

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique –
Partie 3-1: Matériel roulant – Trains et véhicules complets**



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
Web: 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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique –
Partie 3-1: Matériel roulant – Trains et véhicules complets**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

Q

ICS 45.060

ISBN 978-2-88910-647-9

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Applicability	7
5 Immunity tests and limits	7
6 Emission tests and limits	8
6.1 Compatibility with signalling and communication systems.....	8
6.2 Interference on telecommunication lines.....	8
6.2.1 Digital telecommunication lines.....	8
6.2.2 Analogue telecommunication lines.....	8
6.3 Radiated electromagnetic disturbances	8
6.3.1 Test site	8
6.3.2 Test conditions	9
6.3.3 Emission limits	10
Annex A (informative) Interference on telecommunication lines.....	12
Annex B (normative) Radiated electromagnetic disturbances – Test procedure.....	15
Figure 1 – Limits for stationary test (quasi-peak, 10 m).....	10
Figure 2 – Limits for slow moving test (peak, 10 m).....	11
Table B.1 – Guideline for test	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –****Part 3-1: Rolling stock –
Train and complete vehicle**

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 62236-3-1 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 50121-3-1:2006.

The main change with respect to the previous edition is listed below:

- incorporation of emission limits for urban vehicles operating in city streets.

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

FDIS	Report on voting
9/1186/FDIS	9/1214/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

This product standard for rolling stock sets limits for electromagnetic emission and immunity in order to ensure a well-functioning system within its intended environment.

Immunity limits are not given for the complete vehicle. Part 3-2 of this standard defines requirements for the apparatus installed in the rolling stock, since it is impractical to test the complete unit. An EMC plan should be established for equipment covered by this part of IEC 62236.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62236-3-1:2008

Withdawn

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

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

1 Scope

This part of IEC 62236 specifies the emission and immunity requirements for all types of rolling stock. It covers traction stock and trainsets including urban vehicles for use in city streets.

The frequency range considered is from d.c. to 400 GHz. No measurements need to be performed at frequencies where no requirement is specified.

The scope of this standard ends at the interface of the rolling stock with its respective energy inputs and outputs. In the case of locomotives, trainsets, trams, etc. this is the current collector (pantograph, shoe gear). In the case of hauled stock, this is the a.c. or d.c. auxiliary power connector. However, since the current collector is part of the traction stock, it is not entirely possible to exclude the effects of this interface with the power supply line. The slow moving test has been designed to minimise these effects.

Basically, all apparatus to be integrated into a vehicle should meet the requirements of Part 3-2 of this standard. In exceptional cases, where apparatus meets another EMC standard, but full compliance with Part 3-2 is not demonstrated, EMC should be assured by adequate integration measures of the apparatus into the vehicle system and/or by an appropriate EMC analysis and test which justifies deviating from Part 3-2.

The electromagnetic interference concerning the railway system as a whole is dealt with in IEC 62236-2.

These specific provisions are to be used in conjunction with the general provisions in IEC 62236-1.

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 62236-1, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 1: General*

IEC 62236-2, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world*

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

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

CISPR 16-1-1, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

ITU-T, *Directive concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electrical power and electrified railway lines – Volume VI: Danger and disturbances*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

traction stock

electric and diesel locomotives, high speed trainsets, electric and diesel multiple units (no locomotive, each coach has its own traction equipment) for main line vehicles, Light Railway Vehicles (LRV) such as underground trainsets, trams, etc., for urban vehicles

3.2

hailed stock

all independent passenger coaches and freight wagons (if they contain electric apparatus such as freezing equipment) which may be hauled in random combinations by different types of locomotives

3.3

main line vehicles

vehicles such as high speed trains, suburban trains, freight trains, mainly designed to operate between cities

3.4

urban vehicles

vehicles such as underground trainsets, trams, LRV (Light Rail Vehicles), trolleybuses, mainly designed to operate within the boundary of a city

4 Applicability

Generally, it is not possible to test electromagnetic compatibility invoking every function of the stock. The tests shall be made at typical operating modes considered to produce the largest emission.

The configuration and mode of operation shall be specified in the test plan and the actual conditions during the tests shall be precisely noted in the test report.

5 Immunity tests and limits

No tests are applied to the complete vehicle, but the immunity tests and limits in Part 3-2 of this standard were selected in the knowledge that the vehicle can be deemed to be immune to a level of 20 V/m over the frequency range 0,15 MHz to 2 GHz. It is expected that the assembly of the apparatus into a complete vehicle will give adequate immunity, provided that an EMC plan has been prepared and implemented, taking into account the limits in Part 3-2 of this standard.

6 Emission tests and limits

The emission tests and limits for rolling stock in this standard should ensure as far as possible that the rolling stock does not interfere with typical installations in the vicinity of the railway system.

Measurements shall be performed in well-defined and reproducible conditions. It is not possible to totally separate the effects of the railway system and the stock under test. Therefore, the operator and the manufacturer have to define in the contract the test conditions and the test site for compatibility with signalling and communication systems and for interference on telecommunication lines, (e.g. load conditions, speed and configuration of the units). For radiated emissions, the test conditions are defined in 6.3.1 and 6.3.2. The contributions of other parts of the railway system (e.g. substations, signalling) and of the external environment (e.g. power lines, industrial sites, radio and television transmitters) to the measurements must be known and taken into account.

6.1 Compatibility with signalling and communication systems

Signalling, train radio and other railway systems (axle counters, track circuits, train control systems, etc.) are different in every country in terms of operating frequencies and waveforms. Therefore, emission requirements shall be specified according to the type of signalling and communication systems used (see IEC 62427).

The requirements need to take into account sources of disturbance other than the rolling stock, including the train radio and signalling systems themselves, and the effects of transients due to bad contact, pantograph bouncing, third rail gaps, etc.

6.2 Interference on telecommunication lines

6.2.1 Digital telecommunication lines

Interference with digital systems such as PCM, ISDN, is not covered in this standard.

6.2.2 Analogue telecommunication lines

The harmonics in the traction current of a railway system may induce noise in a conventional analogue telecommunication system. The acceptable level of noise on conventional analogue telephone lines is specified by ITU-T. The value of this noise is measured with a psophometric filter. The relationship between the current absorbed or generated by the traction vehicle and the noise in the telephone line is neither under the total control of the vehicle manufacturer nor of the operator of the network (for details see Clause A.1). Thus it shall be the responsibility of the purchaser of the tractive stock in accordance with the rules of the Infrastructure Controllers to specify a frequency weighted current limit at the vehicle interface.

One method commonly used is to specify the psophometric current I_{pso} which has a psophometrical frequency weighting. The background and application of this method is described in Annex A. As it is known that the I_{pso} method does not fully represent the noise effect of the harmonics in the kHz range, alternative methods of frequency weighting may be specified by the purchaser.

6.3 Radiated electromagnetic disturbances

6.3.1 Test site

The test site shall meet as far as possible the “free space” requirements below within the existing constraints of the railway environment:

- no trees, walls, bridges, tunnels or vehicles shall be close to the measurement point, minimum separation distance:
30 m for main line vehicles,

10 m for urban vehicles;

- since it is impossible to avoid the support masts of the overhead, the measurement point shall be at the midpoint between masts, on the opposite side of the track (in case of a double track, on the side of the track which is being used). If the railway system is powered by a third rail, the antenna shall be on the same side of the track (worst case);
- the overhead/third rail should be an “infinite” line on both sides of the measurement point, the minimum clear length on both sides of the measurement point should be:

3 km for main line vehicles,

500 m for urban vehicles

Overhead/third rail discontinuities as well as substations, transformers, neutral sections, section insulators, etc., should be avoided.

Since resonances may occur in the overhead line at radio-frequencies, it may be necessary to change the test site. The exact location of the test site and features of both the site and the overhead system layout shall be noted.

The contribution of the substation may be considered when assessing the emissions from the vehicle. Note that the contribution of a d.c. substation depends on its load current and will not be measured properly in a no-load condition;

- close proximity to power lines including buried lines, substations, etc., should be avoided;
- no other railway vehicle should be operating in the same feeding section or within a distance of

20 km for main line vehicles,

2 km for urban vehicles

If these conditions are not possible, the ambient noise before and after each emission measurement of the vehicle under test shall be recorded. Otherwise, only two ambient noise measurements at the beginning and the end of the test series are sufficient.

If at specific frequencies or in specific frequency ranges the ambient noise is higher than the limit values less 6 dB, the measurements at these frequencies need not be considered. These frequencies shall be noted in the test report.

6.3.2 Test conditions

The tests shall cover the operation of all systems onboard the rolling stock which may produce radiated emissions.

Hauled stock shall be tested while stationary in an energised mode (auxiliary converters, battery chargers, etc. in operation). The antenna should be sited opposite the equipment expected to produce the greatest emissions at the frequencies under measurement.

Traction stock shall be tested whilst stationary and at slow moving speed. During the stationary test, the auxiliary converters shall operate (it is not inevitably under maximum load conditions that the maximum emission level is produced) and the traction converters shall be under voltage but not operating. The antenna should be sited opposite the vehicle centre line unless an alternative location is expected to produce higher emission levels.

For the slow moving test, the speed shall be low enough to avoid arcing at or bouncing of the sliding contact and high enough to allow for electric braking. The recommended speed range is (20 ± 5) km/h for urban vehicles and (50 ± 10) km/h for main line vehicles. When passing the antenna, the vehicle shall accelerate or decelerate with approximately 1/3 of its maximum tractive effort within the given speed range.

The slow moving test may be replaced by a stationary test with the vehicle operating at 1/3 of its maximum tractive effort against the mechanical brakes, if the following conditions are fulfilled:

- the traction equipment allows for operation whilst stationary;

- tests of electric braking are not required, if no different circuits are used in braking.

If the slow moving test is replaced by a stationary test with tractive effort, then the slow moving limits shall be applied. The decision for the stationary test with tractive effort has to be justified in the test report.

6.3.3 Emission limits

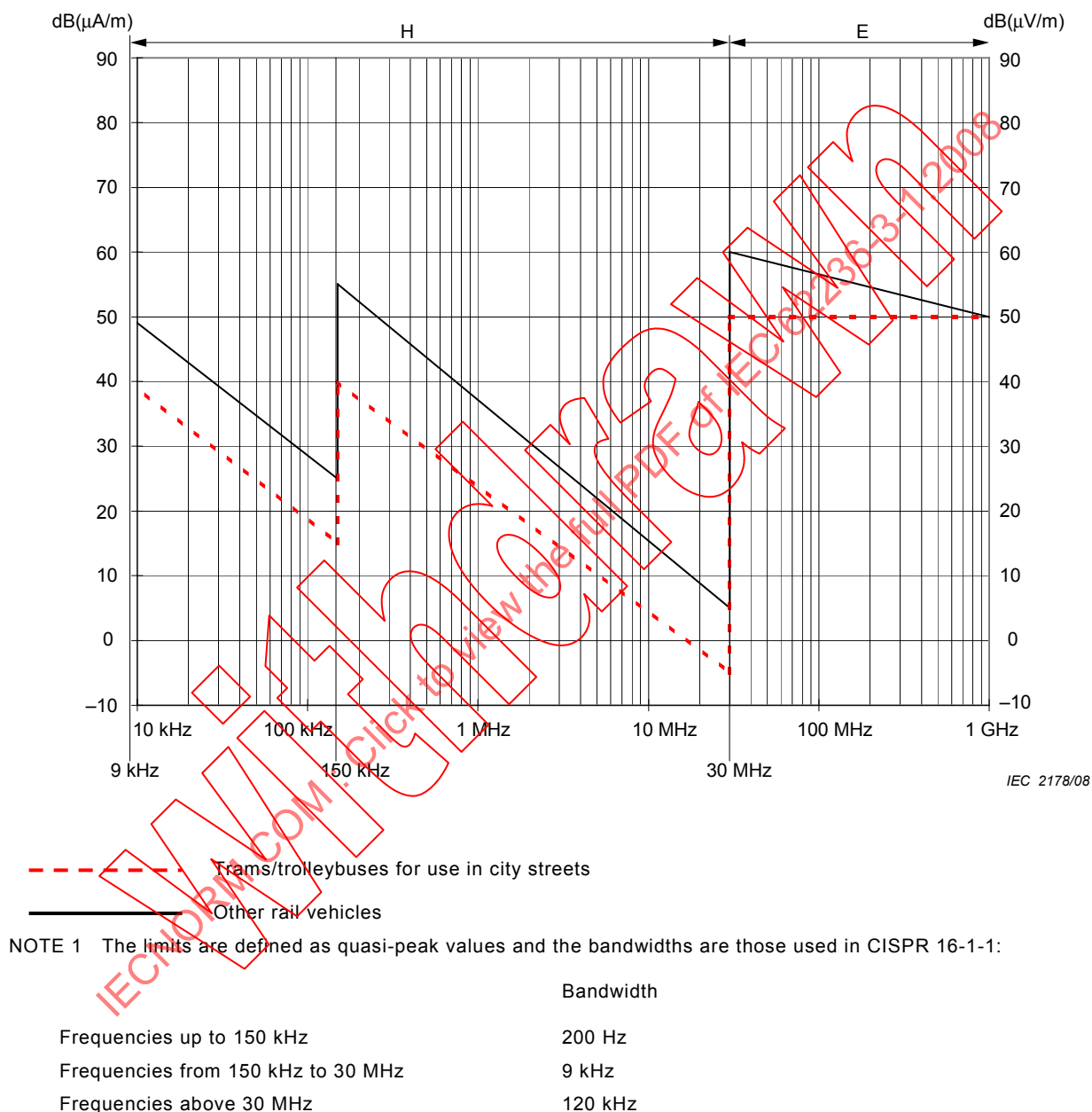
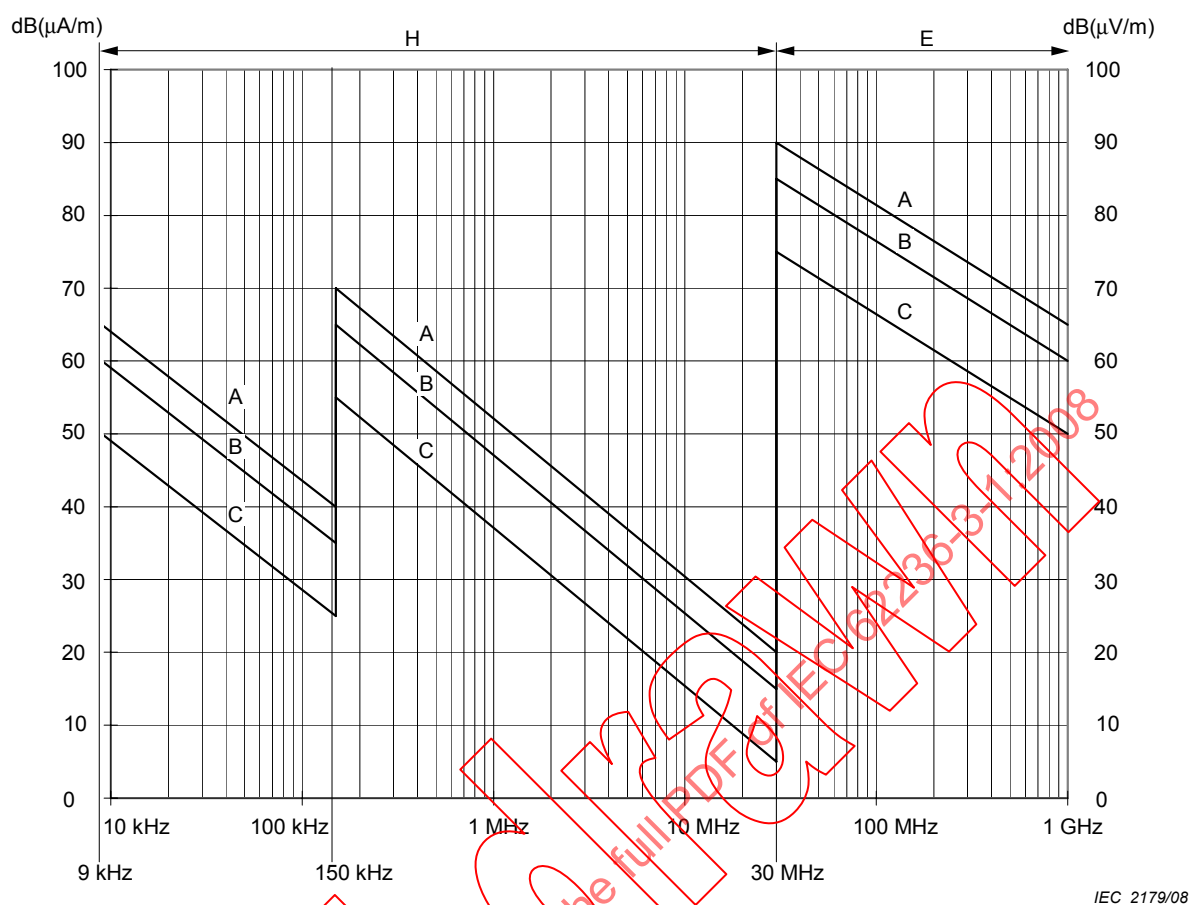


Figure 1 – Limits for stationary test (quasi-peak, 10 m)



NOTE 1 Emission limits

A = 20/25 kV a.c.

B = 15 kV a.c., 3 kV d.c. and 1.5 kV d.c.

C = 750 V and 600 V d.c., including trams/trolleybuses for use in city streets

NOTE 2 For details of test procedure, see Annex B.

NOTE 3 All values measured at a distance of 10 m in peak values.

NOTE 4 For diesel and diesel electric locomotives and multiple units, the emission limits of Figure 1 ("other rail vehicles") and C in Figure 2 shall apply.

NOTE 5 There are very few external radio services operating in the range 9 kHz to 150 kHz with which the railway can interfere. If it can be demonstrated that no compatibility problem exists, any emission level exceeding the relevant limits given in figure 1 and 2 may be acceptable.

Figure 2 – Limits for slow moving test (peak, 10 m)

Annex A (informative)

Interference on telecommunication lines

A.1 Relationship between currents in railway system and noise on telecommunication lines

Conventional telecom copper cables in the vicinity of electrified railway lines are subject to electromagnetic disturbances caused by the currents in the railway system.

These disturbances result in induced longitudinal voltages ranging from the frequency of the fundamental wave to higher frequency harmonics. Sources of the harmonics are converters applied within the traction equipment of the traction stock and/or in the power supply station. Due to imbalances in the cable itself, these longitudinal voltages translate to transverse voltages or noise.

The acceptable level of noise on conventional analogue telephone lines is specified by the ITU-T. The value of this noise is measured with a psophometric filter.

The relationship between the current absorbed by the traction vehicle and the noise on the telecom line is neither under the total control of the vehicle manufacturer nor of the railway and telecommunication network operators.

This relationship depends on:

- the structure of the telecom cables:
 - shielding, isolation to ground, balance of the cable;
- the characteristics of the telecom terminals:
 - susceptibility, input balance;
- the topology of the telecom network:
 - length of parallel sections of the telecom line to the tracks;
 - the distance between tracks and telecom lines;
 - the earth-resistivity;
- the topology of the railway network:
 - single/double track;
- the type of power supply of the catenary:
 - a.c./d.c.;
 - substation ripple (d.c. rectifiers or a.c. 16,7 Hz static converters in some cases);
 - type of catenary and feeder system (e.g. 1×25 kV or 2×25 kV);
 - application of return conductors;
 - single-end or double-end supply of the section under consideration;
- the density of train circulation;
- the current absorption and generation of harmonics of the tractive stock;
- the kind of harmonics superposition from a number of converters.

A.2 Psophometric current definition

The psophometric current is an equivalent disturbance current, which represents the effective disturbance of a current spectrum in a power circuit to a telephone line. It is defined by the equation:

$$I_{\text{pso}} = \frac{1}{p_{800}} \sqrt{\sum (p_f I_f)^2}$$

where

I_f is the current component at frequency f in the contact line current;

p_f is the psophometric weighting.

The values of p_f may be found in the ITU-T Directive „Protection of telecommunications lines against harmful effects from electrical power and electrified railway lines“ (ITU-T O.41).

For measurement purposes, voltage and ampere meters which automatically calculate the signal according to these values of p_f by means of a psophometric filter are available.

A.3 Limits and test conditions

It shall be the responsibility of the purchaser to specify the maximum value of the psophometric current, and the conditions under which it is defined, including duration.

The following conditions shall be covered:

- limits of I_{pso} under normal and under reduced performance conditions (one or more traction converters temporarily out of service);
- in the case of d.c. supply:

d.c. railways are normally fed by diode rectifiers from the 3-phase mains supply. Ideally, a single bridge rectifier produces a 6-pulse shape of voltage (i.e. first harmonic at 300 Hz in a 50 Hz mains) or two bridges produce a 12-pulse shape (i.e. 600 Hz). Due to imbalances in the rectifier and due to induction, a fundamental component at 50 Hz is commonly found.

The presence of filters in the substation greatly reduces the effect of the substation.

Nevertheless, in d.c. systems, the substation is the main source of perturbation.

Thus, to qualify a traction vehicle, the contribution of the rectifier unit and filters of the fixed installation shall be taken into account.

It shall also be necessary to take into account the distance between the traction vehicle and the substation which affects the line inductance;

- in the case of a.c. supply:

if the line voltage distortion has to be taken into consideration, the essential harmonics shall be specified. If special resonance conditions in the catenary system shall be taken into account, it shall be necessary to specify the relevant data. Otherwise, the situation of the vehicle nearest to the supply station is assumed to give the highest value I_{pso} .

A.4 Measurement of the psophometric current

During acceptance tests or investigation tests, the disturbance current I_{pso} shall be measured on board the traction vehicle. Existing current sensors of the vehicle may be used, if their frequency response is sufficient (at least up to 5 kHz). In the case of an a.c. system, the current shall be picked up on the high voltage side of the transformer primary winding, and not on the ground side, as the transformer may have a resonant frequency below 10 kHz.

The psophometric current shall be measured by means of a psophometer or another adequate system which uses filtering according to the psophometric weighting factor p_f .

To obtain additional information about the composition of the spectrum and the sources of disturbance, the use of a dual channel spectrum analyser, applied to vehicle input current and input voltage, is strongly recommended.

The psophometric current should be measured in normal and in reduced operation mode (not all converters operating). The interpretation of the measurement results should take into consideration the influence of operating conditions as well as changes in line inductance and supply voltage.

Effects due to transients (switching in the power circuits, pantograph bouncing, third rail/fourth rail gaps, etc.) should be kept out of the evaluation.

A.5 Calculation of the overall psophometric current of a trainset

Typically, the total current of a trainset is not available. Instead of installing a special measuring system which can generate an image of the total current from sensors distributed over the whole trainset, it is normally sufficient to pick up the current of one tractive unit of the trainset.

If the psophometric current is being measured at one power terminal of a trainset and this trainset has „ n “ terminals, the overall current shall be calculated according to the rules given in the following subclauses.

A.5.1 DC systems

DC railways are normally fed by diode rectifiers from the three phase supply. If no special filters are applied, the ripple of the rectifier output contributes considerably to the psophometric current absorbed by vehicles in the supply section:

– d.c. systems with dominating rectifier ripple

(vehicles with camshaft control; vehicles with chopper or inverter control, substation with 6-pulse rectifier without filtering),

$$I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (one unit)}}$$

– d.c. systems with converters on the vehicle and low rectifier ripple

$I_{\text{pso (total)}}$ may be less than $I_{\text{pso (one unit)}}$, for choppers operating in interlaced mode,

$I_{\text{pso (total)}} = \sqrt{n} \times I_{\text{pso (one unit)}}$, for choppers operating without synchronisation or for inverters directly connected to the power supply.

A.5.2 AC systems

The psophometric current generated by vehicles in the supply section depends mainly on the type of converter used on board the vehicle:

– a.c. systems with phase controlled converters

$I_{\text{pso (total)}} = \sqrt{n} \times I_{\text{pso (one unit)}}$. This seems to be based on a statistical mix of vehicle types, speeds and actual current consumption. But recent experience with high power trainsets shows that this $\sqrt{n}$ -law is not applicable in the case of equal speeds, equal power and equal vehicle types, when $I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (one unit)}}$ applies

– a.c. systems with 4 quadrant converters (4QC, pulse width modulated line converter)

$I_{\text{pso (total)}} < I_{\text{pso (one unit)}}$, if 4QC operate in interlaced mode (normal operating condition),
 $I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (one unit)}}$, if n equal units operate in non-interlaced mode.

Annex B (normative)

Radiated electromagnetic disturbances – Test procedure

B.1 Purpose

This annex describes a measurement method for evaluation and qualification of a complete railway vehicle or train concerning the noise generated in the range 9 kHz to 1 GHz. It fulfils most of the IEC 62236-2 measurement method recommendations but provides simplified features which significantly reduce the whole test duration.

B.2 Measuring equipment and test method

To reduce test duration, the frequency scanning technique is used. This can be done either by a spectrum analyser or a computer controlled receiver. Each frequency range is divided into several subranges.

Each evaluation of a train or a vehicle consists in doing a test of each subrange.

The apparatus shall scan this subrange continuously and memorise the maximum values reached during the test. This can be achieved by the „peak hold“ function or under computer control of the apparatus. This method assumes that the level and characteristics of electromagnetic noise do not vary significantly during each scan.

The position, location, type and other features concerning the antennas are the same as described in IEC 62236-2.

The measuring apparatus shall be in accordance with the CISPR 16-1-1 requirements described in 4.2: „Peak measuring receivers for the frequency range 9 kHz to 1 GHz“. However, for the 9 kHz to 150 kHz range (band A), the 200 Hz bandwidth may give the following problems.

- it is not always available in standard spectrum analysers;
- the scan duration is excessive for moving sources;

This would make it necessary to multiply the number of subranges which is contrary to the objective of the method.

For these reasons, the bandwidth for band A may be higher and 1 kHz is a convenient value. Proper corrections shall be carried out on the measurement results assuming that the noise is a broad band white noise.

Table B.1 may be used as a guideline for the test:

Table B.1 – Guideline for test

Band	Subrange Hz	Span ^a Hz	Bandwidth kHz	Sweep time ^b ms
A	9 k - 59 k	50 k	1	300
	50 k - 150 k	100 k	1	300
B	150 k - 1,15 M	1 M	9 or 10	37
	1 M - 11 M	10 M	9 or 10	370
	10 M - 20 M	10 M	9 or 10	370
	20 M - 30 M	10 M	9 or 10	370
C/D	30 M - 230 M	200 M	100 or 120	42
	200 M - 500 M	300 M	100 or 120	63
	500 M - 1 G	500 M	100 or 120	100
^a For a spectrum analyser.				
^b May be slightly different from one instrument to another.				

NOTE If using a standard low cost spectrum analyser, care should be taken to always use the apparatus within the manufacturer guaranteed limits (input attenuation, intermediate frequency gains, etc.) and ensure a proper calibration. It also may be necessary to check the accuracy of the instrument over the whole frequency range with a reference signal prior to testing.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62236-3-1:2008

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	19
INTRODUCTION.....	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives.....	22
3 Termes et définitions	23
4 Applicabilité.....	23
5 Essais d'immunité et limites	23
6 Essais d'émission et limites.....	24
6.1 Compatibilité avec les systèmes de signalisation et de communication.....	24
6.2 Perturbations des lignes de télécommunication	24
6.2.1 Lignes de télécommunication numériques	24
6.2.2 Lignes de télécommunication analogiques.....	24
6.3 Perturbations électromagnétiques rayonnées	25
6.3.1 Site d'essai.....	25
6.3.2 Conditions d'essai	25
6.3.3 Limites d'émission	27
Annexe A (informative) Perturbations affectant les lignes de télécommunication.....	29
Annexe B (normative) Perturbations électromagnétiques rayonnées – Procédure d'essai.....	33
Figure 1 – Limites pour l'essai stationnaire (quasi-crête, 10 m).....	27
Figure 2 – Limites pour l'essai à faible vitesse (crête, 10 m)	28
Tableau B.1 – Guide pour l'essai	34

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 3-1: Matériel roulant –
Trains et véhicules complets****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 62236-3-1 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 50121-3-1:2006.

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

- incorporation des limites d'émission pour les véhicules urbains opérant dans les rues des villes.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1186/FDIS	9/1214/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 norme de produit concernant le matériel roulant fixe des limites pour les émissions et l'immunité électromagnétiques afin d'assurer le bon fonctionnement du système dans son environnement.

Les limites d'immunité ne sont pas données pour le véhicule complet. La Partie 3-2 de cette norme définit les exigences pour les appareils installés à bord du matériel roulant puisqu'il est impossible, en pratique, de soumettre l'unité complète aux essais. Il convient qu'un plan de CEM soit établi pour les équipements couverts par la présente partie de la CEI 62236.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62236-3-1:2008

Withdawn

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62236 spécifie les exigences d'émission et d'immunité pour tous les types de matériel roulant. Elle s'applique au matériel de traction et aux rames y compris les véhicules de transport urbain.

La plage de fréquence concernée va du courant continu à 400 GHz. Aucune mesure n'est nécessaire aux fréquences pour lesquelles aucune prescription n'est spécifiée.

Le domaine d'application de cette norme s'arrête à l'interface du matériel roulant avec ses entrées et sorties d'énergie respectives. Dans le cas des locomotives, des rames, des tramways, etc. il s'agit du collecteur de courant (pantographe, frotteur). Dans le cas du matériel remorqué, il s'agit du connecteur de puissance auxiliaire en courant alternatif ou en courant continu. Cependant, comme le collecteur de courant fait partie du matériel de traction, il n'est pas complètement possible d'exclure les effets de cette interface avec la ligne d'alimentation en énergie. Le test à vitesse lente a été conçu pour minimiser ces effets.

Fondamentalement, il convient que tous les équipements devant être intégrés dans un véhicule respectent les exigences de la Partie 3-2 de cette norme. Dans des cas exceptionnels, quand un équipement respecte une autre norme CEM, mais que la pleine conformité avec la Partie 3-2 n'est pas démontrée, il convient que la CEM soit assurée par des mesures adéquates d'intégration de l'équipement dans le véhicule et/ou par une analyse CEM appropriée et un essai qui justifie la déviation par rapport à la Partie 3-2.

Les interférences électromagnétiques relatives au système ferroviaire dans son ensemble sont traitées dans la CEI 62236-2.

Ces dispositions spécifiques sont destinées à être utilisées conjointement avec les dispositions générales de la CEI 62236-1.

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 62236-1, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 1: Généralités*

CEI 62236-2, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 2: Emission du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur*

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

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

CISPR 16-1-1, *Spécification des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Partie 1-1: Appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques – Appareils de mesure*

UIT-T, *Directive concernant la protection des lignes de télécommunications contre les effets nuisibles provenant de l'énergie électrique et des lignes ferroviaires électrifiées – Volume VI: Danger et perturbations*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

matériel de traction

locomotives électriques et diesel, rames grande vitesse, unités multiples électriques et diesel (pas de locomotive, chaque voiture ayant son propre équipement de traction) pour véhicules grandes lignes, véhicules ferroviaires légers tels que les rames de métro, les tramways, etc., pour les véhicules urbains

3.2

matériel remorqué

toute voiture indépendante pour voyageurs et tout wagon pour le fret (s'ils contiennent des appareils électriques tels que des équipements de réfrigération) qui peuvent être remorqués en combinaisons aléatoires par différents types de locomotives

3.3

véhicules grandes lignes

véhicules tels que les trains à grande vitesse, les trains suburbains, les trains de marchandise, conçus principalement pour circuler entre villes

3.4

véhicules urbains

véhicules tels que les rames de métro, les tramways, LRV (véhicules légers sur rail), les trolleybus, conçus principalement pour circuler en ville

4 Applicabilité

En général, il n'est pas possible de tester la compatibilité électromagnétique en étudiant chaque fonction du matériel. Les essais doivent être réalisés sous des modes de fonctionnement typiques considérés comme générateurs des émissions les plus élevées.

La configuration et le mode de fonctionnement doivent être spécifiés dans le plan d'essai et les conditions réelles pendant les essais doivent être notées de manière précise dans le rapport d'essai.

5 Essais d'immunité et limites

On n'applique aucun essai au véhicule complet mais les essais d'immunité et les limites de la Partie 3-2 de cette norme ont été choisis en sachant qu'il convient que le véhicule présente une immunité à un niveau de 20 V/m sur la plage de fréquences 0,15 MHz à 2 GHz. On considère que l'assemblage des appareils dans un véhicule complet offrira l'immunité

adéquate, sous réserve qu'un plan CEM ait été établi et mis en place, en prenant en compte les limites de la Partie 3-2 de cette norme.

6 Essais d'émission et limites

Il convient que les essais d'émission et les limites pour le matériel roulant donnés par cette norme assurent, dans la mesure du possible, que le matériel roulant ne crée pas de perturbations qui affectent les installations types qui se trouvent à proximité du système ferroviaire.

Les mesures doivent être réalisées dans des conditions bien définies et reproductibles. Il n'est pas possible de séparer totalement les effets du système ferroviaire et du matériel en essai. Par conséquent, l'opérateur et le constructeur doivent définir dans le contrat les conditions d'essais et le site d'essai pour la compatibilité avec les systèmes de signalisation et de communication et pour les perturbations affectant les lignes de télécommunications (par exemple conditions de charge, vitesse et configuration des unités). Pour les émissions rayonnées, les conditions d'essai sont définies en 6.3.1 et 6.3.2. Les contributions sur les mesures des autres éléments du système ferroviaire (par exemple sous-stations, signalisation) et de l'environnement extérieur (par exemple lignes électriques, sites industriels, émetteurs de radio et de télévision) doivent être connues et prises en compte.

6.1 Compatibilité avec les systèmes de signalisation et de communication

Les systèmes de signalisation, de radio des trains et les autres systèmes ferroviaires (compteurs d'essieux, circuits de voies, systèmes de surveillance des trains, etc.) sont différents d'un pays à l'autre en matière de fréquences de fonctionnement et de formes d'ondes. C'est pourquoi les exigences d'émission doivent être spécifiées selon le type de système de signalisation et de communication utilisés (voir la CEI 62427).

Les exigences doivent tenir compte des sources de perturbations autres que le matériel roulant, y compris les systèmes radio des trains et les systèmes de signalisation eux-mêmes, et des effets des transitoires dues au mauvais contact, aux décollements de pantographe, aux discontinuités du troisième rail, etc.

6.2 Perturbations des lignes de télécommunication

6.2.1 Lignes de télécommunication numériques

Les perturbations avec les systèmes numériques tels que les PCM, RNIS, ne sont pas traitées dans cette norme.

6.2.2 Lignes de télécommunication analogiques

Les harmoniques du courant de traction d'un système ferroviaire peuvent induire du bruit dans un système de télécommunication analogique conventionnel. Le niveau acceptable de bruit sur les lignes téléphoniques analogiques conventionnelles est spécifié par l'UIT-T. La valeur de ce bruit est mesurée avec un filtre psophométrique. La relation entre le courant absorbé ou généré par le véhicule de traction et le bruit dans la ligne téléphonique n'est pas sous le contrôle total du constructeur du véhicule ni sous celui de l'opérateur du réseau (pour les détails voir l'article A.1). Ainsi, il doit être de la responsabilité de l'acheteur du matériel de traction, conformément aux règles des contrôleurs d'infrastructure, de spécifier une limite de courant pondérée en fréquence à l'interface du véhicule.

Une méthode couramment utilisée consiste à spécifier le courant psophométrique I_{pso} qui a une pondération de fréquence psophométrique. Les données de base et l'application de cette méthode sont décrites à l'Annexe A. Comme on sait que la méthode I_{pso} ne représente pas complètement l'effet de bruit des harmoniques autour du kHz, d'autres méthodes de remplacement pour la pondération de fréquence peuvent être spécifiées par l'acheteur.

6.3 Perturbations électromagnétiques rayonnées

6.3.1 Site d'essai

Le site d'essai doit remplir, dans la mesure du possible, les exigences „d'espace libre“ indiquées ci-dessous avec les contraintes existantes de l'environnement ferroviaire:

- il ne doit pas y avoir d'arbres, de murs, de ponts, de tunnels ou de véhicules près du point de mesure, distance minimale de séparation:
 - 30 m pour les véhicules grandes lignes,
 - 10 m pour les véhicules urbains;
- comme il est impossible d'éviter les pylônes porteurs du réseau aérien, le point de mesure doit se situer au point milieu entre pylônes du côté opposé de la voie (en cas de voie double, du côté de la voie utilisée). Si le système ferroviaire est alimenté par un troisième rail, l'antenne doit se situer du même côté de la voie (cas le plus défavorable);
- Il est recommandé que la caténaire/le troisième rail soit une ligne „infinie“ des deux côtés du point de mesure et il convient que la longueur minimale sans perturbations des deux côtés du point de mesure soit de:
 - 3 km pour les véhicules grandes lignes;
 - 500 m pour les véhicules urbains.

Il convient d'éviter les discontinuités de la caténaire/du troisième rail, de même que les sous-stations, les transformateurs, les sections neutres, les isolateurs de section, etc.

Comme des résonances peuvent apparaître dans la ligne aérienne en radiofréquences, il peut être nécessaire de changer de site d'essai. La situation géographique précise du site d'essai ainsi que les caractéristiques de ce site et l'agencement du système d'alimentation doivent être notés.

La contribution de la sous-station peut être considérée quand on évalue les émissions du véhicule. Il convient de noter que la contribution d'une sous-station cc dépend de son courant de charge et ne sera pas mesurée correctement à vide;

- il convient d'éviter une trop grande proximité avec les lignes électriques y compris les lignes enterrées, les sous-stations, etc.
- il convient qu'aucun autre véhicule ferroviaire ne fonctionne dans la même section d'alimentation ou sur une distance de
 - 20 km pour les véhicules grandes lignes;
 - 2 km pour les véhicules urbains.

Si ces conditions ne peuvent pas être remplies, on doit enregistrer le bruit ambiant avant et après chaque mesure d'émission du véhicule en essai. Sinon, deux mesures du bruit ambiant au début et à la fin de la série d'essais suffisent.

Si le bruit ambiant est supérieur aux valeurs limites moins 6 dB à des fréquences spécifiques ou dans des plages de fréquences spécifiques, il n'est pas nécessaire de tenir compte des mesures à ces fréquences. Ces fréquences doivent être notées dans le rapport d'essai.

6.3.2 Conditions d'essai

Les essais doivent couvrir le fonctionnement de tous les systèmes à bord du matériel roulant qui peuvent être à l'origine d'émissions rayonnées.

Le matériel remorqué doit être soumis aux essais à l'état stationnaire mais en étant sous tension (convertisseurs auxiliaires, chargeurs de batteries, etc., en fonctionnement). L'antenne doit être située en face de l'équipement supposé générer les plus fortes émissions aux fréquences de mesure.

Le matériel de traction doit être soumis aux essais à l'état stationnaire et à faible vitesse. Pendant l'essai stationnaire, les convertisseurs auxiliaires doivent fonctionner (ce n'est pas

obligatoirement dans des conditions de charge maximale que le niveau d'émission maximal est produit) et les convertisseurs de traction doivent être sous tension mais ils ne doivent pas fonctionner. L'antenne doit être placée en face du centre du véhicule sauf si une autre position est supposée produire des niveaux d'émission plus élevés.

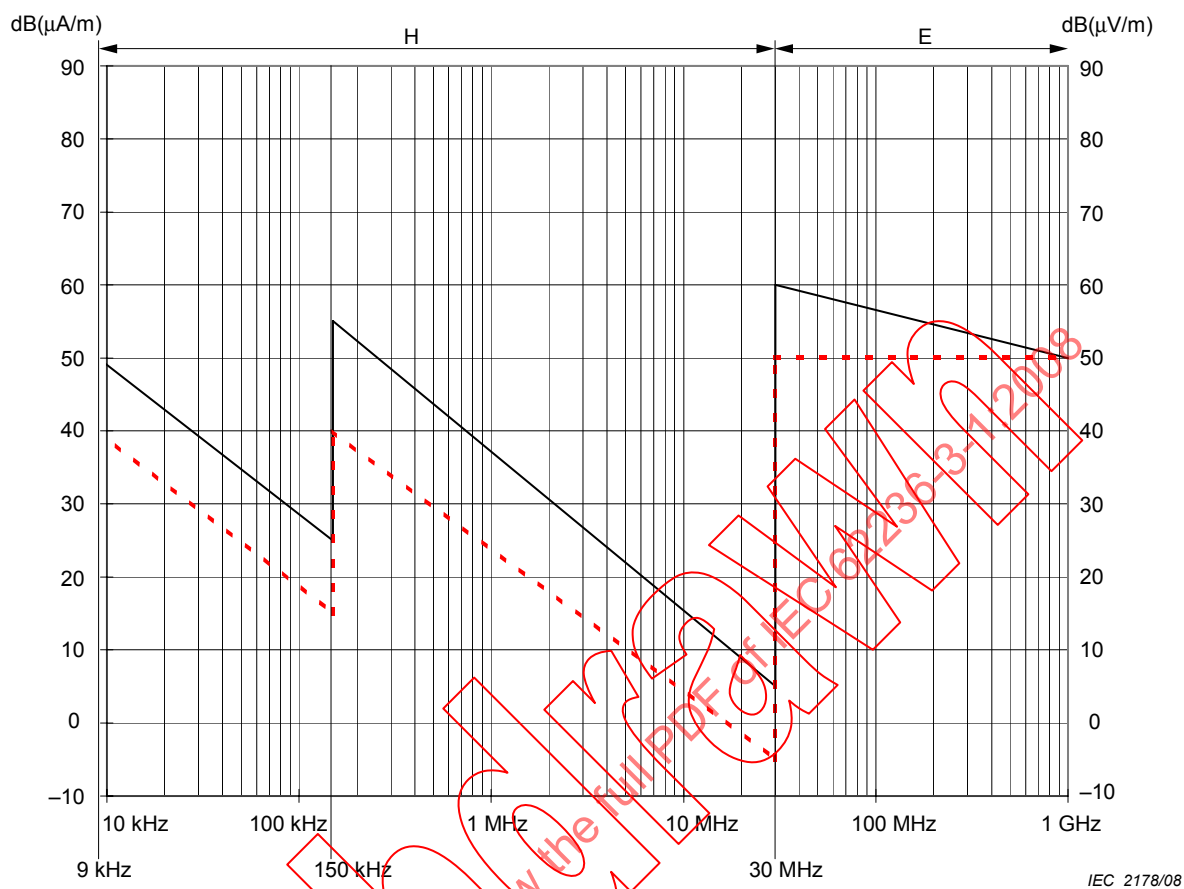
Pour l'essai à faible vitesse, la vitesse doit être suffisamment faible pour éviter les arcs ou les décollements au niveau du contact glissant et suffisamment élevée pour permettre le freinage électrique. La plage de vitesse recommandée est de (20 ± 5) km/h pour les véhicules urbains et (50 ± 10) km/h pour les véhicules grandes lignes. Lorsqu'il passe au niveau de l'antenne, le véhicule doit accélérer ou décélérer avec environ 1/3 de son effort de traction maximal dans la plage de vitesse donnée.

L'essai à faible vitesse peut être remplacé par un essai stationnaire, le véhicule fonctionnant à 1/3 de son effort de traction maximal freins mécaniques serrés, si les conditions suivantes sont remplies:

- l'équipement de traction permet le fonctionnement à l'état stationnaire;
- les essais de freinage électrique ne sont pas nécessaires, si on n'utilise pas de circuits différents pour le freinage.

Si l'essai à faible vitesse est remplacé par un essai stationnaire avec effort de traction, alors les limites de l'essai à basse vitesse doivent être appliquées. La décision de procéder à l'essai stationnaire avec effort de traction doit être justifiée dans le rapport d'essai.

6.3.3 Limites d'émission



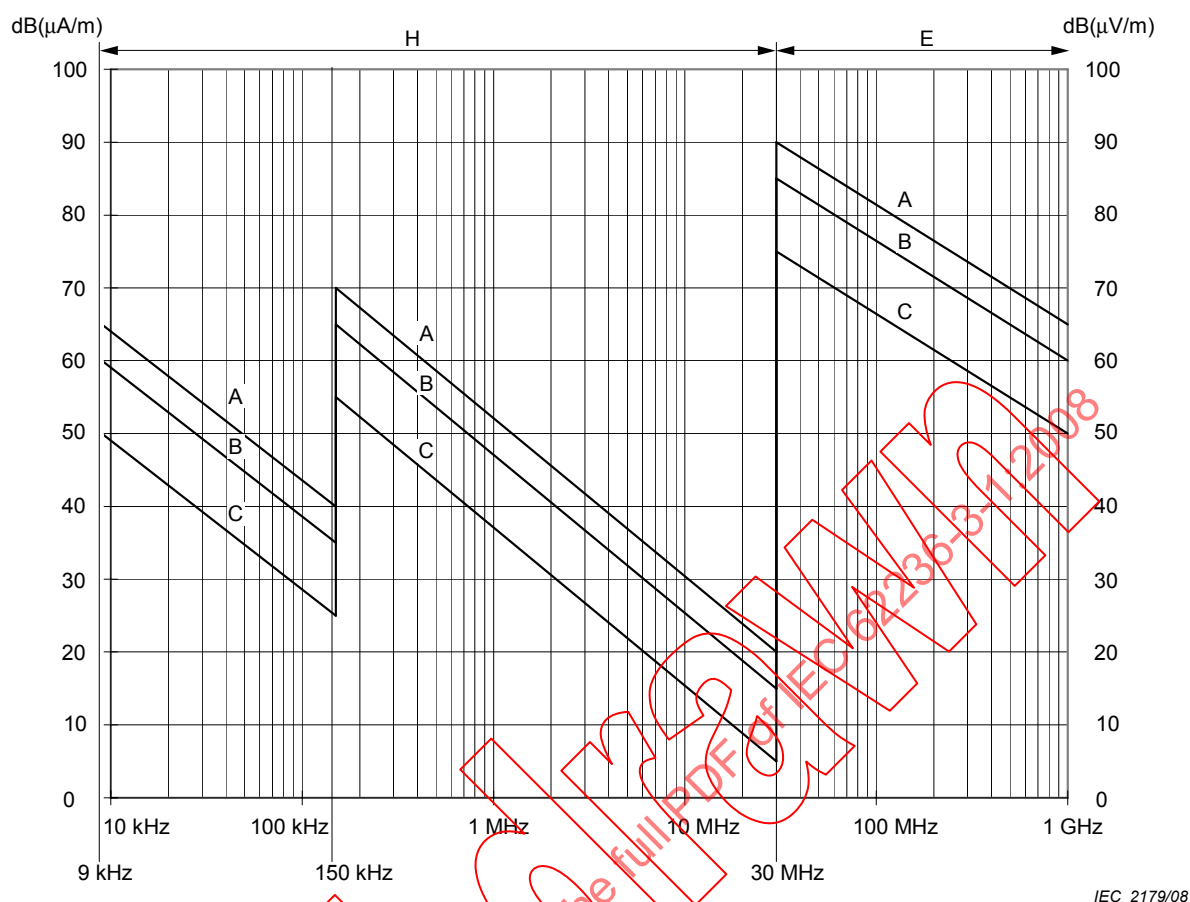
--- Tramways/trolleybus utilisés dans les rues des villes
 — Autres véhicules sur rails

NOTE 1 Les limites sont définies en valeurs quasi-crête et les largeurs de bande sont celles du CISPR 16-1-1:

	Largeur de bande
Fréquences jusqu'à 150 kHz	200 Hz
Fréquences de 150 kHz à 30 MHz	9 kHz
Fréquences au-dessus de 30 MHz	120 kHz

NOTE 2 Toutes les valeurs sont mesurées à une distance de 10 m.

Figure 1 – Limites pour l'essai stationnaire (quasi-crête, 10 m)



NOTE 1 Limites d'émission

A = 20/25 kV c.a.

B = 15 kV c.a., 3 kV c.c. et 1,5 kV c.c.

C = 750 V et 600 V c.c. y compris les tramways/trolleybus utilisés dans les rues des villes

NOTE 2 Pour les détails de la procédure d'essai, voir l'Annexe B.

NOTE 3 Toutes les valeurs sont mesurées à une distance de 10 m en valeurs crête.

NOTE 4 Pour les unités multiples et les locomotives diesel et diesel électriques, les limites d'émission de la Figure 1 ("autres véhicules sur rails") et C de la Figure 2 doivent s'appliquer.

NOTE 5 Il y a très peu de services radio externes fonctionnant dans la gamme 9 kHz à 150 kHz avec lesquels le chemin de fer peut interférer. Tout dépassement des limites correspondantes en figure 1 et 2 peut être acceptable s'il peut être démontré qu'aucun problème de compatibilité existe.

Figure 2 – Limites pour l'essai à faible vitesse (crête, 10 m)