

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62236-1

Première édition
First edition
2003-04

**Applications ferroviaires –
Compatibilité électromagnétique –**

**Partie 1:
Généralités**

**Railway applications –
Electromagnetic compatibility –**

**Part 1:
General**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62236-1:2003

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62236-1

Première édition
First edition
2003-04

**Applications ferroviaires –
Compatibilité électromagnétique –**

**Partie 1:
Généralités**

**Railway applications –
Electromagnetic compatibility –**

**Part 1:
General**

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

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, 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

P

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions.....	12
4 Critères d'aptitude à la fonction	12
5 Gestion de la CEM	14
Annexe A (informative) Le système ferroviaire	16
A.1 Introduction	16
A.2 Mécanismes de couplage général.....	16
A.3 Principaux phénomènes électromagnétiques pour l'immunité.....	18
A.4 Principaux phénomènes électromagnétiques en émission.....	18
A.5 Description des différents réseaux de traction électrique.....	18
A.6 Composants des systèmes de traction électrique.....	18
A.7 Sources internes de bruit électromagnétique	20
A.8 Résumé des caractéristiques principales des systèmes ferroviaires	24
A.9 Sources externes de perturbation.....	24
Annexe B (normative) Gestion de la CEM à l'interface de l'infrastructure ferroviaire et des trains	26
B.1 Introduction.....	26
B.2 Définitions.....	26
B.3 Evaluation des risques de défaillances	26
B.4 Prescriptions	28
B.5 Infrastructure et conditions normales de fonctionnement.....	28

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Performance criteria	13
5 Management of EMC	15
Annex A (informative) The railway system	17
A.1 Introduction	17
A.2 General coupling mechanisms	17
A.3 Principal electromagnetic phenomena for immunity	19
A.4 Principal electromagnetic phenomena for emission	19
A.5 Description of the different electric traction systems	19
A.6 Components of electric traction systems	19
A.7 Internal sources of electromagnetic noise	21
A.8 Summary of main characteristics of railways	25
A.9 External sources of disturbance	25
Annex B (normative) Management of EMC at the interface between railway infrastructure and trains	27
B.1 Introduction	27
B.2 Definitions	27
B.3 Assessment of risks of failures	27
B.4 Requirements	29
B.5 Infrastructure and normal operating conditions	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

Partie 1: Généralités

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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, en collaboration étroite avec le CISPR.

Elle a été soumise aux Comités nationaux pour vote suivant la procédure par voie express, par les documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/729/FDIS	9/744/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 norme est basée sur la norme EN 50121-1.

Cette norme ne suit pas les règles de structure des normes internationales comme le spécifie la Partie 2 des Directives ISO/CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

Part 1: General

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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, in close collaboration with CISPR.

It was submitted to the National Committees for voting under the Fast Track Procedure as the following documents:

FDIS	Report on voting
9/729/FDIS	9/744/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 standard is based on EN 50121-1.

This standard does not follow the rules for structuring International Standards as given in Part 2 of the ISO/IEC Directives.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

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

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 spécifie les limites d'émission électromagnétique (EM) du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur et des émissions électromagnétiques et de l'immunité des équipements qui fonctionnent dans le système ferroviaire, mais qui doivent être compatibles avec les limites d'émission définies pour le système ferroviaire dans son ensemble. La fréquence couverte par ces normes va du courant continu à 400 GHz. A l'heure actuelle, il n'a pas été défini d'essais pour les fréquences supérieures à 2 GHz. Les limites pour les phénomènes de CEM sont fixées de manière à obtenir la compatibilité électromagnétique entre le système ferroviaire pris dans son ensemble et 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 d'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.

Les niveaux d'immunité et d'émission ne garantissent pas par eux-mêmes que l'intégration des appareils 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 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. Elle donne un processus de gestion pour obtenir la compatibilité électromagnétique à l'interface de l'infrastructure ferroviaire et des trains.

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).

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 specifies the limits for the electromagnetic (EM) emission of the railway as a whole to the outside world and of the EM emission and immunity for equipment operating within the railway but which must be compatible with the emission limits set for the railway as a whole. The frequency covered by the standards is in the range of d.c. to 400 GHz. At present, testing is not defined for frequencies exceeding 2 GHz. 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 the 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 immunity and emission levels do not of themselves guarantee that integration of the apparatus 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 specific circumstances. For example, the passage of the railway line close to a higher 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 provided.

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).

Partie 3-1: Matériel roulant – Trains et véhicules complets

Cette partie spécifie les prescriptions 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.

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.

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.

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.

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.

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.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

Partie 1: Généralités

1 Domaine d'application

1.1 La présente Partie 1 de la série de Normes internationales 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). L'annexe B spécifie un processus de gestion pour atteindre la CEM à l'interface de l'infrastructure ferroviaire et des trains.

Cette série de normes a pour objectif de spécifier les prescriptions d'émission et d'immunité EM pour les produits ferroviaires et pour le système ferroviaire en tant qu'installation.

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 Norme internationale 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).

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

Part 1: General

1 Scope

1.1 This Part 1 of the International Standards series 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. Annex B specifies a management process for achieving EMC at the interface between the railway infrastructure and trains.

The objective of the whole series of standards is to specify the EM emission and immunity requirements for railway products, and for the railway as an installation.

Phenomena excluded from the 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-ionizing radiation as well as apparatus for medical assistance, such as pacemakers, are not considered here.

1.2 This International Standard 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.

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*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 62236, on peut trouver les définitions concernant la CEM et les phénomènes correspondants dans la CEI 60050(161).

Les autres parties de cette Norme internationale peuvent contenir des définitions spécifiques.

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 autorécupérable ou puisse être rétablie par une intervention sur les commandes.

IEC 60050(161), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 161: Electro-magnetic compatibility*

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

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 62236, definitions related to EMC and to relevant phenomena may be found in IEC 60050(161).

Other parts of this International Standard may contain specific definitions.

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 make 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 or documentation, and, subsequently, 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 or 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 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 et l'Annexe B donne des précisions sur un tel plan.

NOTE L'Annexe B est normative avec un domaine d'application limité; cependant, en cas de fonctionnement dans des conditions n'entrant pas dans le domaine d'application, il convient de voir si l'utilisation du plan de gestion pourrait être bénéfique.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62236-1:2003

Withdrawn

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 and Annex B gives details of such a management plan.

NOTE Annex B is normative with a limited scope; however, operation outwith the scope should consider whether the use of the management plan could be beneficial.

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62236-1:2003

Annexe A (informative)

Le système ferroviaire

A.1 Introduction

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 locomotives qui se déplacent avec les trains doivent être alimentées 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.

Annex A (informative)

The railway system

A.1 Introduction

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

In an electric railway, the locomotives which move with the trains have to 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 uses in addition to train propulsion including:

- heating, air conditioning, catering and lighting of passengers 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 one 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 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 et produits d'intermodulation. Signaux superposés au réseau d'alimentation. Variations de la fréquence secteur, tensions basse fréquence induites, 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:

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 and intermodulation products. Data transfer carried on the power supply. Power frequency variations, induced low frequency voltages, 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 (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 (appelées 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 là 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 ou 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:

- 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 ionization 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 energized 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 energized, 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 caused by the following equipment:

- 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 l'étude 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. Les équipements de traction et auxiliaires à bord du véhicule et dans les sous-stations ne doivent pas générer 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.

- power control systems using controlled semiconductors such as thyristors, GTO's and IGBT's. 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 in study 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

Air conditioning of coaches, 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 energize 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 energization.

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 shall 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 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 (par exemple 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.

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.