

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

**Railway applications – Electromagnetic compatibility –  
Part 1: General**

**Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique –  
Partie 1: Généralités**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

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

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

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

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

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



IEC 62236-1

Edition 2.0 2008-12

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Railway applications – Electromagnetic compatibility –  
Part 1: General**

**Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique –  
Partie 1: Généralités**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**M**

---

ICS 45.060

ISBN 2-8318-1019-9

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references .....	7
3 Terms and definitions .....	8
4 Performance criteria .....	8
5 Management of EMC .....	8
Annex A (informative) The railway system.....	9

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –  
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –****Part 1: General**

## 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 62236-1 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 2003. It constitutes a technical revision and is based on EN 50121-1:2006.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- rewording of the introduction;
- suppression of Annex B.

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

FDIS	Report on voting
9/1184/FDIS	9/1212/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.

A list of all parts of IEC 62236 series, published under the general title *Railway applications – Electromagnetic compatibility*, can be found on the IEC website.

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.

## INTRODUCTION

The railway EMC set of product-specific International Standards consists of five parts described at the end of this introduction.

The set of standards provides both a framework for managing the EMC for railways and also specifies the limits for the electromagnetic (EM) emission of the railway as a whole to the outside world and for the EM emission and immunity for equipment operating within the railway. The latter must be compatible with the emission limits set for the railway as a whole and also provides for establishing confidence in equipment being Fit For Purpose in the Railway environment. There are different stationary emission limits set for trams/trolleybuses and for metro/mainline railways. The frequency covered by the standards is in the range from d.c. to 400 GHz. No measurements need to be performed at frequencies where no requirement is specified. The limits for EMC phenomena are set so that the railway as a whole achieves electromagnetic compatibility with the outside world, and between the various parts of the railway. Throughout the set of standards, the immunity levels are chosen to ensure a reasonable level of EMC with other apparatus within the local railway environment and with emissions which enter the railway from the outside world. Limits are also placed on EM emission by railways into the outside world.

The compatibility between railway emissions and their external environment is based upon emission limits from the railways being set by considering results from measurements. Given that the general compatibility between railways and their environment was satisfactory at the time these measurements were made and subsequent experience of applying the limits has confirmed their acceptability, compliance with this part of IEC 62236 has been judged to give satisfactory compatibility. The immunity and emission levels do not of themselves guarantee that the railway will have satisfactory compliance with its neighbours. In exceptional circumstances, for instance near a “special location” which has unusually high levels of EM interference, the railway system may require additional measures to be taken to ensure proper compatibility. Particular care should be taken when in proximity to equipment such as radio transmission equipment, military or medical installations. In particular, attention is drawn to any magnetic imaging equipment in hospitals that may be near to urban transport. In all these cases, compatibility must be achieved with consultation and co-operation between the interested parties.

The immunity and emission levels do not of themselves guarantee that integration of the apparatus within the railway will necessarily be satisfactory. The standard cannot cover all the possible configurations of apparatus, but the test levels are sufficient to achieve satisfactory EMC in the majority of cases. In exceptional circumstances, for instance near a “special location” which has unusually high levels of EM interference, the system may require additional measures to be taken to ensure proper operation. The resolution of this is a matter for discussion between the equipment supplier and the project manager, infrastructure controller or equivalent.

The railway apparatus is assembled into large systems and installations, such as trains and signalling control centres. Details are given in annex A. It is not, therefore, possible to establish immunity tests and limits for these large assemblies. The immunity levels for the apparatus will normally ensure reliable operation, but it is necessary to prepare an EMC management plan to deal with complex situations or to deal with specific circumstances. For example the passage of the railway line close to a high power radio transmitter which produces abnormally high field strengths. Special conditions may have to be applied for railway equipment which has to work near such a transmitter and these will be accepted as National Conditions for the specification.

The series of standards IEC 62236, *Railway applications – Electromagnetic compatibility*, contains the following parts:

**Part 1: General**

This part gives a description of the electromagnetic behaviour of a railway; it specifies the performance criteria for the whole set. A management process to achieve EMC at the interface between the railway infrastructure and trains is referenced.

**Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world**

This part sets the emission limits from the railway to the outside world at radio frequencies. It defines the applied test methods and gives information on typical field strength values at traction and radio frequency (cartography).

**Part 3-1: Rolling stock - Train and complete vehicle**

This part specifies the emission and immunity requirements for all types of rolling stock. It covers traction stock and trainsets, as well as independent hauled stock.

The scope of this part of the standard ends at the interface of the stock with its respective energy inputs and outputs.

**Part 3-2: Rolling stock - Apparatus**

This part applies to emission and immunity aspects of EMC for electrical and electronic apparatus intended for use on railway rolling stock. It is also used as a means of dealing with the impracticality of immunity testing a complete vehicle.

**Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus**

This part specifies limits for electromagnetic emission and immunity for signalling and telecommunications apparatus installed within a railway.

**Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus**

This part applies to emission and immunity aspects of EMC for electrical and electronic apparatus and components intended for use in railway fixed installations associated with power supply.

# RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

## Part 1: General

### 1 Scope

1.1 This part of IEC 62236 outlines the structure and the content of the whole series.

Annex A describes the characteristics of the railway system which affect electromagnetic compatibility (EMC) behaviour.

Phenomena excluded from this series are nuclear EM pulse, abnormal operating conditions and the induction effects of direct lightning strike.

Emission limits at the railway boundary do not apply to intentional transmitters within the railway boundaries.

Safety considerations are not covered by this series of standards.

The biological effects of non-ionising radiation as well as apparatus for medical assistance, such as pacemakers, are not considered in this series.

1.2 This part of IEC 62236 is supplemented by the following specific standards:

- IEC 62236-2 *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world*
- 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 62236-4 *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus*
- IEC 62236-5 *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus*

### 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 60050-161, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 62427, *Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems*

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions related to EMC and to relevant phenomena given in IEC 60050-161 apply.

### 4 Performance criteria

NOTE This clause is based on IEC 61000-6-2.

The variety and the diversity of the apparatus within the scope of this series of standards makes it difficult to define precise criteria for the evaluation of the immunity test results.

If, as a result of the application of the tests defined in this series of standards, the apparatus becomes dangerous or unsafe, the apparatus shall be deemed to have failed the test.

A functional description and a definition of performance criteria, during or as a consequence of the EMC testing, shall be provided by the manufacturer and noted in the test report, based on the following criteria:

**Performance criterion A:** The apparatus shall continue to operate as intended during and after the test. No degradation of performance or loss of function is allowed below a performance level specified by the manufacturer, when the apparatus is used as intended. The performance level may be replaced by a permissible loss of performance. If the minimum performance level or the permissible performance loss is not specified by the manufacturer, either of these may be derived from the product description and documentation, and from what the user may reasonably expect from the apparatus if used as intended.

**Performance criterion B:** The apparatus shall continue to operate as intended after the test. No degradation of performance or loss of function is allowed below a performance level specified by the manufacturer, when the apparatus is used as intended. The performance level may be replaced by a permissible loss of performance. During the test, degradation of performance is however allowed. No change of actual operating state or stored data is allowed. If the minimum performance level or the permissible performance loss is not specified by the manufacturer, either of these may be derived from the product description and documentation, and from what the user may reasonably expect from the apparatus if used as intended.

**Performance criterion C:** Temporary loss of function is allowed, provided the function is self-recoverable or can be restored by the operation of the controls.

### 5 Management of EMC

The railway is a complex installation with moving sources of electromagnetic energy and the application of the EMC standards in the IEC 62236 series is not a guarantee of satisfactory performance. There may be cases where apparatus has to be positioned in restricted spaces or added to an existing assembly, with the possible creation of environments of unusual severity. All cases shall be considered with respect to a formal plan for the management of EMC. This plan should be established at as early a stage of the project as is possible.

Refer to IEC 62427 for the management process to achieve EMC between rolling stock and train detection systems.

## **Annex A** (informative)

### **The railway system**

#### **A.1 General**

For operating purposes, railways use electrical systems that require very high outputs (up to several MVA) and power electronic systems that are characterised by their non-linearity (producing harmonics).

In an electric railway, the trains must be supplied via sliding contacts from a supply line, called the catenary or overhead, or a trackside conductor rail, which is installed along the track. The current generally returns to the substation via the rails, a separate return conductor or via the earth. The railway is an integrated system in which electricity has many other uses in addition to train propulsion including:

- heating, air conditioning, catering and lighting of passenger coaches with converters on the vehicles. This power is fed along the train by separate conductors;
- signalling and telecommunication systems along the track and between control centres, concerned with the movement of trains;
- computer installations in control centres, linked via trackside routes;
- passenger information systems on vehicles, stations and depots;
- traction within diesel-electric locomotives and multiple units;
- battery traction vehicles.

Hence, problems of EMC arise not only within the locomotive and the power supply but also in these associated systems. Non-electrified traction such as diesel electric traction may also be a source of EM noise.

The normal and disturbed working of these systems may be a source of electromagnetic noise which can affect all other systems.

#### **A.2 General coupling mechanisms**

The coupling between systems is by the well-known physical phenomena and limits are expressed in terms of these phenomena.

Five modes of coupling are distinguished:

- electrostatic coupling, in which a charged body is discharged to a victim circuit;
- capacitive coupling, in which the varying voltage in one circuit produces voltage changes in a victim circuit via mutual capacitance;
- inductive coupling, in which a varying magnetic field produced by a current in one circuit, links with a victim circuit, inducing a voltage via mutual inductance;
- conductive coupling, in which the source and victim circuits share a common conduction path;
- electric (E) and magnetic (H) radiation, in which the circuit structures act as antennas transmitting and receiving energy.

### **A.3 Principal electromagnetic phenomena for immunity**

#### **A.3.1 Conducted low frequency phenomena**

Slow variations of the supply voltage including dips, surges, fluctuations, unbalance, harmonics, intermodulation products, data transfer carried on the power supply, power frequency variations, induced low frequency voltages and d.c. in a.c. networks.

#### **A.3.2 Low frequency field phenomena**

Magnetic fields, both steady and transient. Electric fields.

#### **A.3.3 Conducted high frequency phenomena**

Unidirectional and oscillatory transients, as single events or repetitive bursts. Induced currents.

#### **A.3.4 Radiated high frequency phenomena**

Magnetic fields. Electric fields. Radio frequency radiated waves.

### **A.4 Principal electromagnetic phenomena for emission**

In principle, the same phenomena exist as are listed for immunity, but limits have only been applied to the following:

- magnetic fields produced by power frequency and harmonic frequency currents, up to 9 kHz;
- voltage fluctuations produced by power frequency and harmonic currents;
- radio frequency fields produced by trains.

### **A.5 Description of the different electric traction systems**

Direct current and alternating current sources are used.

DC systems include:

- high voltage: 3 000 V
- medium voltage: 1 500 V
- low voltage: from 600 V to 1 400 V, including more particularly urban transit systems.

AC systems include:

- industrial frequency: 50/60 Hz at 20/25 kV or autotransformer 50/25 kV
- low frequency: 16,7 Hz at 15 kV.

Isolated three phase lines exist with two overhead conductors.

### **A.6 Components of electric traction systems**

Traction power is generally supplied from the high voltage national or railway grid systems at voltages up to 400 kV. Connection points, known as sub-stations, perform the following functions:

- protection (circuit breakers) for both public and railway interests;

- adaptation of voltage level by transformer;
- possible rectification to provide d.c. supply or frequency conversion to give low frequency supply.

The power obtained by this means is transmitted to the traction vehicle via a system of flexible-suspension contact lines (known as the overhead catenary) with which a locomotive-mounted articulated device (known as the pantograph) is brought into contact. On low voltage lines, a trackside conductor rail may be provided from which power is collected by a sliding contact (known as the collector shoe).

On the traction vehicle, the power is regulated and supplied to electric motors to control the movement of the train. Auxiliary power is also regulated and, although of lower power than that supplied to the electric traction motors, can still be a significant source of electromagnetic noise.

On a.c. lines, circuit components may be added to the traction supply lines (auto-transformers or booster transformers) to reduce the magnetic field and hence the induced voltage in telecommunication circuits.

## **A.7 Internal sources of electromagnetic noise**

There are several rail-specific components which produce electromagnetic noise. These include:

### **A.7.1 Static elements**

The overhead line of the railway and the high voltage line feeding the substation can be the source of high or low frequency noise.

Among the phenomena which are involved in RF emission are:

- the corona effect, where ionisation of neutral molecules in the electric field close to the conductors produces RF noise. This can exist along the whole alignment;
- brush discharges in zones of high voltage gradient on the surface of insulators;
- discharge type micro-arcs at bad contacts between energised metallic parts. These effects are local and attenuate rapidly with distance;
- partial flashovers across dry bands of polluted insulator surfaces.

Railway overhead systems differ from most high voltage overhead lines by being closer to the ground, having more insulators and having less natural cleaning of the insulators.

Low frequency noise can be significant within a wide zone, up to 3 km (or more if the ground resistivity is high). It is produced transiently at substations when high voltage switching takes place, is distributed along the overhead when it is energised, is enhanced when non-linear traction loads such as rectifiers are supplied, and is stimulated locally when flashover takes place. If a d.c. traction system is used, low frequency harmonics are produced by the rectifier substation.

### **A.7.2 Mobile elements**

Motive power units (electric locomotives or multiple unit coaches) are a source of electromagnetic noise during routine working, primarily controlled by the following equipment:

- power control systems using controlled semiconductors such as thyristors, GTOs and IGBTs. These produce energy, which give either direct radiation from the vehicle components or indirect radiation via the power supply lines. An overhead line can act as an antenna;

- auxiliary apparatus on traction vehicles may have relatively high power rating and must be considered as a source of noise;
- the sliding contact between the line and the pantograph (or shoe and rail). This collection is via a series of short arcs which act as radio sources;
- special case arcing and transients which are produced when the pantograph is raised or lowered, or the vehicle circuit breaker is closed or opened.

Diesel-electric locomotives should be included since they can contain semiconductor power control which can generate noise. Such locomotives also contain auxiliary systems which may be sources.

### **A.7.3 Auxiliary power converters**

Coaching stock air conditioning, catering and similar systems may be supplied via a semiconductor static converter and these may be sources of noise. These converters may be on several coaches in a train and the summation of their noise must be considered.

### **A.7.4 Train line**

The locomotive supplies power, generally at voltages less than or equal to 1 500 V, sometimes at 3 000 V, at powers up to 800 kW, to the electric systems of the train for lighting, heating, air-conditioning, battery charging, and converters through a conductor (termed "train line"). This current, which can be 800 A, is a source of noise to adjacent equipment.

This auxiliary current may return to the locomotive via the rails and hence have an influence on apparatus on the track. Train lengths of several hundred metres are not unusual.

### **A.7.5 Traction return current with respect to track circuits**

An electrical supply (continuous, alternating or pulse) is connected across the running rails, in what is known as a track circuit. When a train travels on the track, its axles short-circuit a detector of this electrical supply and the presence of the train is detected. Electrical noise may energise the detector although the train is present, giving a false indication of clear track. Track circuits take many forms with some having frequency and time coding to reduce the risk of false energisation.

Since the power supply may contain voltage components at track circuit frequencies, the input impedance of the train may have to be greater than a specified value. This prevents the passage of currents at track circuit frequencies in the running rails. The traction and auxiliary equipment on the vehicle and the substations should not generate currents at track circuit frequencies which exceed specified values. Limits are applied for particular cases. These effects are entirely internal to the railway and many different cases can exist.

### **A.7.6 Trackside equipment**

Electricity is used in trackside cabinets to drive switch motors, heating and train pre-heating as well as other apparatus. Although of relatively low power, these elements are close to the line and may affect other railway apparatus.

## **A.8 Summary of main characteristics of railways**

The essential differences between electric railways and other large electric networks are:

- a very wide variety of power supply configurations;
- a very wide variety of power use and control systems and sub-systems;
- the use of sliding contacts to convey high powers to the moving trains;
- the high speed of some trains;
- the presence of several moving sources within the same zone of influence;

- a fluctuating and imprecise system of current flow to and from the train, including the passage of current via the ground;
- high single phase loads which may cause imbalance in the three phase system;
- the possibility of simultaneous generation of disturbance from several sources;
- generation of EM noise over a wide frequency spectrum;
- the interaction of supply and vehicles to enhance or diminish the effect at any given frequency.

### **A.9 External sources of disturbance**

The railway is distributed through the public domain and is exposed to various sources of EM noise at various places.

These include

- neighbouring railway systems;
  - trackside radio stations (e.g. GSM-R system), sometimes operating at high powers;
  - portable radio transmitters including portable telephones;
  - adjacent overhead power lines from which power frequency induction may be experienced;
  - radar sets at airports, on aircraft, in military use;
  - industrial plants which disturb the electricity supply network.
-

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application .....	19
2 Références normatives.....	19
3 Termes et définitions .....	20
4 Critères d'aptitude à la fonction .....	20
5 Gestion de la CEM .....	20
Annexe A (informative) Le système ferroviaire .....	22

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –  
COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 1: Généralités****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 62236-1 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 2003. Cette édition constitue une révision technique et est basée sur l'EN 50121-1:2006.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- reformulation de l'introduction;
- suppression de l'Annexe B.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1184/FDIS	9/1212/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.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 62236, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique* peut être consultée sur le site web de la CEI.

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.

## INTRODUCTION

Cette série de Normes Internationales de produits qui s'applique à la CEM dans le domaine ferroviaire comprend cinq parties qui sont décrites à la fin de cette introduction.

Cette série de normes fournit à la fois un cadre pour la gestion de la CEM à l'intérieur du domaine ferroviaire et spécifie également les limites d'émission électromagnétique (EM) du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur ainsi que les limites d'émission et d'immunité EM des équipements qui fonctionnent dans le système ferroviaire. Ces dernières doivent être compatibles avec les limites d'émission définies pour le système ferroviaire dans son ensemble et également apporter l'assurance que les équipements sont adaptés pour l'environnement ferroviaire. En statique, des limites d'émission différentes sont définies pour les trams/trolleybus et les métros/grandes lignes. La fréquence couverte par ces normes va du courant continu à 400 GHz. Aucune mesure n'est nécessaire aux fréquences pour lesquelles aucune prescription n'est spécifiée. Les limites pour les phénomènes de CEM sont fixées de manière à ce que le système ferroviaire pris dans son ensemble assure la compatibilité électromagnétique avec le monde extérieur, et entre les différents éléments du système ferroviaire. Dans cette série de normes, les niveaux d'immunité sont choisis pour assurer un niveau raisonnable de CEM avec les autres appareils dans l'environnement ferroviaire local et avec les émissions qui pénètrent le système ferroviaire et qui proviennent du monde extérieur. Sont également fixées des limites pour les émissions EM produites par les systèmes ferroviaires et affectant le monde extérieur.

La compatibilité entre les émissions des chemins de fer et l'environnement extérieur est basée sur les limites d'émission ferroviaires établies en tenant compte de résultats de mesures. Etant donné que la compatibilité générale entre les chemins de fer et leur environnement était satisfaisante au moment où les mesures ont été réalisées et que l'expérience tirée de l'application des limites a confirmé leur acceptabilité, on a jugé que la conformité avec la présente partie de la CEI 62236 donnait une compatibilité satisfaisante. Les niveaux d'émission et d'immunité ne garantissent pas par eux-mêmes que le système ferroviaire aura une conformité satisfaisante avec ses voisins. Dans des circonstances exceptionnelles, par exemple à proximité d'un « emplacement spécial » qui a des niveaux d'interférences EM exceptionnellement élevés, le système ferroviaire peut requérir de prendre des mesures complémentaires pour assurer une compatibilité convenable. Un soin particulier devrait être apporté à proximité d'équipements tels que les appareils de transmission radio, les installations médicales ou militaires. Il faut porter une attention toute particulière aux équipements à imagerie magnétique dans les hôpitaux qui peuvent être près des transports urbains. Dans tous ces cas, la compatibilité doit être atteinte après consultation et coopération entre les parties intéressées.

Les niveaux d'immunité et d'émission ne garantissent pas par eux-mêmes que l'intégration des appareils à l'intérieur du système ferroviaire sera nécessairement satisfaisante. Cette norme ne peut pas couvrir toutes les configurations possibles d'appareils mais les niveaux d'essai sont suffisants pour obtenir une CEM satisfaisante dans la majorité des cas. Dans des circonstances exceptionnelles, par exemple à proximité d'un "emplacement spécial" qui a des niveaux anormalement élevés de brouillage électromagnétique, il est possible qu'il faille prendre des mesures complémentaires pour assurer le fonctionnement correct du système. Une telle décision doit faire l'objet d'une discussion entre le fournisseur de l'équipement et le chef de projet, le responsable d'infrastructure ou une personne de responsabilité équivalente.

Les appareils ferroviaires sont assemblés dans de grands systèmes et installations, tels que les trains et les centres de commande de la signalisation. Des informations plus précises sont données à l'annexe A. Il n'est donc pas possible d'établir des essais et des limites d'immunité pour ces ensembles de grande taille. Les niveaux d'immunité pour les appareils assureront normalement un fonctionnement fiable mais il est nécessaire de préparer un plan de gestion de la CEM pour traiter les situations complexes ou les circonstances particulières. Par exemple, le passage d'une ligne de chemin de fer à proximité d'un émetteur radiofréquence de grande puissance qui produit des champs anormalement élevés. Il peut être nécessaire d'appliquer des conditions spéciales pour les équipements ferroviaires qui doivent fonctionner

à proximité d'un tel émetteur et celles-ci seront acceptées comme Conditions Nationales pour la spécification.

La série des normes CEI 62236, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*, se compose des parties suivantes:

### **Partie 1:** Généralités

Cette partie donne une description du comportement électromagnétique du système ferroviaire; elle spécifie les critères d'aptitude à la fonction pour l'ensemble de la série. Un processus de gestion pour obtenir la compatibilité électromagnétique à l'interface de l'infrastructure ferroviaire et des trains est mentionné.

### **Partie 2:** Emission du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur

Cette partie définit les limites d'émission du système ferroviaire vers le monde extérieur aux radiofréquences. Elle définit les méthodes d'essai appliquées et donne des informations sur les valeurs typiques des champs aux fréquences de traction et en radiofréquence (cartographie).

### **Partie 3-1:** Matériel roulant - Trains et véhicules complets

Cette partie spécifie les exigences d'émission et d'immunité pour tous les types de matériel roulant. Elle couvre le matériel de traction et les rames, ainsi que le matériel tracté.

Le domaine d'application de cette partie de la norme s'arrête à l'interface du matériel et de ses entrées et sorties d'énergie respectives.

### **Partie 3-2:** Matériel roulant - Appareils

Cette partie s'applique aux aspects émission et immunité de la CEM pour les appareils électriques et électroniques destinés à être utilisés à bord du matériel roulant ferroviaire. Elle est également utilisée comme moyen de traiter l'impossibilité de faire des essais d'immunité sur le véhicule en totalité.

### **Partie 4:** Emission et immunité des appareils de signalisation et de télécommunication

Cette partie spécifie les limites d'émission électromagnétique et d'immunité pour les appareils de signalisation et de télécommunications installés à l'intérieur d'un système ferroviaire.

### **Partie 5:** Emission et immunité des installations fixes d'alimentation de puissance et des équipements associés

Cette partie s'applique aux aspects d'émission et d'immunité de la CEM pour les appareils et les composants électriques et électroniques destinés à être utilisés dans les installations ferroviaires fixes associées à l'alimentation.

# APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

## Partie 1: Généralités

### 1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de la CEI 62236 donne la structure et le contenu de l'ensemble de la série.

L'Annexe A décrit les caractéristiques du système ferroviaire qui affectent la compatibilité électromagnétique (CEM).

Les phénomènes exclus de cette série de normes sont l'impulsion électromagnétique nucléaire, les conditions anormales de fonctionnement et les effets d'induction dus à un choc direct de la foudre.

Les limites d'émission à la limite du système ferroviaire ne s'appliquent pas aux émetteurs intentionnels dans les limites du système ferroviaire.

Les aspects relatifs à la sécurité ne sont pas couverts par cette série de normes.

Les effets biologiques des rayonnements non-ionisants ainsi que les appareils d'assistance médicale, tels que les stimulateurs cardiaques, ne sont pas traités dans cette série.

1.2 La présente partie de la CEI 62236 est complétée par les normes spécifiques suivantes:

- CEI 62236-2 *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 2: Emission du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur*
- CEI 62236-3-1 *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-1: Matériel roulant – Trains et véhicules complets*
- CEI 62236-3-2 *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*
- CEI 62236-4 *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 4: Emission et immunité des appareils de signalisation et de télécommunication*
- CEI 62236-5 *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 5: Emission et immunité des installations fixes d'alimentation de puissance et des équipements associés*

### 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 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique*

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 62427, *Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions concernant la CEM et les phénomènes correspondants de la CEI 60050-161 s'appliquent.

### 4 Critères d'aptitude à la fonction

NOTE Cet article est fondé sur la CEI 61000-6-2.

La variété et la diversité des appareils couverts par le domaine d'application de la présente série de normes rendent difficile la définition de critères précis pour l'évaluation des résultats des essais d'immunité.

Si l'appareil devient dangereux ou non sûr suite à l'application des essais définis dans la présente série de normes, il doit être considéré comme n'ayant pas satisfait à l'essai.

Une description fonctionnelle et une définition des critères d'aptitude à la fonction, pendant ou suite aux essais de CEM, doivent être fournies par le fabricant et notées dans le rapport d'essai sur la base des critères d'aptitude à la fonction suivants:

**Critère d'aptitude A:** L'appareil doit continuer à fonctionner comme prévu pendant et après l'essai. Aucune dégradation du fonctionnement ou perte de fonction n'est autorisée au-dessous du niveau d'aptitude spécifié par le fabricant lorsque l'appareil est utilisé comme prévu. Le niveau d'aptitude peut être remplacé par une perte d'aptitude admissible. Si le niveau minimal d'aptitude ou la perte d'aptitude admissible ne sont pas spécifiés par le fabricant, ils peuvent être déduits de la description et de la documentation du produit et de ce que l'utilisateur est raisonnablement en droit d'attendre de l'appareil si celui-ci est utilisé comme prévu.

**Critère d'aptitude B:** L'appareil doit continuer à fonctionner comme prévu après l'essai. Aucune dégradation du fonctionnement ou perte de fonction n'est autorisée au-dessous du niveau d'aptitude spécifié par le fabricant lorsque l'appareil est utilisé comme prévu. Le niveau d'aptitude peut être remplacé par une perte d'aptitude admissible. Pendant l'essai, une dégradation de fonctionnement est toutefois autorisée. Aucune modification du mode de fonctionnement en cours ou des données mémorisées n'est autorisée. Si le niveau minimal d'aptitude ou la perte d'aptitude admissible ne sont pas spécifiés par le fabricant, ils peuvent être déduits de la description et de la documentation du produit et de ce que l'utilisateur est raisonnablement en droit d'attendre de l'appareil si celui-ci est utilisé comme prévu.

**Critère d'aptitude C:** Une perte de fonction temporaire est admise, pourvu que cette fonction soit auto récupérable ou puisse être rétablie par une intervention sur les commandes.

### 5 Gestion de la CEM

Le système ferroviaire est une installation complexe avec des sources mobiles d'énergie électromagnétique et l'application des normes sur la CEM de la série CEI 62236 n'est pas une garantie d'aptitude satisfaisante à la fonction. Il peut y avoir des cas où les appareils doivent être placés dans des espaces restreints ou ajoutés à des ensembles existants ce qui peut créer des environnements de sévérité inhabituelle. Tous les cas doivent être pris en compte pour un plan formel de gestion de la CEM. Il convient d'établir ce plan à un stade aussi précoce que possible du projet.

Se référer à la CEI 62427 pour le processus de management permettant d'aboutir à la CEM entre matériel roulant et systèmes de détection des trains.

## **Annexe A** (informative)

### **Le système ferroviaire**

#### **A.1 Généralités**

Pour fonctionner, les systèmes ferroviaires utilisent des réseaux électriques nécessitant des puissances très élevées (jusqu'à plusieurs MVA) et des systèmes électroniques de puissance qui sont caractérisés par leur non-linéarité (produisant des harmoniques).

Dans un réseau ferroviaire électrique, les trains sont alimentés par des contacts glissants à partir d'une ligne d'alimentation, appelée caténaire ou ligne aérienne de contact ou un rail de contact qui est installé le long de la voie. En général, le courant retourne à la sous-station d'alimentation par les rails, un conducteur de retour séparé ou la terre. Un système ferroviaire est un système intégré dans lequel l'électricité est utilisée pour de nombreuses autres applications en plus de la propulsion du train et qui comprennent:

- le chauffage, la climatisation, la restauration et l'éclairage des voitures pour voyageurs avec des convertisseurs à bord du véhicule. Cette alimentation est assurée dans le train par des conducteurs séparés;
- les systèmes de signalisation et de télécommunication le long de la voie et entre les centres de commande en charge des mouvements des trains;
- les installations informatiques des centres de commande, reliées par des cheminements le long des voies;
- les systèmes d'informations des voyageurs dans les véhicules, les gares et les dépôts;
- la traction dans les locomotives diesel-électriques et les unités multiples;
- les véhicules à accumulateurs électriques.

Ainsi, les problèmes liés à la CEM n'apparaissent pas seulement dans la locomotive et le système d'alimentation mais aussi dans les systèmes associés. Les systèmes de traction non électriques comme la traction diesel électrique peuvent également être sources de bruit EM.

Le fonctionnement normal ou perturbé de ces systèmes peut être source de bruit électromagnétique qui peut affecter les autres systèmes.

#### **A.2 Mécanismes de couplage général**

Le couplage entre systèmes s'effectue selon les phénomènes physiques bien connus et les limites sont exprimées par rapport à ces phénomènes.

On distingue cinq modes de couplage:

- le couplage électrostatique dans lequel un corps chargé est déchargé vers un circuit victime;
- le couplage capacitif dans lequel la tension qui varie dans un circuit produit des variations de tension dans un circuit victime par capacité mutuelle;
- le couplage inductif dans lequel un champ magnétique variable produit par un courant dans un circuit se couple à un circuit victime en y induisant une tension par inductance mutuelle;
- le couplage par conduction dans lequel les circuits source et victime partagent un chemin de conduction commun;

- le rayonnement électrique (E) et magnétique (H) dans lequel les structures de circuit agissent comme des antennes émettant et recevant de l'énergie.

### **A.3 Principaux phénomènes électromagnétiques pour l'immunité**

#### **A.3.1 Phénomènes conduits à basse fréquence**

Variations lentes de la tension d'alimentation incluant les creux, les tensions de choc, les fluctuations, les déséquilibres, harmoniques, produits d'intermodulation, signaux superposés au réseau d'alimentation, variations de la fréquence secteur, tensions basse fréquence induites et composante continue dans les réseaux alternatifs.

#### **A.3.2 Phénomènes de champ à basse fréquence**

Champs magnétiques, à la fois établis et transitoires. Champs électriques.

#### **A.3.3 Phénomènes conduits à haute fréquence**

Transitoires unidirectionnels et oscillatoires, sous forme d'événements uniques ou de salves répétitives. Courants induits.

#### **A.3.4 Phénomènes rayonnés à haute fréquence**

Champs magnétiques. Champs électriques. Ondes rayonnées radiofréquence.

### **A.4 Principaux phénomènes électromagnétiques en émission**

En principe, il existe les mêmes phénomènes que pour l'immunité, mais des limites ont été appliquées aux seuls phénomènes suivants:

- champs magnétiques produits par les courants à la fréquence réseau et harmoniques jusqu'à 9 kHz;
- fluctuations de tension produites par les courants à la fréquence réseau et harmoniques;
- champs radiofréquence produits par les trains.

### **A.5 Description des différents réseaux de traction électrique**

Sont utilisées des sources de courant continu et de courant alternatif.

Les réseaux en courant continu comprennent:

- Haute tension: 3 000 V
- Moyenne tension: 1 500 V
- Basse tension: de 600 V à 1 400 V, incluant plus particulièrement les réseaux urbains.

Les réseaux en courant alternatif comprennent:

- fréquence industrielle: 50/60 Hz à 20/25 kV ou autotransformateur 50/25 kV
- basse fréquence: 16,7 Hz à 15 kV.

Il existe des lignes triphasées particulières avec deux conducteurs aériens.

## A.6 Composants des systèmes de traction électrique

L'énergie de traction est généralement fournie par les réseaux nationaux ou ferroviaires à haute tension à des tensions jusqu'à 400 kV. Les points de raccordement qu'on appelle sous-stations assurent les fonctions suivantes:

- protection (disjoncteurs) à la fois pour le réseau public et le réseau ferroviaire;
- adaptation du niveau de tension par transformateur;
- redressement possible pour assurer une alimentation en courant continu ou conversion de fréquence pour offrir une alimentation basse fréquence.

L'énergie obtenue de cette façon est transmise au véhicule de traction par un système de lignes de contact souples suspendues (appelée caténaire) avec lequel un dispositif articulé monté sur une locomotive (appelé pantographe) est mis en contact. Sur les lignes à basse tension, il peut y avoir un rail latéral de contact sur lequel l'énergie est captée par un contact glissant (appelé frotteur de contact).

Dans le véhicule de traction, l'énergie est régulée et elle alimente les moteurs électriques pour assurer le déplacement du train. La puissance auxiliaire est également régulée et bien qu'elle soit plus faible que celle fournie aux moteurs de traction électrique, elle peut être une source importante de bruit électromagnétique.

Sur les lignes en courant alternatif, des composants peuvent être ajoutés aux lignes d'alimentation de traction (auto-transformateurs ou transformateurs suceurs) pour réduire le champ magnétique et par la même, la tension induite dans les circuits de télécommunication.

## A.7 Sources internes de bruit électromagnétique

Il existe plusieurs composants spécifiques au chemin de fer qui produisent du bruit électromagnétique. Ils comprennent:

### A.7.1 Les éléments statiques

La ligne aérienne du système ferroviaire et la ligne haute tension qui alimente la sous-station peuvent être source de bruit à haute ou basse fréquence.

Parmi les phénomènes qui entrent en compte dans les émissions radioélectriques, il y a:

- l'effet de couronne où l'ionisation des molécules neutres dans le champ électrique près des conducteurs produit un bruit radioélectrique. Il peut exister tout le long de la ligne;
- les décharges en aigrette dans les zones de fort gradient de tension à la surface des isolateurs;
- les micro-arcs de type décharge au niveau des mauvais contacts entre parties métalliques sous tension. Ces effets sont locaux et s'atténuent rapidement avec la distance;
- les contournements partiels à travers les bandes sèches des surfaces d'isolateurs polluées.

Les systèmes ferroviaires diffèrent de la plupart des lignes aériennes à haute tension car ils sont plus près du sol, ils ont plus d'isolateurs et un moindre nettoyage naturel des isolateurs.

Le bruit à basse fréquence peut être important dans une zone étendue, jusqu'à 3 km (ou plus si la résistivité du sol est élevée). Il est produit de manière transitoire au niveau des sous-stations au moment de la commutation haute tension, il est transmis le long de la ligne aérienne lorsqu'elle est sous tension, il est accru lorsque des charges de traction non linéaires telles que des redresseurs sont alimentées et il est stimulé localement en cas de contournement. Dans le cas d'un système de traction à courant continu, des harmoniques à basse fréquence sont produits par la sous-station de redressement.

### **A.7.2 Les éléments mobiles**

Les unités de traction (locomotives électriques ou voitures à unités multiples) sont une source de bruit électromagnétique en fonctionnement normal, essentiellement causé par les équipements suivants:

- systèmes de conversion de puissance utilisant des semiconducteurs tels que thyristors, GTO et IGBT. Ceux-ci produisent une énergie qui provoque soit un rayonnement direct des équipements soit un rayonnement indirect par l'intermédiaire des lignes d'alimentation en énergie. Une ligne aérienne peut se comporter comme une antenne;
- les appareils auxiliaires à bord des véhicules de traction peuvent avoir une puissance nominale relativement élevée et il faut les considérer comme une source de bruit;
- le contact glissant entre la ligne et le pantographe (ou le frotteur et le rail). La captation se fait par l'intermédiaire d'une série de petits arcs qui se comportent comme des sources radiofréquence;
- des arcs et des transitoires intervenant dans des cas spéciaux et qui sont produits lorsque le pantographe est levé ou abaissé ou lorsque le disjoncteur du véhicule est ouvert ou fermé.

Il convient d'intégrer les locomotives Diesel électriques dans la mesure où elles peuvent contenir des systèmes de conversion de puissance à semiconducteurs qui peuvent être source de bruit électromagnétique. De telles locomotives contiennent également des systèmes auxiliaires qui peuvent être aussi des sources de bruit électromagnétique.

### **A.7.3 Convertisseurs de puissance auxiliaires**

La climatisation des voitures, les systèmes de restauration et autres peuvent être alimentés par des convertisseurs statiques à semiconducteur et ils peuvent être sources de bruit électromagnétique. Ces convertisseurs peuvent être répartis sur plusieurs voitures d'un train et il faut tenir compte de la somme de leur bruit électromagnétique.

### **A.7.4 Ligne de train**

Généralement à des tensions inférieures ou égales à 1 500 V, quelquefois à 3 000 V, la locomotive fournit de la puissance jusqu'à 800 kW aux systèmes électriques du train pour l'éclairage, le chauffage, la climatisation, la charge des batteries et les convertisseurs par l'intermédiaire d'un conducteur (appelé "ligne de train"). Ce courant qui peut être de 800 A est une source de bruit vis-à-vis des équipements adjacents.

Ce courant auxiliaire peut retourner à la locomotive par les rails et avoir une influence sur les appareils de voie. Des longueurs de train de plusieurs centaines de mètres ne sont pas inhabituelles.

### **A.7.5 Courant de retour de traction vis-à-vis des circuits de voie**

Une alimentation électrique (continue, alternative ou par impulsions) est reliée par les rails de roulement à ce qu'on appelle un circuit de voie. Lorsqu'un train se déplace sur la voie, ses essieux court-circuitent un détecteur de cette alimentation électrique et la présence du train est détectée. Le bruit électrique peut mettre le détecteur sous tension même s'il y a un train ce qui donne une indication erronée de voie libre. Les circuits de voie prennent de nombreuses formes, certains ayant des codages temporels et fréquentiels pour réduire le risque d'interaction.

Comme l'alimentation peut contenir des composants de tension aux fréquences des circuits de voie, l'impédance d'entrée du train peut devoir être plus importante qu'une valeur spécifiée. Ceci empêche le passage des courants aux fréquences des circuits de voie dans les rails de roulement. Il convient que les équipements de traction et auxiliaires à bord du véhicule et dans les sous-stations ne génèrent pas de courants aux fréquences des circuits de voie dépassant les valeurs spécifiées. Des limites sont appliquées pour des cas

particuliers. Ces effets sont complètement internes au système ferroviaire et de nombreux cas différents peuvent exister.

#### **A.7.6 Equipements le long des voies**

L'électricité est utilisée dans des enceintes situées près des voies pour les moteurs de manœuvre d'aiguille, le chauffage et le préchauffage des trains ainsi que d'autres appareils. Bien qu'ils soient de puissance relativement faible, ces éléments sont proches de la ligne et peuvent affecter d'autres appareils ferroviaires.

### **A.8 Résumé des caractéristiques principales des systèmes ferroviaires**

Les différences essentielles entre les réseaux électriques ferroviaires et les autres grands réseaux électriques sont les suivantes:

- une grande variété de configurations d'alimentation;
- une grande variété d'utilisation de l'énergie, de systèmes et sous-systèmes de commande;
- l'utilisation de contacts glissants pour fournir des puissances élevées aux trains en mouvement;
- la vitesse élevée de certains trains;
- la présence de plusieurs sources mobiles à l'intérieur de la même zone d'influence;
- un système fluctuant et imprécis de circulation de courant vers et en provenance du train, y compris le passage de courant par le sol;
- des charges monophasées élevées qui peuvent causer un déséquilibre dans le réseau triphasé;
- la possibilité de production simultanée de perturbations provenant de plusieurs sources;
- la production de bruit EM sur un large spectre de fréquences;
- l'interaction de l'alimentation et des véhicules pour accroître ou diminuer l'effet à n'importe quelle fréquence.

### **A.9 Sources externes de perturbation**

Le système ferroviaire est réparti dans le domaine public et il est exposé à différentes sources de bruit EM en différents endroits.

Elles comprennent:

- les systèmes ferroviaires voisins;
- les stations radio près des voies (ex: système GSM-R), qui fonctionnent parfois à des puissances élevées;
- des émetteurs radioélectriques portables incluant les téléphones portables;
- les lignes aériennes adjacentes pouvant être source d'induction en fréquence industrielle;
- les radars des aéroports, des avions et d'usage militaire;
- les installations industrielles qui perturbent le réseau d'alimentation en électricité.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)