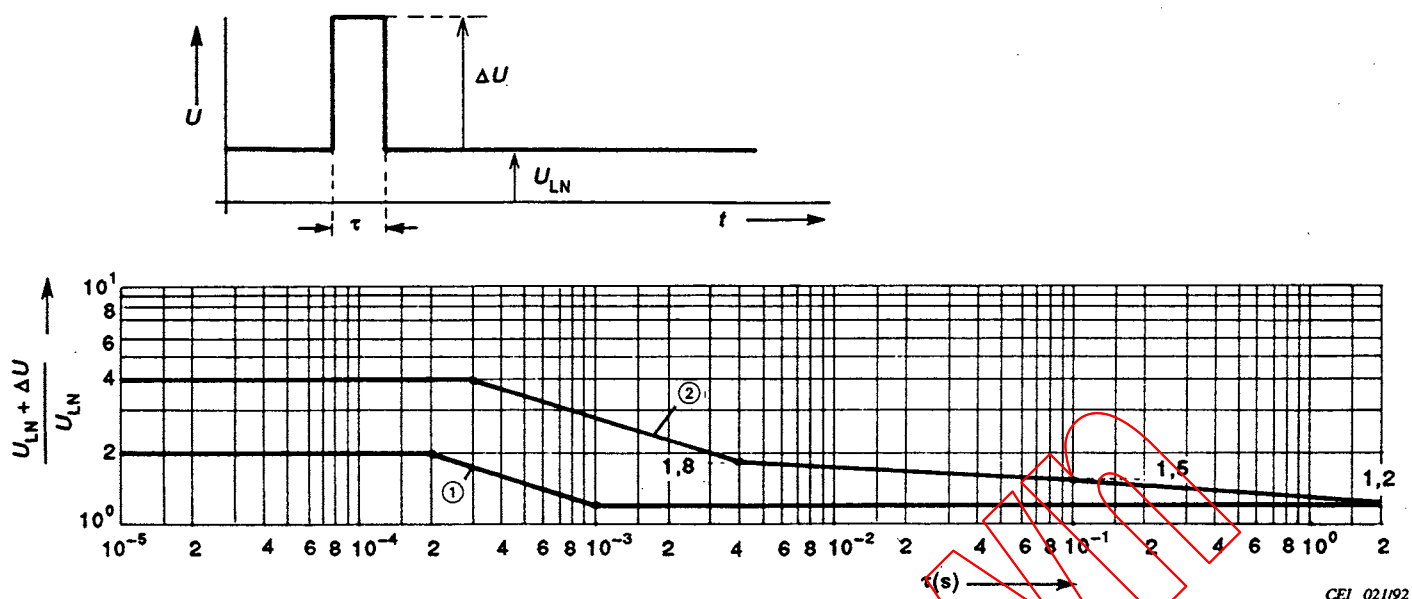


Figure 2 – Niveaux des surtensions dans les réseaux d'alimentation à courant continu

1.3.1.6.9 Inductance et résistance du réseau à courant continu

Puisque l'inductance et la résistance du réseau influent sur les caractéristiques de fonctionnement d'un convertisseur et varient avec la position du véhicule, les valeurs maximales et minimales de l'inductance et de la résistance, y compris l'impédance interne de la source, doivent être spécifiées par l'exploitant. Il y a lieu de tenir compte également de la présence d'autres véhicules équipés de convertisseurs.

NOTE - Il faut faire attention si ces valeurs sont utilisées pour des études d'interférence (voir 3.1), car il peut exister des fréquences de résonance.

Si possible et si nécessaire, les fréquences de résonance du réseau à courant continu doivent être spécifiées par l'exploitant, soit directement, soit au moyen d'un modèle du réseau.

1.3.1.6.10 Sources autonomes

Dans le cas où le convertisseur est alimenté par une source autonome à bord du véhicule telle que batterie, groupe tournant, etc., l'exploitant ou le constructeur doit indiquer les valeurs nominales et les valeurs limites de la tension et de l'impédance de la source et, dans le cas de source alternative, la fréquence et la forme d'onde; si le redresseur est inclus dans l'alimentation autonome, la tension d'ondulation et la plage de fréquences doivent être indiquées.

1.3.1.6.11 Limitations du courant d'entrée

Toute limitation du courant d'entrée à l'état permanent doit être spécifiée par l'exploitant.

L'exploitant doit aussi indiquer la capacité en courant de courte durée du réseau d'alimentation et la nature du système de protection.

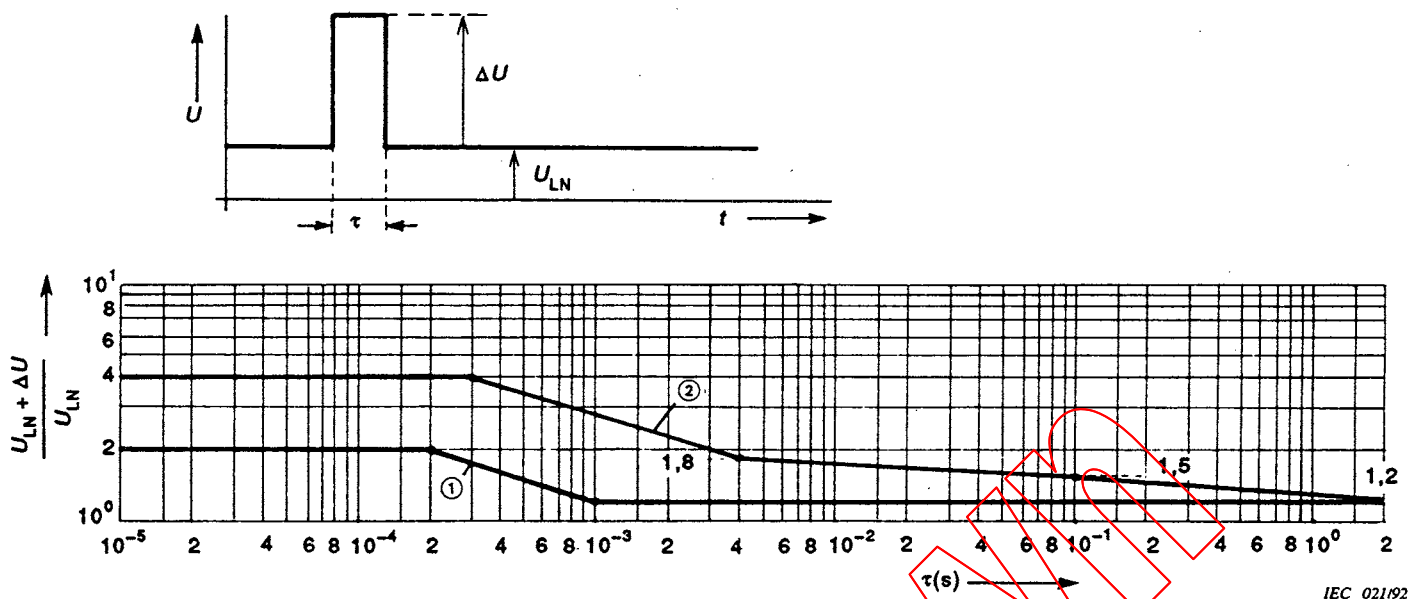


Figure 2 – Levels of overvoltages in d.c. supply systems

1.3.1.6.9 D.C system inductance and resistance

Since the inductance and resistance of the system affect the performance characteristics of a converter and vary with the position of the vehicle, the maximum and minimum values of inductance and resistance, including internal impedance of the source, shall be specified by the user. The presence of other vehicles equipped with converters should also be taken into account.

NOTE - Care should be taken if these values are used for interference studies (see 3.1) because there might be resonant frequencies.

If possible and necessary, resonant frequencies of the d.c. system shall be specified by the user, either directly or by means of a model of the system.

1.3.1.6.10 Autonomous supply

Where the converter is supplied by an autonomous supply on board the vehicle such as battery, rotating set, etc., the user or the manufacturer of the autonomous supply has to state rated values and limit values for the voltage and impedance of the supply, and, in the case of an a.c. supply: the frequency and waveform; if the rectifier is included in the autonomous supply, the ripple voltage and frequency range shall be stated.

1.3.1.6.11 Input current limitations

Any limitation of the steady-state input current shall be stated by the user.

The user shall also state the short-time current capability of the supply system and the nature of the protection network.

1.3.1.7 *Nature de la charge*

Etant donné que la nature de la charge peut affecter les caractéristiques de fonctionnement du convertisseur, on doit toujours spécifier la nature de la charge (circuit équivalent de la charge donnant tous les paramètres importants tels que l'inductance de fuite, le déphasage, la f.é.m. du moteur, la non-linéarité, etc., si nécessaire en fonction de la fréquence).

1.3.1.8 *Conditions additionnelles d'environnement*

En tenant compte de sa position et de son installation dans le véhicule, le convertisseur doit être capable de fonctionner correctement malgré les poussières, le brouillard, la pluie et la neige auxquels le véhicule est exposé de façon normale en service.

1.3.2 *Conditions spéciales de service*

Des dispositions particulières, fixées par accord entre l'exploitant et le constructeur, doivent être prises lorsque les conditions diffèrent de celles mentionnées dans les paragraphes précédents, par exemple:

- altitude supérieure à 1 200 m;
- température ambiante de l'air extérieur au véhicule supérieure à +40 °C;
- température minimale de l'air extérieur au véhicule inférieure à -25 °C;
- température moyenne annuelle supérieure à +25 °C;
- température moyenne élevée conjuguée avec une humidité de l'air élevée;
- pluies torrentielles, tempêtes de sable ou de neige, poussières anormalement conductrices, salinité anormale de l'air;
- variations de la tension délivrée par la ligne d'alimentation excédant les valeurs données précédemment, par exemple dans le cas de réseaux appliquant le freinage par récupération d'énergie;
- variations soudaines de la température ambiante de l'ordre de 15 K survenant sur des périodes d'une à quelques minutes, dues, par exemple, aux franchissements de tunnels;
- conditions causant de fréquentes interruptions entre la ligne de contact et le pantographe ou de fréquents courts-circuits sur la ligne (par exemple formation de glace sur la ligne de contact, parcours de dégivrage...).

SECTION 2: TERMINOLOGIE

Pour caractériser les composants aussi bien que le mode de fonctionnement des convertisseurs, les termes suivants sont de préférence employés. D'autres termes et d'autres définitions sont donnés dans les publications et les documents cités à l'article 1.2.

2.1 *Définitions relatives aux convertisseurs à sortie à courant alternatif*

2.1.1 *Convertisseur direct*

Convertisseur qui convertit l'énergie d'entrée en énergie de sortie alternative polyphasée sans interface intermédiaire.

1.3.1.7 *Nature of load*

In view of the fact that the nature of the load may affect the operating characteristics of the convertor equipment, the nature of the load shall always be specified (equivalent circuit of the load giving all important parameters as leakage inductance, phase displacement, e.m.f. of the motor, non-linearity etc., if necessary as a function of frequency).

1.3.1.8 *Additional environmental conditions*

With due regard to its location and method of installation on the vehicle, the convertor shall be capable of operating correctly in spite of dust, mist, rain and snow to which the vehicle is normally exposed in service.

1.3.2 *Special service conditions*

Special arrangements shall be agreed upon between user and manufacturer when conditions differ from those mentioned in the preceding subclauses, for example:

- altitude above 1 200 m;
- ambient temperature of the air outside of the vehicle above +40 °C;
- minimum temperature of the air outside of the vehicle below -25 °C;
- annual average temperature above +25 °C;
- high average temperature plus high air humidity;
- torrential rains, sand or snow storms, abnormal conducting dust, abnormal salinity of the air;
- variations of the supply line voltage exceeding the values given above, for example in the case of systems using regenerative braking;
- sudden ambient temperature variations of about 15 K occurring for periods of one up to a few minutes, for example due to railway tunnels;
- conditions bringing about frequent interruptions between contact line and pantograph or frequent short circuits on the contact line (e.g. formation of ice on the contact line, de-icing runs).

SECTION 2: TERMINOLOGY

In order to characterize the components as well as the mode of operation of convertors, the following terms are preferably used. Other terms and definitions are given in publications and documents mentioned in clause 1.2.

2.1 *Definitions relating to a.c. output convertors*

2.1.1 *Direct convertor*

A convertor which converts the input energy into the multi-phase a.c. output energy without an intermediate link.

2.1.2 Convertisseur indirect

Convertisseur qui convertit l'énergie d'entrée en énergie de sortie alternative polyphasée et qui comporte deux convertisseurs séparés, connectés en série au moyen d'une interface intermédiaire. Un convertisseur indirect peut comporter les parties suivantes:

2.1.2.1 Convertisseur côté ligne

Partie d'un convertisseur indirect, dont les circuits de puissance sont connectés d'un côté à la ligne et de l'autre côté à une interface intermédiaire. Selon sa fonction, il peut être appelé redresseur côté ligne, onduleur côté ligne, convertisseur direct de courant continu (hacheur) côté ligne ou convertisseur de courant alternatif côté ligne.

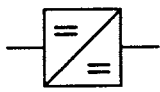
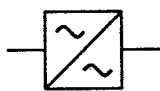
2.1.2.2 Convertisseur côté charge (côté moteur)

Partie d'un convertisseur indirect, dont les bornes sont connectées d'un côté à une interface intermédiaire et de l'autre côté à un ou plusieurs moteurs. Selon sa fonction, il peut être appelé inverseur côté moteur ou convertisseur côté moteur.

2.1.2.3 Convertisseur intermédiaire

Partie d'un convertisseur indirect, dont les circuits de puissance sont connectés à leur entrée et à leur sortie à des interfaces intermédiaires. Selon sa fonction, il peut être appelé redresseur intermédiaire, inverseur intermédiaire, convertisseur intermédiaire de courant continu (hacheur), régulateur intermédiaire électronique de puissance à courant alternatif ou convertisseur intermédiaire de courant alternatif.

Tableau 1 – Schéma fonctionnel des convertisseurs intermédiaires

Convertisseur intermédiaire	Schéma fonctionnel
Redresseur intermédiaire	
Onduleur intermédiaire	
Convertisseur intermédiaire de courant continu	
Convertisseur intermédiaire de courant alternatif	

2.1.3 Entrée et sortie

Le côté entrée d'un convertisseur ou d'un bloc convertisseur définit le côté qui absorbe de la puissance active dans le fonctionnement en traction. Le côté sortie est le côté qui fournit de la puissance active dans le fonctionnement en traction.

2.1.2 Indirect convertor

A convertor which converts the input energy into the multi-phase a.c. output energy and which consists of two separate convertors connected in series via a distinct intermediate link. An indirect convertor may consist of the following parts:

2.1.2.1 Line-side convertor

Part of an indirect convertor, the power circuits of which are connected on the one side to the line and on the other side to an intermediate link. Depending on its function, it may be referred to as a line-side direct d.c. convertor (chopper convertor) or a line-side a.c. convertor.

2.1.2.2 Load-side (motor-side) convertor

Part of an indirect convertor, the terminals of which are connected on the one hand to the intermediate link and on the other hand to one or more motors. Depending on its function, it may be referred to as a motor-side inverter or as a motor-side convertor.

2.1.2.3 Intermediate convertor

Part of an indirect convertor, the power circuits of which are connected on their input and output side to intermediate links. Depending on its function, it can be referred to as an intermediate rectifier, an intermediate inverter, an intermediate d.c. convertor (chopper convertor), an intermediate electronic a.c. power controller or an intermediate a.c. convertor.

Table 1 – Block diagram of intermediate convertor

Intermediate convertor	Block diagram
Intermediate rectifier	
Intermediate inverter	
Intermediate d.c. convertor	
Intermediate a.c. convertor	

2.1.3 Input and output

The input side of a convertor or a convertor equipment denotes that side which absorbs active power in motoring operation, the output side being that side which delivers active power in motoring operation.

2.1.4 Groupes convertisseurs

2.1.4.1 Alimentation à partir d'une ligne de contact à courant alternatif ou d'un générateur monophasé ou polyphasé embarqué

Tableau 2 – Schéma fonctionnel des groupes convertisseurs

Groupe convertisseur	Schéma fonctionnel
Convertisseur direct de courant alternatif (2.1.4.1.1)	
Convertisseur indirect de courant alternatif avec interface intermédiaire à courant continu (2.1.4.1.2)	
Convertisseur indirect de courant alternatif avec interface intermédiaire à courant alternatif (2.1.4.1.3)	
Convertisseur indirect de courant alternatif avec convertisseur intermédiaire à courant continu (2.1.4.1.4)	
Convertisseur indirect de courant alternatif avec redresseur intermédiaire (2.1.4.1.5)	
Convertisseur indirect de courant alternatif avec onduleur intermédiaire (2.1.4.1.6)	

2.1.4.1.1 Convertisseur direct de courant alternatif

Convertisseur direct de courant alternatif qui est alimenté par la ligne de contact ou par un générateur embarqué et qui normalement n'a pas de réservoirs d'énergie pour limiter les pulsations de puissance de la ligne et celles du moteur de traction.

2.1.4.1.2 Convertisseur indirect de courant alternatif avec interface intermédiaire à courant continu

Convertisseur comprenant un redresseur et un onduleur qui sont reliés à des réservoirs d'énergie au moyen d'une interface intermédiaire à courant continu. L'interface intermédiaire à courant continu peut être conçue comme une source de courant continu ou comme une source de tension continue. Dans le premier cas, le courant est appliqué au moyen d'une inductance en série; dans le second cas la tension est appliquée au moyen d'un condensateur en parallèle.

Les réservoirs d'énergie peuvent être des combinaisons d'inductances et de condensateurs (filtres LC, circuits résonnants parallèle et série).

NOTE - Dans le cas d'une interface intermédiaire source de courant, le courant doit varier en fonction de la charge de sortie; ceci peut être effectué par le redresseur côté ligne. Dans le cas d'une interface intermédiaire source de tension, la tension peut être soit constante, soit variable. Dans le cas d'une tension constante, l'adaptation à la charge est effectuée par l'onduleur côté moteur.

2.1.4 Converter equipment

2.1.4.1 Supply from an a.c. voltage contact line or onboard a.c. generator

Table 2 – Block diagram of converter equipment

Converter equipment	Block diagram
Direct a.c. converter (2.1.4.1.1)	
Indirect a.c. converter with intermediate d.c. link (2.1.4.1.2)	
Indirect a.c. converter with intermediate a.c. link (2.1.4.1.3)	
Indirect a.c. converter with intermediate d.c. converter (2.1.4.1.4)	
Indirect a.c. converter with intermediate rectifier (2.1.4.1.5)	
Indirect a.c. converter with intermediate inverter (2.1.4.1.6)	

2.1.4.1.1 Direct a.c. converter

A direct a.c. converter which is supplied from the contact line or an onboard generator and which normally has no energy stores to attenuate the power pulsations of the line and traction motor.

2.1.4.1.2 Indirect a.c. converter with intermediate d.c. link

A converter consisting of a rectifier and an inverter which are connected to energy stores via an intermediate d.c. link. The intermediate d.c. link may be designed as a d.c. current-source or voltage-source intermediate link. In the first case, the current is impressed by means of a series reactor, in the second case the voltage is impressed by means of a parallel capacitor.

The energy stores may consist of combinations of reactors and capacitors (LC filters, parallel and series resonance circuits).

NOTE - In the case of a current-source intermediate link the current has to vary as a function of the output load; this can be effected by the line-side rectifier. In the case of a voltage-source intermediate link the voltage can be either constant or variable. In the case of constant voltage the adaptation to the respective load is effected by the motor-side inverter.

2.1.4.1.3 *Convertisseur indirect de courant alternatif avec interface intermédiaire à courant alternatif*

Assemblage de deux convertisseurs qui sont reliés par une interface intermédiaire à courant alternatif.

NOTE - La fréquence de l'interface intermédiaire à courant alternatif est normalement plus élevée que la fréquence d'entrée afin de réduire la taille du transformateur.

2.1.4.1.4 *Convertisseur indirect de courant alternatif avec convertisseur intermédiaire de courant continu*

Assemblage identique à celui défini en 2.1.4.1.2 mais avec l'addition d'un convertisseur de courant continu pour régler le courant intermédiaire ou la tension intermédiaire.

2.1.4.1.5 *Convertisseur indirect de courant alternatif avec redresseur intermédiaire*

Assemblage de trois convertisseurs qui sont reliés par une interface intermédiaire à courant alternatif et par une interface intermédiaire à courant continu source de tension ou source de courant.

NOTE - La fréquence de la tension alternative intermédiaire est normalement plus élevée que la fréquence d'alimentation afin de réduire la taille du transformateur.

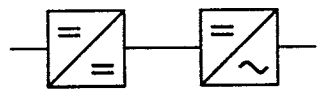
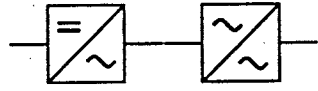
2.1.4.1.6 *Convertisseur indirect de courant alternatif avec onduleur intermédiaire*

Assemblage de trois convertisseurs qui sont reliés par une interface intermédiaire à courant continu et une interface intermédiaire à courant alternatif.

NOTE - La fréquence de l'interface intermédiaire à courant alternatif est normalement plus élevée que la fréquence de sortie afin de réduire la taille du transformateur de sortie.

2.1.4.2 *Alimentation à partir d'une ligne de contact à courant continu ou d'une batterie embarquée*

Tableau 3 - Schéma fonctionnel des groupes convertisseurs

Groupe convertisseur	Schéma fonctionnel
Onduleur (2.1.4.2.1)	
Onduleur indirect avec interface intermédiaire à courant continu (2.1.4.2.2)	
Onduleur indirect avec interface intermédiaire à courant alternatif (2.1.4.2.3)	
Onduleur indirect avec une interface intermédiaire à courant alternatif et une interface intermédiaire à courant continu (2.1.4.2.4)	
Onduleur indirect avec une interface intermédiaire à courant continu et une interface intermédiaire à courant alternatif (2.1.4.2.5)	

2.1.4.1.3 Indirect a.c. convertor with intermediate a.c. link

A connection consisting of two convertors which are connected via an intermediate a.c. link.

NOTE - The frequency of the intermediate a.c. link is normally higher than the input frequency in order to reduce the transformer size.

2.1.4.1.4 Indirect a.c. convertor with intermediate d.c. convertor

A connection identical with that defined in 2.1.4.1.2 but with an additional d.c. convertor for controlling the intermediate current or voltage.

2.1.4.1.5 Indirect a.c. convertor with intermediate rectifier

A connection consisting of three convertors which are connected via an intermediate a.c. link and a d.c. voltage-source or current-source intermediate link.

NOTE - The frequency of the intermediate a.c. voltage is normally higher than the frequency of supply in order to reduce the transformer size.

2.1.4.1.6 Indirect a.c. convertor with intermediate inverter

A connection consisting of three convertors which are connected via an intermediate d.c. link and an intermediate a.c. link.

NOTE - The frequency of the intermediate a.c. link is normally higher than the output frequency in order to reduce the size of the output transformer.

2.1.4.2 Supply from a d.c. voltage contact line or onboard battery

Table 3 – Block diagram of convertor equipment

Convertor equipment	Block diagram
Inverter (2.1.4.2.1)	
Indirect inverter with intermediate d.c. link (2.1.4.2.2)	
Indirect inverter with intermediate a.c. link (2.1.4.2.3)	
Indirect inverter with an intermediate a.c. and an intermediate d.c. link (2.1.4.2.4)	
Indirect inverter with an intermediate d.c. and an intermediate a.c. link (2.1.4.2.5)	