

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61287-1

Deuxième édition
Second edition
2005-09

**Applications ferroviaires –
Convertisseurs de puissance embarqués
sur le matériel roulant –**

**Partie 1:
Caractéristiques et méthodes d'essais**

**Railway applications –
Power convertors installed
on board rolling stock –**

**Part 1:
Characteristics and test methods**

© IEC 2005 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 Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XB**

For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	6
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	12
3 Termes et définitions	14
3.1 Définitions liées aux équipements.....	14
3.2 Définitions se rapportant aux paramètres électriques	20
4 Articles communs	22
4.1 Généralités.....	22
4.2 Conditions de service	26
4.3 Caractéristiques	38
4.4 Exigences techniques	42
4.5 Essais	46
5 Convertisseur de traction direct.....	70
5.1 Convertisseurs à commutation de ligne pour moteurs à courant continu	70
5.2 Hacheurs pour moteurs à courant continu	76
5.3 Convertisseurs polyphasés pour moteurs à courant alternatif (onduleurs).....	82
6 Convertisseur de traction indirect.....	84
6.1 Convertisseur de ligne	84
6.2 Convertisseur en cascade (onduleur).....	88
7 Convertisseurs auxiliaires	88
7.1 Caractéristiques	88
7.2 Protection contre les courts-circuits	92
7.3 Choix de la tension d'isolement assignée	92
7.4 Essais	92
8 Unités de commande des semiconducteurs (SDU)	98
8.1 Expressions équivalentes	98
8.2 Cartes à circuit imprimé équipées	98
8.3 Fonction de la SDU.....	98
8.4 Exigences particulières pour la SDU	98
8.5 Conditions de service	100
8.6 Exigences d'isolation pour la SDU.....	100
8.7 Prescriptions de compatibilité électromagnétique	100
8.8 Essais de la SDU.....	100
Annexe A (normative) Disposition des schémas de circuits de base.....	102
Annexe B (informative) Liste récapitulative des accords entre le fabricant et l'exploitant	104
Annexe C (normative) Distances de sécurité minimales dans l'air basées sur la tension d'impulsion assignée U_{Ni}	108
Annexe D (normative) Lignes de fuite minimales pour les faibles valeurs de la tension d'isolement assignée U_{Nm} pour les matériaux autres que les matériaux de bobinage imprimés.....	110
Annexe E (normative) Définition des degrés de pollution.....	114

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	13
3 Terms and definitions	15
3.1 Definitions related to equipment.....	15
3.2 Definitions related to electrical parameters.....	21
4 Common clauses	23
4.1 General	23
4.2 Service conditions	27
4.3 Characteristics	39
4.4 Technical requirements.....	43
4.5 Tests.....	47
5 Direct traction convertors.....	71
5.1 Line-commutated convertors for d.c. motors	71
5.2 Choppers for d.c. motors	77
5.3 Multiphase convertors for a.c. motors (inverters).....	83
6 Indirect traction convertors.....	85
6.1 Line convertor.....	85
6.2 Motor convertor	89
7 Auxiliary convertors	89
7.1 Characteristics	89
7.2 Short-circuit protection.....	93
7.3 Choice of rated insulation voltage	93
7.4 Tests.....	93
8 Semiconductor drive units (SDU)	99
8.1 Equivalent expressions	99
8.2 Printed circuit board assemblies	99
8.3 Function of the SDU	99
8.4 Particular requirements for the SDU.....	99
8.5 Service conditions	101
8.6 Insulation requirements for the SDU.....	101
8.7 Electromagnetic compatibility requirements.....	101
8.8 Tests of the SDU	101
Annex A (normative) Arrangement of basic circuit diagrams	103
Annex B (informative) Recapitulation of agreements between the manufacturer and the user	105
Annex C (normative) Minimum clearances in air based on the rated impulse voltage U_{ni}	109
Annex D (normative) Minimum creepage distances for low values of rated insulation voltage U_{nm} for materials other than printed wiring material	111
Annex E (normative) Definition of pollution degrees	115

Annexe F (normative) Essais diélectriques pour les équipements – Niveaux d’essai (c.a.) de puissance de courte durée en fréquence U_a (kV r.m.s.) basée sur la tension d’impulsion assignée U_{Ni} (kV cr).....	116
Annexe G (normative) Tensions assignées d’impulsion U_{Ni} pour les circuits alimentés par la ligne de contact.....	118
Annexe H (informative) Lignes directrices pour les exigences de champ magnétique et les tensions induites.....	120

Annex F (normative) Dielectric tests for equipment – Short-duration power-frequency (a.c.) test levels U_a (kV r.m.s.) based on the rated impulse voltage U_{Ni} (kVcr)	117
Annex G (normative) Rated impulse voltages U_{Ni} for circuits powered by the contact line.....	119
Annex H (informative) Guidelines for magnetic field and induced voltage requirements	121

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT –

Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61287-1 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1995, et constitue une révision technique.

Les changements majeurs par rapport à l'édition précédente sont les suivants: cette édition inclut des mises à jour nécessaires par rapport à l'état actuel de la technique. Elle prend aussi en compte des normes génériques sur le matériel ferroviaire comme les parties concernées des séries CEI 62236 et CEI 62278, et des normes techniques générales sur le matériel ferroviaire telles que la CEI 60850 et les parties concernées des séries CEI 60077, CEI 60349 et CEI 61377. Cette révision a été rédigée dans le but d'une harmonisation avec l'EN 50207 (1998).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – POWER CONVERTORS INSTALLED ON BOARD ROLLING STOCK –

Part 1: Characteristics and test methods

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61287-1 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following technical changes from the previous edition: it includes updates as necessary in order to meet the current technical state of the art and to improve clarity. It also takes into account generic railway standards as relevant parts of IEC 62236 and IEC 62278 series and general railway technical standards as IEC 60850 and relevant parts of IEC 60077, IEC 60349 and IEC 61377 series. This revision has been drafted with considerations of harmonization with EN 50207 (1998).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/864/FDIS	9/872/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La série CEI 61287 comprend les parties suivantes sous le titre général *Applications ferroviaires – Convertisseurs de puissance embarqués sur le matériel roulant*:

Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais

Partie 2: Informations techniques supplémentaires

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

FDIS	Report on voting
9/864/FDIS	9/872/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The IEC 61287 series contains the following parts under the general title *Railway applications – Power converters installed on board rolling stock*:

Part 1: Characteristics and test methods

Part 2: Additional technical information

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – CONVERTISSEURS DE PUISSANCE EMBARQUÉS SUR LE MATÉRIEL ROULANT –

Partie 1: Caractéristiques et méthodes d'essais

1 Domaine d'application

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

- les circuits de traction,
- les circuits auxiliaires des matériels moteurs, des véhicules et des remorques.

L'application de la présente norme s'étend dans la mesure du possible à tous les autres véhicules de traction, y compris les trolleybus, par exemple.

La présente norme couvre l'ensemble de convertisseur complet ainsi que ses dispositions de montage contenant

- les ensembles montés à semiconducteurs,
- les systèmes de refroidissement intégrés,
- les composants de la liaison intermédiaire à courant continu, y compris tous les filtres nécessaires associés à la liaison à courant continu,
- les unités de commande des semiconducteurs (SDU) et les capteurs correspondants,
- les circuits de protection incorporés.

Les sources d'énergie suivantes sont prises en considération:

- les lignes de contact à courant alternatif,
- les lignes de contact à courant continu,
- les alimentations embarquées tels que les générateurs, les batteries et autres sources d'énergie électrique.

Cette norme exclut les convertisseurs qui fournissent l'alimentation des dispositifs électroniques de contrôle/commande pour les unités de commande des semiconducteurs (SDU), et les autres alimentations nécessaires au fonctionnement des convertisseurs, telles que les capteurs.

NOTE L'équipement de commande électronique des convertisseurs et les capteurs non liés aux unités de commande des semiconducteurs et les cartes à circuit imprimé équipées des unités de commande des semiconducteurs de puissance (SDU) sont couverts par la CEI 60571.

La présente norme définit la terminologie, les conditions de service, les caractéristiques générales et les méthodes d'essais des convertisseurs électroniques de puissance embarqués sur le matériel roulant.

RAILWAY APPLICATIONS – POWER CONVERTORS INSTALLED ON BOARD ROLLING STOCK –

Part 1: Characteristics and test methods

1 Scope

This International Standard is applicable to power electronic convertors mounted on board railway rolling-stock and intended for supplying

- traction circuits;
- auxiliary circuits of power vehicles, coaches and trailers.

The application of this standard extends as far as possible to all other traction vehicles, including trolley-buses, for example.

This standard covers the complete convertor assembly together with its mounting arrangements containing

- semiconductor device assemblies;
- integrated cooling systems;
- components of the intermediate d.c. link, including any necessary filters associated with the d.c. link;
- semiconductor drive units (SDU) and related sensors;
- incorporated protection circuits.

The following types of power sources are taken into consideration:

- a.c. contact lines,
- d.c. contact lines,
- on-board supplies such as generators, batteries and other electric power sources.

This standard excludes convertors which provide the electronic control supply for SDU and other supplies relevant to the convertor operation such as sensors.

NOTE Electronic control equipment of convertors and those sensors not related to semiconductor drive units and the printed circuit board assemblies of drive units for power semiconductors (SDU) are covered by IEC 60571.

This standard defines terminology, service conditions, general characteristics and test methods of electronic power convertors onboard of rolling stock.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-551:1998, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 551: Electronique de puissance*

CEI 60076-10:2001, *Transformateurs de puissance – Partie 10: Détermination des niveaux de bruit*

CEI 60077-1:1999, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Partie 1: Conditions générales de service et règles générales*

CEI 60112, *Méthode de détermination des indices de résistance et de tenue au cheminement des matériaux isolants solides*

CEI 60146-1-1, *Convertisseurs à semiconducteurs – Spécifications communes et convertisseurs commutés par le réseau – Partie 1-1: Spécifications des clauses techniques de base*

CEI 60270, *Techniques des essais à haute tension – Mesures des décharges partielles*

CEI 60310, *Applications ferroviaires – Transformateurs de traction et bobines d'inductance à bord du matériel roulant*

CEI 60322, *Applications ferroviaires – Equipements électriques du matériel roulant – Règles relatives aux résistances de puissance de construction ouverte*

CEI 60349-1:1999, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 1: Machines autres que les moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseur électronique*
Amendement 1 (2002)

CEI 60349-2:2002, *Traction électrique – Machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers – Partie 2: Moteurs à courant alternatif alimentés par convertisseurs électroniques*

CEI 60384 (toutes les parties), *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques*

CEI 60384-4, *Condensateurs fixes utilisés dans les équipements électroniques – Partie 4: Spécification intermédiaire: Condensateurs électrolytiques à l'aluminium à électrolyte solide et non solide*

CEI 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60571, *Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires*

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-551:1998, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 551: Power electronics*

IEC 60076-10:2001, *Power transformers – Part 10: Determination of sound levels*

IEC 60077-1:1999, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Part 1: General service conditions and general rules*

IEC 60112, *Method for the determination of the proof and the comparative tracking indices of solid insulating materials*

IEC 60146-1-1, *Semiconductor convertors – General requirements and line commutated convertors – Part 1-1: Specifications of basic requirements*

IEC 60270, *High-voltage test techniques – Partial discharge measurements*

IEC 60310, *Railway applications – Traction transformers and inductors on board rolling stock*

IEC 60322, *Railway applications – Electric equipment for rolling stock – Rules for power resistors of open construction*

IEC 60349-1:1999, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 1: Machines other than electronic convertor-fed alternating current motors*
Amendment 1 (2002)

IEC 60349-2:2002, *Electric traction – Rotating electrical machines for rail and road vehicles – Part 2: Electronic convertor-fed alternating current motors*

IEC 60384 (all parts), *Fixed capacitors for use in electronic equipment*

IEC 60384-4, *Fixed capacitors for use in electronic equipment – Part 4: Sectional specification – Aluminium electrolytic capacitors with solid and non-solid electrolyte*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60571, *Electronic equipment used on rail vehicles*

CEI 60587, *Méthode d'essai pour évaluer la résistance au cheminement et à l'érosion des matériaux isolants électriques utilisés dans des conditions ambiantes sévères*

CEI 60664-1, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension – Partie 1: Principes, prescriptions et essais*

CEI 60747 (toutes les parties), *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs discrets*

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des systèmes de traction*

CEI 61148, *Marquage des bornes de blocs et d'ensembles d'éléments de valve et d'équipement de convertisseur de puissance*

CEI 61373, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de chocs et vibrations*

CEI 61881, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Condensateurs pour électronique de puissance*

CEI 61991:2000, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Dispositions de protection contre les dangers électriques*

CEI 62236-3-1, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-1: Matériel roulant – Train et véhicules complets*

CEI 62236-3-2, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

CEI 62278, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

ISO 9001:2000, *Systèmes de management de la qualité – Exigences*

IEC 60587, *Test method for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions*

IEC 60664-1, *Insulation coordination for equipment within low-voltage systems – Part 1: Principles, requirements and tests*

IEC 60747 (all parts), *Semiconductor devices – Discrete devices*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

IEC 61148, *Terminal markings for valve device stacks and assemblies and for power convertor equipment*

IEC 61373, *Railway applications – Rolling stock equipment – Shock and vibration tests*

IEC 61881, *Railway applications – Rolling stock equipment – Capacitors for power electronics*

IEC 61991:2000, *Railway applications – Rolling stock – Protective provisions against electrical hazards*

IEC 62236-3-1, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-1: Rolling stock – Train and complete vehicle*

IEC 62236-3-2, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

IEC 62278, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

ISO 9001:2000, *Quality management systems – Requirements*