

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 © 2018 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

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

ICS 33.100; 45.060.01

ISBN 978-2-8322-5308-3

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions and abbreviated terms	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms.....	7
4 Applicability.....	8
5 Immunity requirements	8
6 Emission tests and limits	8
6.1 General.....	8
6.2 Interference on outside party telecommunication lines	8
6.2.1 Digital telecommunication lines.....	8
6.2.2 Analogue telecommunication lines	9
6.3 Radiated electromagnetic disturbances.....	9
6.3.1 Test site	9
6.3.2 Test conditions	9
6.3.3 Emission limits.....	11
Annex A (informative) Interference on telecommunication lines.....	13
A.1 Harmonics in the traction current	13
A.1.1 General	13
A.1.2 Relationship between currents in railway system and noise on telecommunication lines	13
A.2 Psophometric current definition.....	14
A.3 Limits and test conditions.....	14
A.4 Measurement of the psophometric current	15
A.5 Calculation of the overall psophometric current of a trainset	15
A.5.1 Current of one tractive unit	15
Annex B (normative) Radiated electromagnetic disturbances – Test procedure.....	17
B.1 Purpose	17
B.2 Measuring equipment and test method.....	17
Annex C (informative) Emission values for lower frequency range	18
Bibliography.....	20
Figure 1 – Limits for stationary test (quasi-peak, 10 m).....	11
Figure 2 – Limits for slow moving test (peak, 10 m).....	12
Figure C.1 – Emission values for stationary rolling stock.....	18
Figure C.2 – Emission values for slow moving rolling stock.....	19
Table B.1 – Guideline for test	17

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 third edition cancels and replaces the second edition published in 2008. It constitutes a technical revision and has been developed on the basis of EN 50121-3-1:2015.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) clarification of scope (Clause 1);
- b) clarification of definitions (Clause 3);
- c) clarification of applicability (Clause 4);
- d) clarification of interference on outside party telecommunication lines (6.2), psophometric current (Annex A);

- e) moving emission values for radiated H-field in the frequency range 9 kHz to 150 kHz into new Annex C due to the fact that:
- there are very few outside world victims (e.g. radio services),
 - the radiated emission measured at 10 m is not representative of the compatibility with internal railway apparatus,
 - the EMC with other railway apparatus in this frequency range is covered in other procedures and standards like IEC 62427 series,
 - there is low reproducibility.

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 62236-1.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
9/2337/FDIS	9/2367/RVD

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

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

A list of all parts in the 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 document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

INTRODUCTION

High powered electronic equipment, together with low power microcontrollers and other electronic devices, is being installed on trains in great numbers. Electromagnetic compatibility has therefore become a critical issue for the design of train-related apparatus as well as of the train as a whole.

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 series defines requirements for the apparatus installed in the rolling stock, since it is impractical to test the complete unit. An EMC plan includes equipment covered by this document.

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, hauled stock and trainsets including urban vehicles for use in city streets. This document specifies the emission limits of the rolling stock to the outside world.

The scope of this document ends at the interface of the rolling stock with its respective energy inputs and outputs. In the case of traction units, trainsets, trams, etc., this is the current collector (pantograph, shoe gear). In the case of hauled stock, this is the AC or DC 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 minimize these effects.

There may be additional compatibility requirements within the railway system identified in the EMC plan (e.g. as specified in IEC 62427).

Electromagnetic emissions of the railway system as a whole are dealt with in IEC 62236-2.

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

The frequency range considered is from 0 Hz (DC) to 400 GHz. No measurements need to be performed at frequencies where no requirement is specified.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 62236-1:2018, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 1: General*

IEC 62236-2:2018, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world*

IEC 62236-3-2:2018, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*

CISPR 16-1-1:2015, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Measuring apparatus*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

traction stock

electric and diesel traction unit, high speed trainset, elementary fixed combination of traction stock and hauled stock, electric and diesel multiple unit (no traction unit, distributed traction equipment), Light Railway Vehicle (LRV), such as tram, trolley bus or any other electrical vehicle for urban mass transit, underground trainset

3.1.2

hauled stock

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 traction units

3.1.3

main line vehicles

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

3.1.4

urban vehicles

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

3.2 Abbreviated terms

AC	Alternating current
BW	Band width
DC	Direct current
E	Electric (field)
EMC	Electromagnetic compatibility
EUT	Equipment under test
H	Magnetic (field)
ISDN	Integrated Services Digital Network
ITU-T	International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector
LRV	Light rail vehicle
PCM	Pulse – code modulation
QC	Quadrant converters
QP	Quasi-Peak
xDSL	All types of digital subscriber lines

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 typical operating mode shall require all systems to be energised which are normally in continuous operation during service. It is not necessary during the test to exercise systems which operate transiently such as for example operation of internal doors, although they should be energised. It is not necessary to test degraded modes of operation.

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 requirements

No tests are applied to the complete vehicle. 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 requirements in IEC 62236-3-2.

In exceptional cases, where apparatus meets another EMC Standard, but full compliance with IEC 62236-3-2 is not demonstrated, EMC shall be ensured by adequate integration measures of the apparatus into the vehicle system and/or by an appropriate EMC analysis and test which justifies deviating from IEC 62236-3-2.

6 Emission tests and limits

6.1 General

The emission tests and limits for rolling stock in this document 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. For radiated emissions, the test conditions are defined in 6.3.1 and 6.3.2.

NOTE 1 Signalling and communication, 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, compatibility requirements are specified according to the type of signalling and communication systems used.

NOTE 2 There can be cases in which radio or other railway external services with working frequencies below 150 kHz are in operation close to the railway. The EMC plan covers these cases and an adequate level of emission from railway on these working frequencies may be found in the values given in informative Annex C, hence no guarantee can be given for an undisturbed operation.

6.2 Interference on outside party telecommunication lines

6.2.1 Digital telecommunication lines

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

It should be noted that these systems operate in a higher frequency range using multiple carriers and various automatic error correction protocols.

It is considered unlikely that rolling stock can produce sufficient interference in this frequency range.

6.2.2 Analogue telecommunication lines

No harmonized limits apply.

Information about interference on telecommunication lines can be found in Annex A.

6.3 Radiated electromagnetic disturbances

6.3.1 Test site

It can be assumed that measurements will not take place in laboratory conditions. Trees, walls, bridges, tunnels or other conductive objects in the vicinity of the measurement antenna could have an impact on the measurement. Other railway vehicles operating in the same feeding section or nearby the measuring point may affect the measurement result. Overhead/third rail discontinuities as well as substations, power lines, buried lines, transformers, neutral sections, section insulators, etc., close to the measuring point may cause additional variations.

These influences shall be reduced as far as practical but in any case no obstacles above rail level which may influence the measurements shall be located between antenna and EUT.

The overhead/third rail should be a continuous line as far as practical on both sides of the measurement point (typically at least 200 m).

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).

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 DC substation depends on its load current and will not be measured properly in a no-load condition.

At the beginning and at the end of the test series the ambient noise shall be recorded. This measurement shall be done without any influence of the vehicle.

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

NOTE It is helpful to perform this ambient noise measurement also with the vehicle completely powered down in front of the antenna.

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 (a representative version) 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.

Tests for identical coaches or wagons are performed only once.

Traction stock shall be tested while 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 shall be in front of the middle of each vehicle 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:

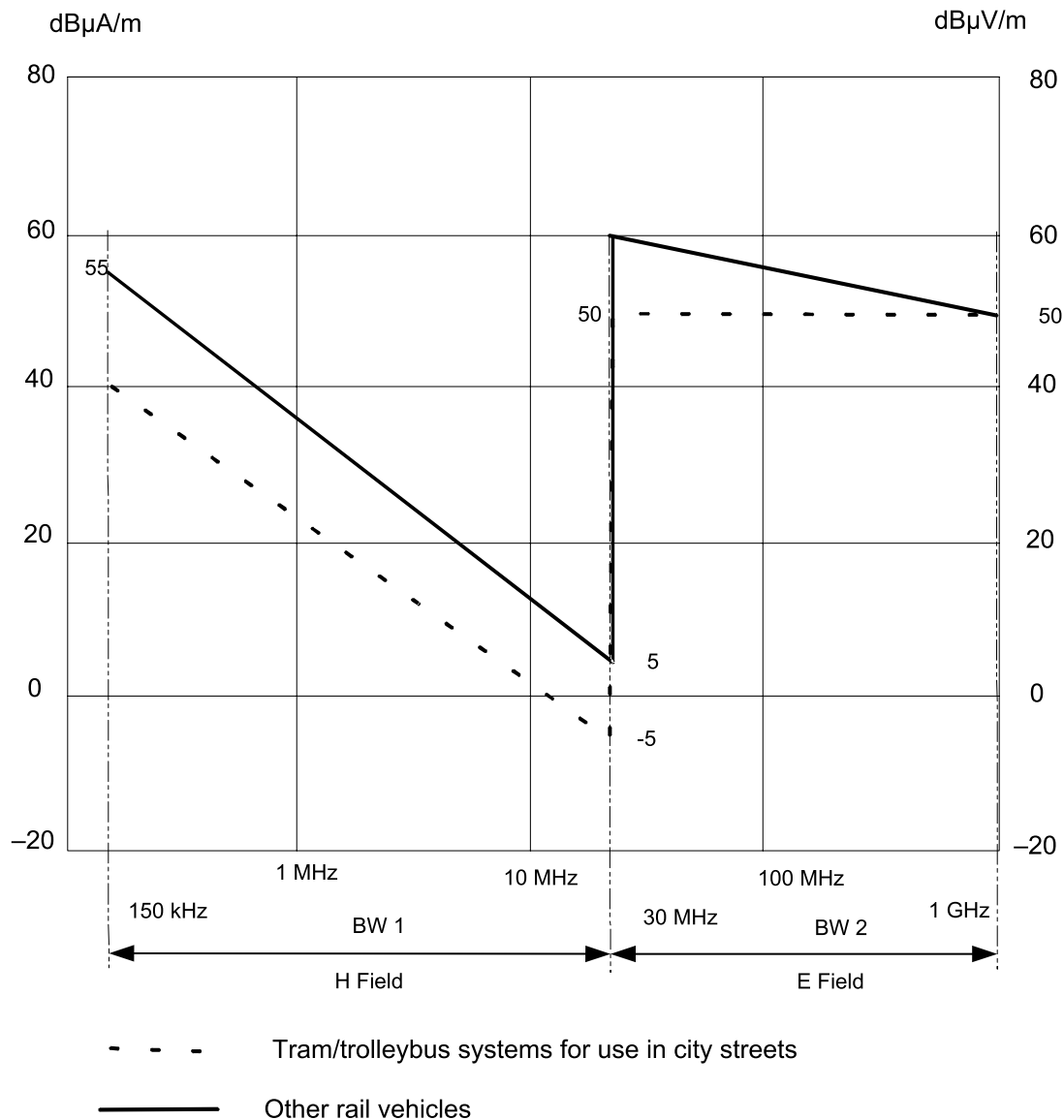
- the traction equipment can be operated while the vehicle is stationary;
- tests of electric braking are not required, if no different circuits are used in braking.

If the slow moving test is replaced by a stationary test with tractive effort, then the slow moving limits apply.

Any vehicles using onboard energy storage for traction shall use the test procedure and limits for slow moving test for the charging process.

NOTE Slow moving test procedure and limits are used for charging process (for traction energy storing devices) because it has a short duration with high energy transfer.

6.3.3 Emission limits



IEC

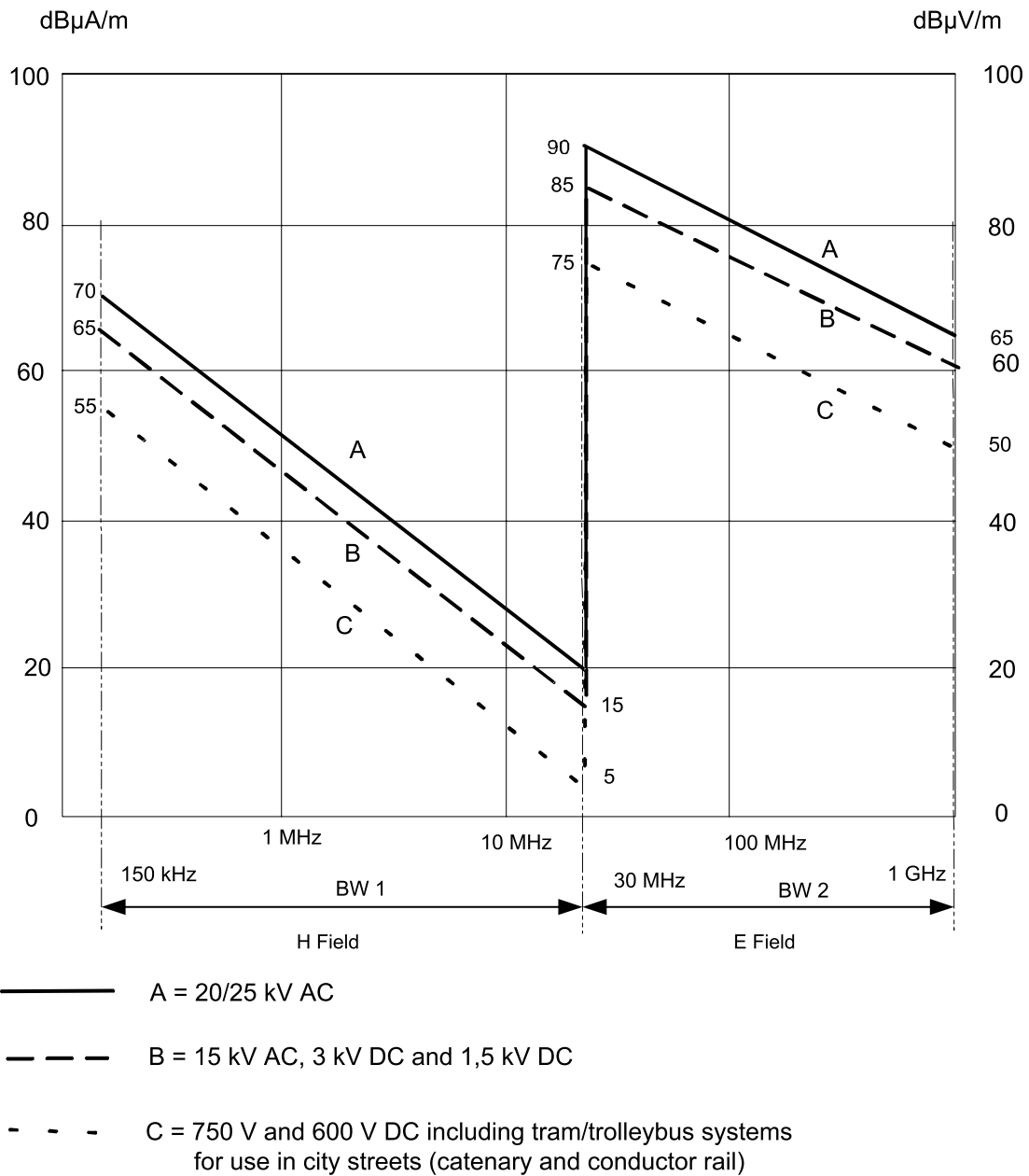
Figure 1 – Limits for stationary test (quasi-peak, 10 m)

The limits are defined as quasi-peak values and the bandwidths are those used in CISPR 16-1-1:

	Bandwidth
Frequencies from 150 kHz to 30 MHz	9 kHz (BW 1)
Frequencies from 30 MHz to 1 GHz	120 kHz (BW 2)

All values are measured at a distance of 10 m from the centre of the track.

The emission limits are specified up to 1 GHz due to the fact that there are no significant sources of interference above 1 GHz and that emissions from microprocessor controlled equipment which may give rise to emissions at frequencies greater than 1 GHz are addressed by compliance with IEC 62236-3-2.



IEC

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

For details of test procedure, see Annex B.

All values are measured at a distance of 10 m from the centre of the track in peak values.

For diesel and diesel electric traction units and multiple units, the emission limits of Figure 1 (“other rail vehicles”) and B in Figure 2 shall apply unless specific measures dictate otherwise (e.g. usage in lower voltage electrified lines).

The emission limits are specified up to 1 GHz due to the fact that there are no significant sources of interference above 1 GHz and that emissions from microprocessor controlled equipment which may give rise to emissions at frequencies greater than 1 GHz are addressed by compliance with IEC 62236-3-2.

Annex A (informative)

Interference on telecommunication lines

A.1 Harmonics in the traction current

A.1.1 General

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. Thus, it is the responsibility of the purchaser of the tractive stock in accordance with the rules of the infrastructure manager 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 this Annex. 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.

A.1.2 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:

- a) the structure of the telecom cables
 - 1) shielding, isolation to ground, balance of the cable;
- b) the characteristics of the telecom terminals
 - 1) susceptibility, input balance;
- c) the topology of the telecom network
 - 1) length of parallel sections of the telecom line to the tracks;
 - 2) the distance between tracks and telecom lines;
 - 3) the earth-resistivity;
- d) the topology of the railway network

- 1) single/double track;
- e) the type of power supply of the catenary
 - 1) AC / DC;
 - 2) substation ripple (DC rectifiers or AC 16,7 Hz static converters in some cases);
 - 3) type of catenary and feeder system (e.g. 1 × 25 kV or 2 × 25 kV);
 - 4) application of return conductors;
 - 5) single-end or double-end supply of the section under consideration;
- f) the density of train circulation;
- g) the current absorption and generation of harmonics of the tractive stock;
- h) 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 formula:

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

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 Directives ITU-T O.41 and ITU-T K.68.

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 is 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 are covered:

- a) Limits of I_{pso} under normal and under reduced performance conditions (one or more traction converters temporarily out of service).
- b) In the case of DC supply:

DC 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 DC 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 are relevant.

It is also necessary to take into account the distance between the traction vehicle and the substation which affects the line inductance.

c) In the case of AC supply:

If the line voltage distortion has to be taken into consideration, the essential harmonics have to be specified. If special resonance conditions in the power supply line system are relevant, it is 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} is 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). The current is measured at the high voltage input of the vehicle and not on the ground side.

The psophometric current is 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 is measured in normal and in reduced operation mode (not all converters operating). The interpretation of the measurement results takes 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.) are out of the evaluation.

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

A.5.1 Current of one tractive unit

A.5.1.1 General

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 is calculated according to the following rules:

A.5.1.2 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.

– DC systems with dominating rectifier ripple

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

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

– DC 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.5.1.3 AC systems

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

- AC 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.

- AC systems with 4 quadrant converters (4QC, pulse width modulated line converter)

$I_{\text{pso (total)}}$ may be less than $I_{\text{pso (one unit)}}$, if 4QC depends on the interlacing mode used (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 disturbance generated in the range 150 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 memorize 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 disturbance do not vary significantly during each scan.

The position, location, type and other features concerning the antennas are the same as described in IEC 62236-2:2018, Clause 5.

The measuring apparatus shall be in accordance with the CISPR 16-1-1:2015 requirements described in Clause 5: "Peak measuring receivers for the frequency range 9 kHz to 18 GHz".

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
B	150 k to 1,15 M	1 M	9 or 10	37
	1 M to 11 M	10 M	9 or 10	370
	10 M to 20 M	10 M	9 or 10	370
	20 M to 30 M	10 M	9 or 10	370
C/D	30 M to 230 M	200 M	100 or 120	42
	200 M to 500 M	300 M	100 or 120	63
	500 M to 1 G	500 M	100 or 120	100
^a For a spectrum analyser. ^b May be slightly different from one instrument to another.				

Annex C (informative)

Emission values for lower frequency range

In the early 1990s measurements of emission from railways and vehicles on railways were undertaken to get information about the values to be expected in the neighbourhood of railways. It was experienced that in particular the results of magnetic field measurements, at 10 m distance, gave a poor reproducibility for frequencies below 150 kHz due to several reasons.

Due to the large variation in measured value (up to 20 dB) on the same vehicle depending on the location and other circumstances the reproducibility cannot be achieved and the usefulness is in question.

Since these emission values were published in the first editions of IEC 62236-3-1, the graphs are shown in this informative annex without being a requirement to be fulfilled (see Figures C.1 and C.2).

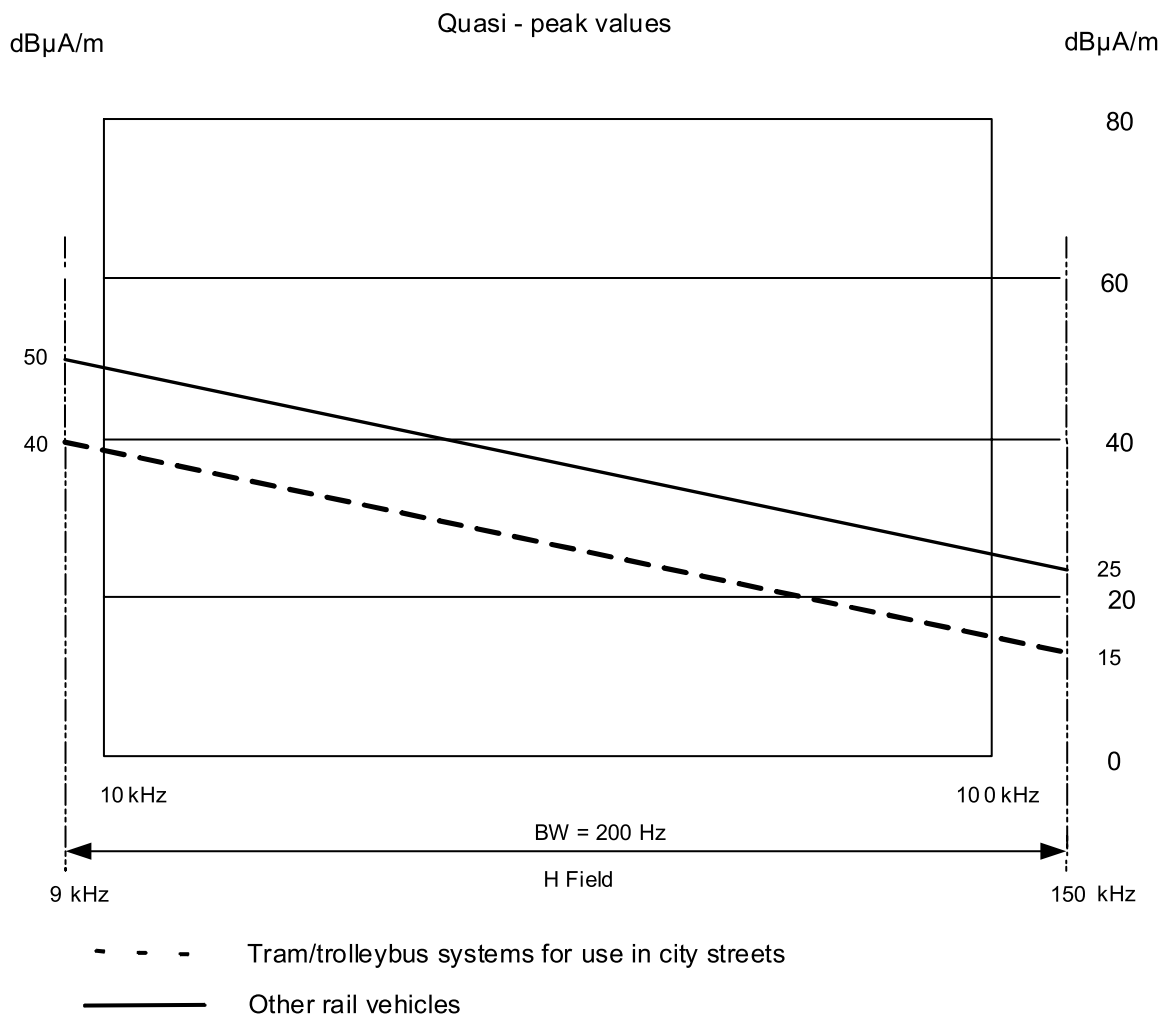


Figure C.1 – Emission values for stationary rolling stock

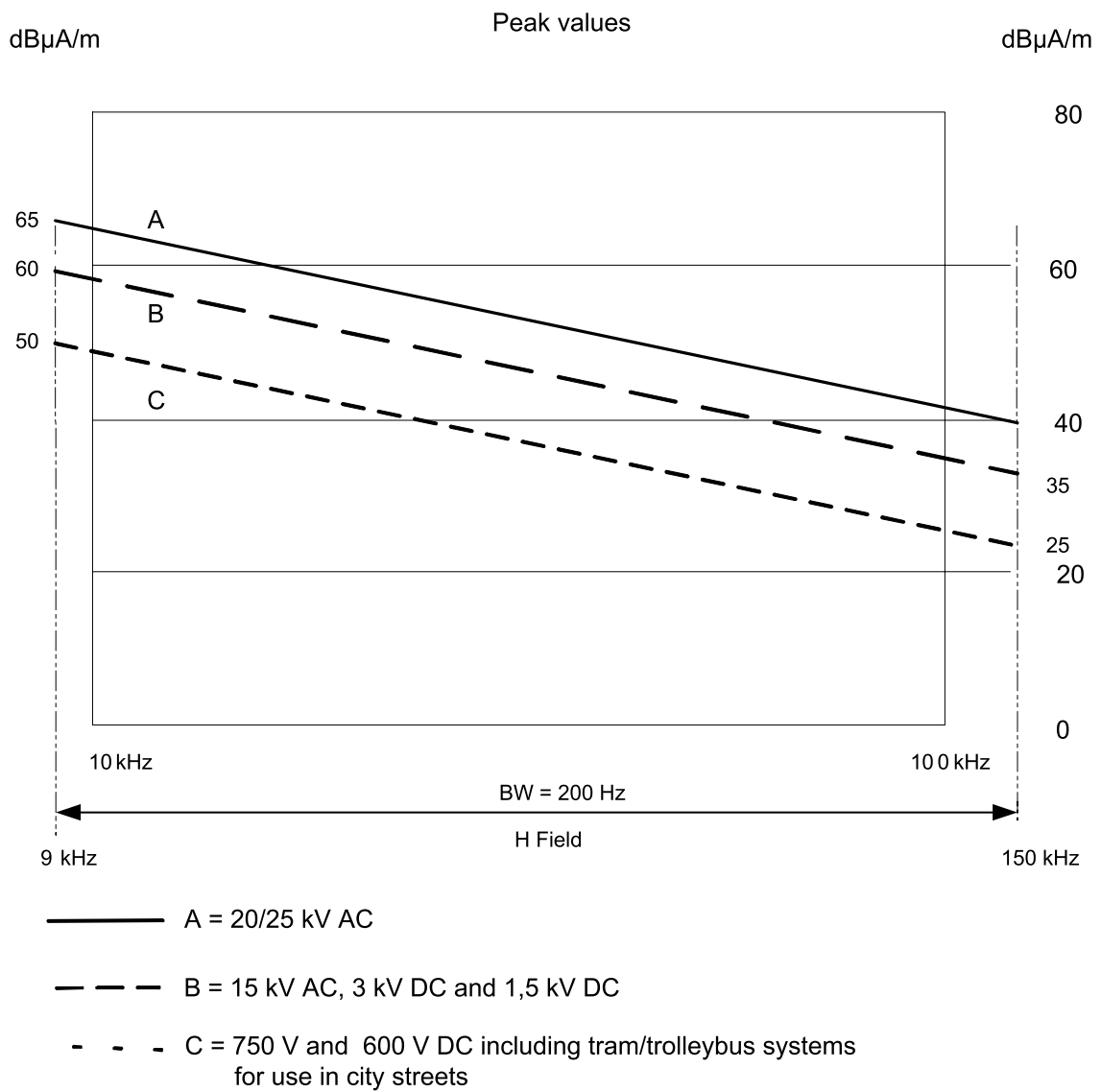


Figure C.2 – Emission values for slow moving rolling stock

Bibliography

IEC 62427:2007, *Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems*

ITU-T K.68:2008, *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector of ITU; Series K: Protection against interference; Operator responsibilities in the management of electromagnetic interference by power systems on telecommunication systems*

ITU-T O.41:1994, *International Telecommunication Union – Telecommunication Standardization Sector of ITU; Specifications for measuring equipment – equipment for the measurement of analogue parameters; Psophometer for use on telephone-type circuits*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes, définitions et termes abrégés	27
3.1 Termes et définitions	27
3.2 Termes abrégés.....	27
4 Applicabilité.....	28
5 Exigences d'immunité.....	28
6 Essais d'émission et limites	28
6.1 Généralités	28
6.2 Perturbations sur les lignes de télécommunication de la partie externe.....	29
6.2.1 Lignes de télécommunication numériques.....	29
6.2.2 Lignes de télécommunication analogiques	29
6.3 Perturbations électromagnétiques rayonnées.....	29
6.3.1 Site d'essai.....	29
6.3.2 Conditions d'essai	30
6.3.3 Limites d'émission	31
Annexe A (informative) Perturbations sur les lignes de télécommunication	33
A.1 Harmoniques du courant de traction.....	33
A.1.1 Généralités.....	33
A.1.2 Relation entre les courants dans le système ferroviaire et le bruit sur les lignes de télécommunication	33
A.2 Définition du courant psophométrique	34
A.3 Limites et conditions d'essai	34
A.4 Mesure du courant psophométrique	35
A.5 Calcul du courant psophométrique total d'une rame	35
A.5.1 Courant d'une unité de traction	35
Annexe B (normative) Perturbations électromagnétiques rayonnées – Procédure d'essai.....	37
B.1 Objet.....	37
B.2 Équipement de mesure et méthode d'essai.....	37
Annexe C (informative) Valeurs d'émission pour la plage de fréquences inférieure	38
Bibliographie.....	40
Figure 1 – Limites pour l'essai stationnaire (quasi-crête, 10 m).....	31
Figure 2 – Limites pour l'essai à faible vitesse (crête, 10 m)	32
Figure C.1 – Valeurs d'émission pour le matériel roulant stationnaire.....	38
Figure C.2 – Valeurs d'émission pour le matériel roulant à faible vitesse	39
Tableau B.1 – Guide pour l'essai	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62236-3-1 a été établie par le comité d'études 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition publiée en 2008. Elle constitue une révision technique et a été développée sur la base de EN 50121-3-1:2015.

Cette édition inclut les changements techniques significatifs suivants par rapport à l'édition précédente:

- a) clarification du domaine d'application (Article 1);
- b) clarification des définitions (Article 3);
- c) clarification de l'applicabilité (Article 4);

- d) clarification de l'intéférence sur les lignes de télécommunications de tierces parties externes (6.2), courant psophométrique (Annexe A);
- e) déplacement des valeurs d'émissions pour les champs H rayonnés de largeurs de bande 9 kHz à 150 kHz dans l'Annexe C pour les raisons suivantes:
- il y a très peu de victimes du monde extérieur (par exemple services radio);
 - l'émission rayonnée mesurée à 10 m n'est pas représentative de la compatibilité avec les appareils ferroviaires internes;
 - la CEM avec d'autres appareils ferroviaires dans cette bande de fréquence est couverte par d'autres procédures et d'autres normes comme la série IEC 62427;
 - la reproductibilité est faible.

Cette Norme internationale doit être lue conjointement avec l'IEC 62236-1.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2337/FDIS	9/2367/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.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Les équipements électroniques de forte puissance avec leurs microcontrôleurs de faible puissance et d'autres appareils électroniques sont installés en grand nombre à bord des trains. La compatibilité électromagnétique est devenue de ce fait une question importante pour la conception des appareils embarqués ainsi que pour celle des trains dans leur ensemble.

La présente 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 la présente série 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. Un plan de CEM inclut les équipements couverts par le présent document.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62236 spécifie les exigences d'émission et d'immunité pour tous les types de matériels roulants. Elle s'applique au matériel de traction, au matériel remorqué et aux rames, y compris les véhicules de transport urbain. Le présent document spécifie les limites d'émission du matériel roulant vers le monde extérieur.

Le domaine d'application du présent document s'arrête à l'interface du matériel roulant avec ses entrées et sorties d'énergie respectives. Dans le cas des unités motrices, 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. L'essai à vitesse lente a été conçu pour minimiser ces effets.

Les systèmes ferroviaires identifiés dans le plan de CEM peuvent faire l'objet d'exigences de compatibilité supplémentaires (spécifiées dans l'IEC 62427, par exemple).

Les émissions électromagnétiques du système ferroviaire dans son ensemble sont traitées dans l'IEC 62236-2.

Ces dispositions spécifiques sont utilisées avec les dispositions générales données dans l'IEC 62236-1.

La plage de fréquences concernée est comprise entre 0 Hz (courant continu) et 400 GHz. Aucune mesure n'est nécessaire aux fréquences pour lesquelles aucune exigence n'est spécifiée.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 62236-1:2018, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 1: Généralités*

IEC 62236-2:2018, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 2: Émission du système ferroviaire dans son ensemble vers le monde extérieur*

IEC 62236-3-2:2018, *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique – Partie 3-2: Matériel roulant – Appareils*

CISPR 16-1-1:2015, *Spécifications 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*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

matériel de traction

unité motrice électrique et diesel, rame grande vitesse, combinaison élémentaire fixe de matériel de traction et de matériel remorqué, unité multiple électrique et diesel (pas d'unité motrice, équipement de traction réparti), véhicule léger sur rail (LRV), tel que tramway, trolleybus ou tout autre véhicule électrique de transport urbain, rame de métro

Note 1 à l'article: L'abréviation «LRV» est dérivée du terme anglais développé correspondant «light railway vehicle».

3.1.2

matériel remorqué

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 d'unités motrices

3.1.3

véhicules grandes lignes

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

3.1.4

véhicules urbains

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

Note 1 à l'article: L'abréviation «LRV» est dérivée du terme anglais développé correspondant «light rail vehicle».

3.2 Termes abrégés

CA	Courant alternatif
BW	Band width (largeur de bande)
CC	Courant continu
E	(champ) Electrique
CEM	Compatibilité électromagnétique
EUT	Equipment Under Test (équipement en essai)
H	(champ) Magnétique
RNIS	Réseau numérique à intégration de services
UIT-T	Union internationale des télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications
LRV	Light Rail Vehicle (Véhicule léger sur rail)
MIC	Modulation par impulsion et codage
QC	Quadrant converters (Convertisseurs à quadrant)

QP	Quasi Peak (Quasi-crête)
xDSL	x <i>digital subscriber lines</i> (tous types de lignes d'abonnés numériques)

4 Applicabilité

En général, il n'est pas possible de soumettre à essai 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.

Le mode de fonctionnement classique doit exiger que soient alimentés tous les systèmes en fonctionnement continu normal pendant le service. Pendant l'essai, il n'est pas nécessaire d'utiliser des systèmes qui fonctionnent de manière transitoire comme, par exemple, le fonctionnement des portes internes, même s'il convient de les mettre sous tension. Il n'est pas nécessaire de soumettre à essai les modes de fonctionnement dégradés.

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 Exigences d'immunité

Aucun essai n'est appliqué au véhicule complet. L'assemblage des appareils en un véhicule complet est censé offrir l'immunité adéquate, sous réserve qu'un plan de CEM ait été établi et mis en œuvre, en prenant en compte les exigences indiquées dans l'IEC 62236-3-2.

Dans des cas exceptionnels, quand un appareil respecte une autre norme CEM, mais que la pleine conformité avec l'IEC 62236-3-2 n'est pas démontrée, la CEM doit être assurée par des mesures adéquates d'intégration de l'appareil dans le véhicule et/ou par une analyse CEM appropriée et un essai qui justifie l'écart par rapport à l'IEC 62236-3-2.

6 Essais d'émission et limites

6.1 Généralités

Il convient que les essais d'émission et les limites pour le matériel roulant donnés par le présent document 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. Pour les émissions rayonnées, les conditions d'essai sont définies en 6.3.1 et 6.3.2.

NOTE 1 Les systèmes de signalisation et de communication, de radio des trains et les autres systèmes ferroviaires (compteurs d'essieux, circuits de voies, systèmes de pilotage 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 relatives à la compatibilité sont spécifiées selon le type de système de signalisation et de communication utilisé.

NOTE 2 Dans certains cas, la radio ou d'autres services ferroviaires externes dont les fréquences de travail sont inférieures à 150 kHz peuvent fonctionner à proximité de la voie ferrée. Le plan CEM couvre ces cas, et un niveau approprié d'émission réseau de traction à ces fréquences de fonctionnement peut être trouvé dans les valeurs indiquées dans l'Annexe C informative. Un fonctionnement exempt de perturbation ne peut donc être garanti.

6.2 Perturbations sur les lignes de télécommunication de la partie externe

6.2.1 Lignes de télécommunication numériques

Les perturbations avec les systèmes numériques tels que les MIC, RNIS et xDSL ne sont pas traitées dans le présent document.

Il convient de noter que ces systèmes fonctionnent dans une plage de fréquences supérieure grâce à plusieurs porteuses et à différents protocoles de correction d'erreur automatique.

Il est considéré comme étant improbable que le matériel roulant puisse générer des perturbations suffisantes dans cette plage de fréquences.

6.2.2 Lignes de télécommunication analogiques

Aucune limite harmonisée ne s'applique.

Les informations relatives aux perturbations sur les lignes de télécommunication peuvent être consultées à l'Annexe A.

6.3 Perturbations électromagnétiques rayonnées

6.3.1 Site d'essai

Les mesures peuvent être supposées ne pas avoir lieu dans des conditions de laboratoire. Les arbres, murs, ponts, tunnels ou autres objets conducteurs aux alentours de l'antenne de mesure peuvent avoir un impact sur les mesures. D'autres véhicules ferroviaires fonctionnant dans la même section d'alimentation ou à proximité du point de mesure peuvent affecter le résultat de mesure. Des discontinuités de caténaire/troisième rail, ainsi que les sous-stations, lignes électriques, lignes enterrées, transformateurs, sections neutres, isolateurs de section, etc., proches du point de mesure peuvent générer d'autres variations.

Dans la mesure du possible, ces influences doivent être réduites, mais, dans tous les cas, aucun obstacle situé au-dessus du niveau des rails pouvant avoir un impact sur les mesures ne doit se trouver entre l'antenne et l'EUT.

Il convient que la caténaire/le troisième rail soit une ligne continue située aussi loin que possible sur les deux côtés du point de mesure (en général au moins 200 m).

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).

Comme des résonances peuvent apparaître dans la ligne aérienne en radiofréquences, il peut être nécessaire de changer de site d'essai. L'emplacement exact du site d'essai et les caractéristiques du site et du système de lignes aériennes doivent être notés.

La contribution de la sous-station peut être considérée lors de l'évaluation des émissions du véhicule. Noter que la contribution d'une sous-station en courant continu dépend de son courant de charge et ne sera pas mesurée correctement à vide.

Le bruit ambiant doit être enregistré au début et à la fin de la série d'essais. Cette mesure doit être réalisée sans influence du véhicule.

Si le bruit ambiant est supérieur aux valeurs limites moins 6 dB à des fréquences spécifiques ou dans des plages de fréquences spécifiques (bruit ambiant > (limite – 6 dB)), les mesures à ces fréquences peuvent ne pas être envisagées. Ces fréquences doivent être notées dans le rapport d'essai.

NOTE Il est utile de mesurer également le bruit ambiant en coupant complètement l'alimentation du véhicule en face de l'antenne.

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 (une version représentative) doit être soumis aux essais à l'état stationnaire, mais en étant sous tension (convertisseurs auxiliaires, chargeurs de batteries, etc., en fonctionnement). Il convient de placer l'antenne à l'opposé de l'équipement supposé générer les plus fortes émissions aux fréquences de mesure.

Les essais sur des voitures ou des wagons identiques ne sont réalisés qu'une seule fois.

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, et ce, sans fonctionner. L'antenne doit être face au centre de chaque 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 de (50 ± 10) km/h pour les véhicules de 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:

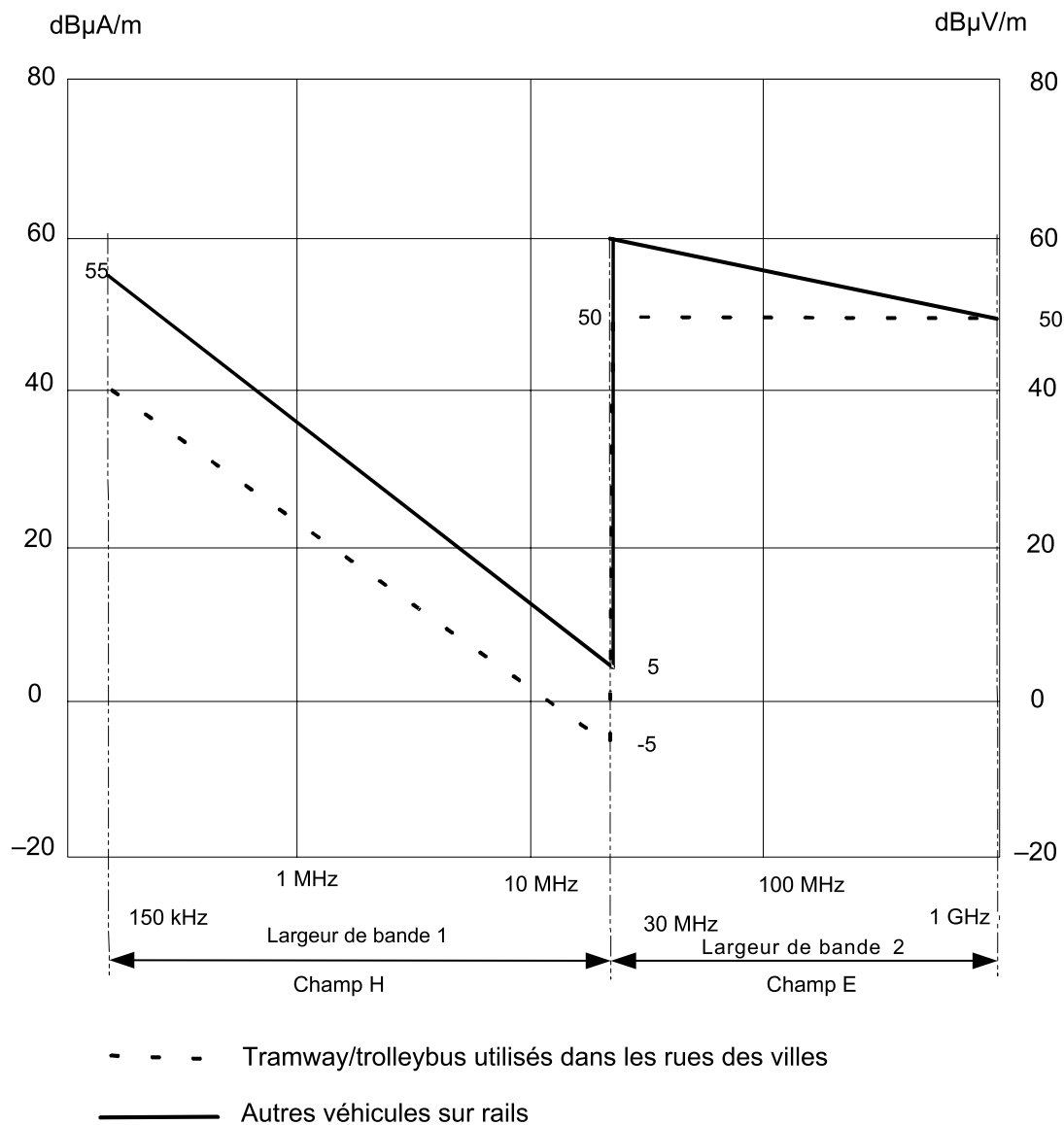
- l'équipement de traction peut être mis en fonctionnement lorsque le véhicule est stationnaire;
- les essais de freinage électrique ne sont pas nécessaires, si des circuits différents ne sont pas utilisés pour le freinage.

Si l'essai à faible vitesse est remplacé par un essai stationnaire avec effort de traction, les limites de l'essai à faible vitesse s'appliquent.

Tous les véhicules utilisant un système embarqué de stockage de l'énergie pour la traction doivent utiliser la procédure d'essai et les limites de l'essai à faible vitesse pour le processus de chargement.

NOTE La procédure et les limites d'essai à faible vitesse sont utilisées pour le processus de chargement (pour les dispositifs de traction à stockage d'énergie) parce que ce dernier est de courte durée et présente un transfert énergétique élevé.

6.3.3 Limites d'émission



IEC

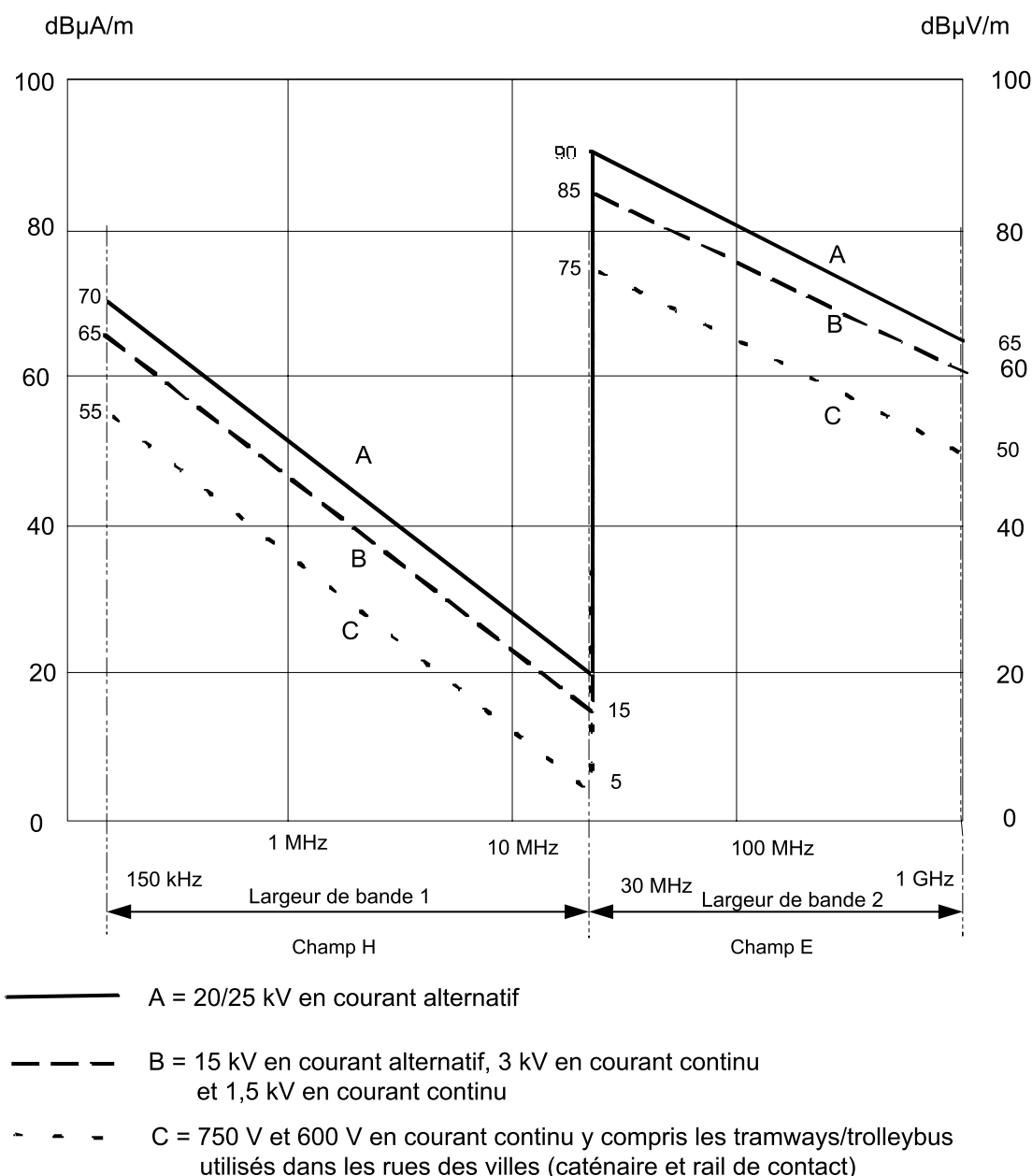
Figure 1 – Limites pour l'essai stationnaire (quasi-crête, 10 m)

Les limites sont définies en valeurs quasi-crête et les largeurs de bande sont celles qui sont utilisées dans CISPR 16-1-1:

	Largeur de bande
Fréquences de 150 kHz à 30 MHz	9 kHz (BW 1)
Fréquences de 30 MHz à 1 GHz	120 kHz (BW 2)

Toutes les valeurs sont mesurées à une distance de 10 m du centre de la voie.

Les limites d'émission sont spécifiées jusqu'à 1 GHz, compte tenu de l'absence de sources importantes de perturbation au-dessus de 1 GHz, et du fait que les émissions provenant de l'équipement de commande par microprocesseur et pouvant générer des émissions à des fréquences supérieures à 1 GHz sont traitées conformément à l'IEC 62236-3-2.



IEC

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

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

Toutes les valeurs sont mesurées à une distance de 10 m du centre de la voie en valeurs crête.

Pour les unités multiples et les unités motrices diesel et diesel électriques, les limites d'émission données à la Figure 1 ("autres véhicules sur rails") et B à la Figure 2 doivent s'appliquer, sauf si des mesures spécifiques indiquent le contraire (utilisation dans lignes électrifiées basse tension, par exemple).

Les limites d'émission sont spécifiées jusqu'à 1 GHz, compte tenu de l'absence de sources importantes de perturbation au-dessus de 1 GHz, et du fait que les émissions provenant de l'équipement de commande par microprocesseur et pouvant générer des émissions à des fréquences supérieures à 1 GHz sont traitées conformément à l'IEC 62236-3-2.

Annexe A (informative)

Perturbations sur les lignes de télécommunication

A.1 Harmoniques du courant de traction

A.1.1 Généralités

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 sur la ligne téléphonique n'est ni sous le contrôle total du constructeur du véhicule ni sous celui de l'opérateur du réseau. Ainsi, il est de la responsabilité de l'acheteur du matériel de traction, conformément aux règles du gestionnaire 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_{ps0} qui a une pondération de fréquence psophométrique. Les éléments de contexte et l'application de cette méthode sont décrites dans la présente Annexe. Comme il est admis que la méthode I_{ps0} ne représente pas complètement l'effet de bruit des harmoniques dans la plage des kHz, d'autres méthodes de remplacement pour la pondération de fréquence peuvent être spécifiées par l'acheteur.

A.1.2 Relation entre les courants dans le système ferroviaire et le bruit sur les lignes de télécommunication

Les câbles conventionnels de télécommunication en cuivre à proximité des chemins de fer électrifiés sont soumis à des perturbations électromagnétiques causées par les courants dans le système ferroviaire.

Ces perturbations produisent des tensions longitudinales induites qui s'étendent de la fréquence de l'onde fondamentale aux harmoniques de fréquences plus élevées. La source de ces harmoniques correspond aux convertisseurs de la chaîne de traction du matériel roulant et/ou de la station d'alimentation. Compte tenu des déséquilibres dans le câble lui-même, ces tensions longitudinales se transforment en tensions transversales ou bruit.

Le niveau de bruit acceptable sur des 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 par le véhicule de traction et le bruit sur la ligne de télécommunication n'est ni sous le contrôle total du constructeur du véhicule ni sous celui des opérateurs des réseaux ferroviaires et de télécommunication.

Cette relation dépend:

- a) de la structure des câbles de télécommunication
 - 1) blindage, isolement par rapport à la terre, symétrie du câble;
- b) des caractéristiques des bornes de télécommunication
 - 1) susceptibilité, symétrie en entrée;
- c) de la topologie du réseau de télécommunication
 - 1) longueur des sections parallèles de la ligne de télécommunication et des voies;
 - 2) distance entre les voies et les lignes de télécommunication;

- 3) résistivité de la terre;
- d) de la topologie du réseau ferroviaire
 - 1) voie unique / voie double;
- e) du type d'alimentation de la caténaire
 - 1) CA/CC;
 - 2) ondulation de la sous-station (redresseurs CC ou convertisseurs statiques CA 16,7 Hz dans certains cas);
 - 3) type de caténaire et de système d'alimentation (par exemple; 1 × 25 kV ou 2 × 25 kV);
 - 4) application des conducteurs de retour;
 - 5) alimentation de la section à l'étude à une extrémité ou aux deux;
- f) de la densité de la circulation des trains;
- g) de l'absorption de courant et de la production d'harmoniques du matériel de traction;
- h) du type de superposition d'harmoniques à partir d'un certain nombre de convertisseurs.

A.2 Définition du courant psophométrique

Le courant psophométrique est un courant de perturbation équivalent qui représente les perturbations effectives d'un spectre de courant dans un circuit de puissance sur une ligne téléphonique. Il est défini par la formule:

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

où:

I_f est la composante de courant à la fréquence f dans le courant de phase de contact;

p_f est la pondération psophométrique.

Les valeurs de p_f peuvent être trouvées dans les Directives UIT-T UIT-T O.41 et UIT-T K.68.

Pour les mesures, il existe des voltmètres et ampèremètres qui calculent automatiquement le signal en fonction de ces valeurs de p_f au moyen d'un filtre psophométrique.

A.3 Limites et conditions d'essai

Il est de la responsabilité de l'acheteur de spécifier la valeur maximale du courant psophométrique et les conditions dans lesquelles il est défini, y compris la durée.

Les conditions suivantes sont couvertes:

- a) Limites de I_{pso} dans des conditions de performances normales et réduites (un ou plusieurs convertisseurs de traction temporairement hors service).
- b) Dans le cas de l'alimentation en courant continu (CC):

les chemins de fer en courant continu sont normalement alimentés par des redresseurs à diodes à partir du réseau triphasé. Idéalement, un redresseur à un seul pont produit une forme de tension à six alternances par période (c'est-à-dire premier harmonique à 300 Hz dans un réseau 50 Hz) ou deux ponts produisent une forme à 12 alternances (c'est-à-dire 600 Hz). Compte tenu des déséquilibres dans le redresseur et de l'induction, une composante fondamentale à 50 Hz se rencontre communément.

La présence de filtres dans la sous-station réduit grandement les effets de la sous-station.

Cependant, dans les réseaux de traction en courant continu, la sous-station est la source principale de perturbations.

Ainsi, pour qualifier un véhicule de traction, la contribution du redresseur et des filtres de l'installation fixe est pertinente.

Il est également nécessaire de prendre en compte la distance entre le véhicule de traction et la sous-station à l'origine de l'inductance de ligne.

c) Dans le cas de l'alimentation en courant alternatif (CA):

si la distorsion de tension de ligne doit être prise en compte, les harmoniques essentiels doivent être spécifiés. Si les conditions spéciales de résonance dans le système de ligne d'alimentation sont pertinentes, il est nécessaire de spécifier les données concernées. Autrement, la situation du véhicule à proximité de la sous-station d'alimentation est supposée donner la valeur I_{ps0} la plus élevée.

A.4 Mesure du courant psophométrique

Pendant les essais de réception ou les essais d'investigation, le courant de perturbation I_{ps0} est mesuré à bord du véhicule de traction. Les capteurs de courant existants du véhicule peuvent être utilisés si leur réponse en fréquence est suffisante (au moins jusqu'à 5 kHz). Le courant est mesuré au niveau de l'entrée haute tension du véhicule, et non du côté terre.

Le courant psophométrique est mesuré au moyen d'un psophomètre ou d'un autre système approprié qui utilise un filtrage selon le facteur de pondération psophométrique p_f .

Pour obtenir des informations complémentaires concernant la composition du spectre et les sources de perturbation, l'utilisation d'un analyseur de spectre à deux voies, appliqué au courant d'entrée et à la tension d'entrée du véhicule est fortement recommandée.

Le courant psophométrique est mesuré en fonctionnement normal et en mode de fonctionnement réduit (tous les convertisseurs ne fonctionnant pas). L'interprétation des résultats de mesure tient compte de l'influence des conditions de fonctionnement ainsi que des variations de l'inductance de ligne et de la tension d'alimentation.

Les effets dus aux transitoires (commutation dans les circuits de puissance, décolllements du pantographe, discontinuités du troisième/quatrième rail, etc.) ne sont pas intégrés à l'évaluation.

A.5 Calcul du courant psophométrique total d'une rame

A.5.1 Courant d'une unité de traction

A.5.1.1 Généralités

Typiquement, le courant total d'une rame n'est pas disponible. Au lieu d'installer un système spécial de mesure qui peut générer une image du courant total à partir de capteurs répartis sur l'ensemble de la rame, il est normalement suffisant de prélever le courant d'une unité de traction de la rame.

Si le courant psophométrique est mesuré à une borne d'alimentation d'une rame et que cette rame possède " n " bornes, le courant total est calculé selon les règles suivantes:

A.5.1.2 Réseaux de traction en courant continu (CC)

Les réseaux de traction en courant continu sont normalement alimentés par des redresseurs à diodes à partir du réseau triphasé. En l'absence de filtres spéciaux, l'ondulation de la sortie du redresseur contribue de manière très importante au courant psophométrique absorbé par les véhicules dans la section d'alimentation.

– Réseaux de traction en courant continu avec ondulation de redresseur prédominante

(véhicules à arbre à cames; véhicules à hacheur ou onduleur, sous-station avec redresseur six alternances sans filtrage)

$$I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (une unité)}}$$

- Réseaux de traction en courant continu avec convertisseurs sur le véhicule et faible ondulation du redresseur

$I_{\text{pso (total)}}$ peut être inférieur à $I_{\text{pso (une unité)}}$, pour les hacheurs fonctionnant en mode entrelacé

$I_{\text{pso (total)}} = \sqrt{n} \times I_{\text{pso (une unité)}}$, pour les hacheurs fonctionnant sans synchronisation ou pour les onduleurs directement connectés à l'alimentation.

A.5.1.3 Réseaux de traction en courant alternatif (CA)

Le courant psophométrique généré par les véhicules dans la section d'alimentation dépend principalement du type de convertisseur utilisé à bord du véhicule.

- Réseaux de traction en courant alternatif avec convertisseurs à contrôle de phase

$I_{\text{pso (total)}} = \sqrt{n} \times I_{\text{pso (une unité)}}$. Ceci semble fondé sur un mélange statistique des types de véhicules, des vitesses et de la consommation réelle de courant. Mais l'expérience récente avec des rames à haute puissance montre que cette loi \sqrt{n} n'est pas applicable en cas de vitesses égales, de puissance égale et types de véhicules égaux, lorsque $I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (une unité)}}$ s'applique.

- Réseaux de traction à courant alternatif avec convertisseurs à quatre quadrants (4QC, convertisseur à modulation de largeur d'impulsion)

$I_{\text{pso (total)}}$ peut être inférieur à $I_{\text{pso (une unité)}}$, si 4QC dépend du mode entrelacé utilisé (condition de fonctionnement normal)

$I_{\text{pso (total)}} = n \times I_{\text{pso (une unité)}}$, si les n unités égales fonctionnent en mode non entrelacé.

Annexe B (normative)

Perturbations électromagnétiques rayonnées – Procédure d'essai

B.1 Objet

La présente annexe décrit une méthode de mesure pour l'évaluation et la qualification d'un véhicule ferroviaire ou train complet en ce qui concerne la perturbation générée dans la plage 150 kHz à 1 GHz. Elle remplit la plupart des recommandations de la méthode de mesure de l'IEC 62236-2, mais elle donne des caractéristiques simplifiées qui réduisent de manière significative la durée totale de l'essai.

B.2 Équipement de mesure et méthode d'essai

Pour réduire la durée de l'essai, la technique du balayage en fréquence est utilisée. Cela peut être réalisé soit avec un analyseur de spectre, soit avec un récepteur contrôlé par ordinateur. Chaque plage de fréquences est divisée en plusieurs sous-plages.

Chaque évaluation d'un train ou d'un véhicule consiste à effectuer un essai dans chaque sous-plage.

L'appareil doit balayer cette sous-plage de manière continue et mémoriser les valeurs maximales atteintes pendant l'essai. Ceci peut être obtenu avec la fonction "maintien des maximums" ou avec le contrôle informatisé de l'appareil. Cette méthode prend comme hypothèse de départ que le niveau et les caractéristiques de perturbation électromagnétique ne varient pas de manière significative pendant chaque balayage.

La position, l'emplacement, le type et les autres caractéristiques concernant les antennes sont les mêmes que ceux qui sont décrits dans l'IEC 62236-2:2018, Article 5.

L'appareil de mesure doit satisfaire aux exigences de CISPR 16-1-1:2015 décrites à l'Article 5: "Récepteurs de mesure de crête pour la plage de fréquences de 9 kHz à 18 GHz".

Le Tableau B.1 peut être utilisé comme guide pour l'essai:

Tableau B.1 – Guide pour l'essai

Bande	Sous-plage Hz	Excursion ^a Hz	Largeur de bande kHz	Durée de balayage ^b ms
B	150 k à 1,15 M	1 M	9 ou 10	37
	1 M à 11 M	10 M	9 ou 10	370
	10 M à 20 M	10 M	9 ou 10	370
	20 M à 30 M	10 M	9 ou 10	370
C/D	30 M à 230 M	200 M	100 ou 120	42
	200 M à 500 M	300 M	100 ou 120	63
	500 M à 1 G	500 M	100 ou 120	100
^a Pour un analyseur de spectre.				
^b Peut être légèrement différent d'un instrument à l'autre.				

Annexe C (informative)

Valeurs d'émission pour la plage de fréquences inférieure

Au début des années 1990, les mesures des émissions des chemins de fer et des véhicules sur les chemins de fer avaient été effectuées pour obtenir des informations sur les valeurs à attendre à proximité des chemins de fer. Il a été constaté qu'en particulier, pour plusieurs raisons, les résultats des mesures du champ magnétique, à une distance de 10 m, présentaient une faible reproductibilité pour les fréquences inférieures à 150 kHz.

La valeur mesurée connaissant, en fonction de l'emplacement et d'autres circonstances, une forte variation (jusqu'à 20 dB) sur le même véhicule, la reproductibilité ne peut pas être obtenue et l'utilité des mesures est remise en question.

Ces valeurs d'émission ayant été publiées dans les premières éditions de l'IEC 62236-3-1, les graphiques sont présentés dans la présente Annexe informative (voir Figures C.1 et C.2), mais ils ne représentent pas une exigence à laquelle satisfaire.

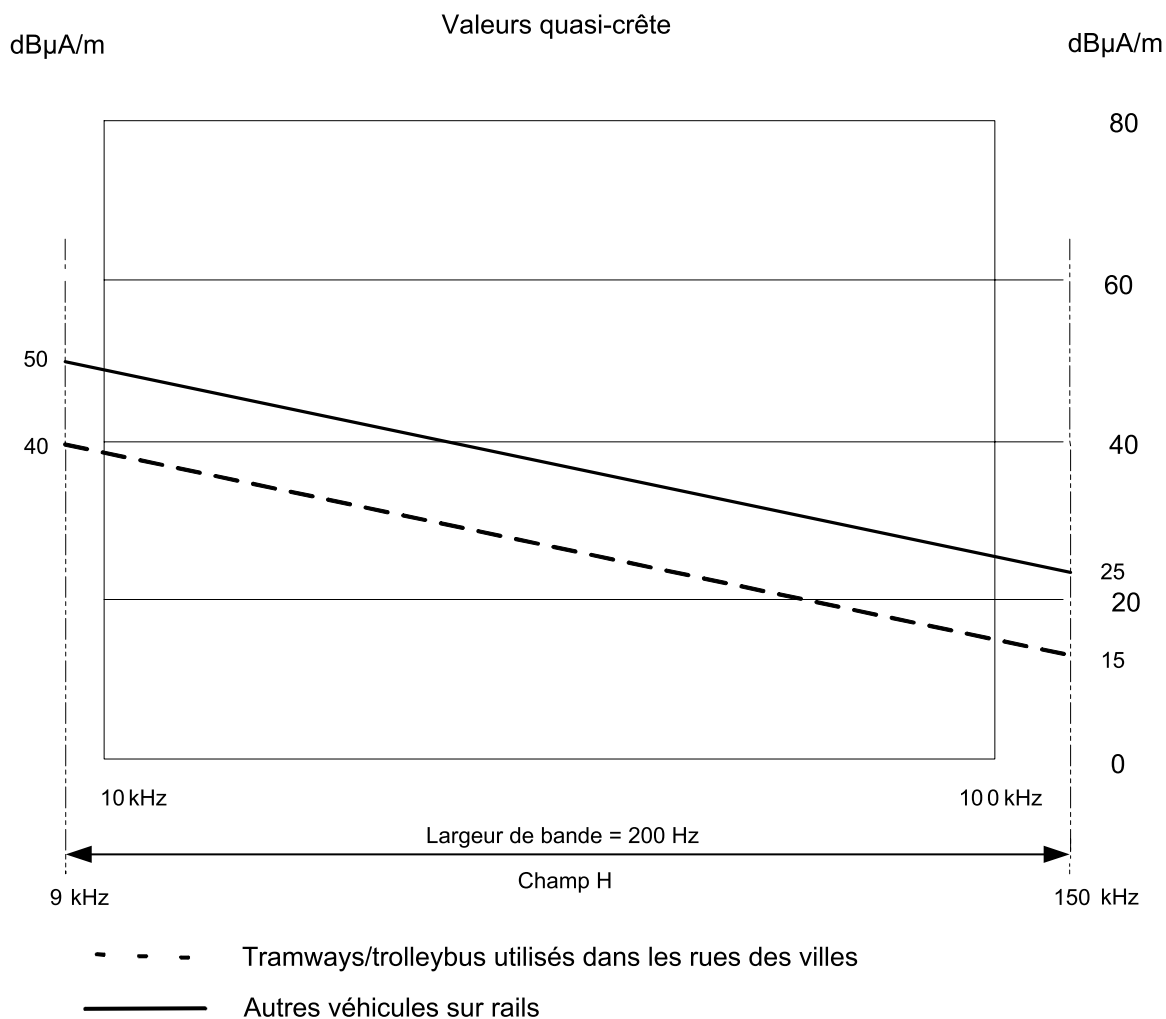
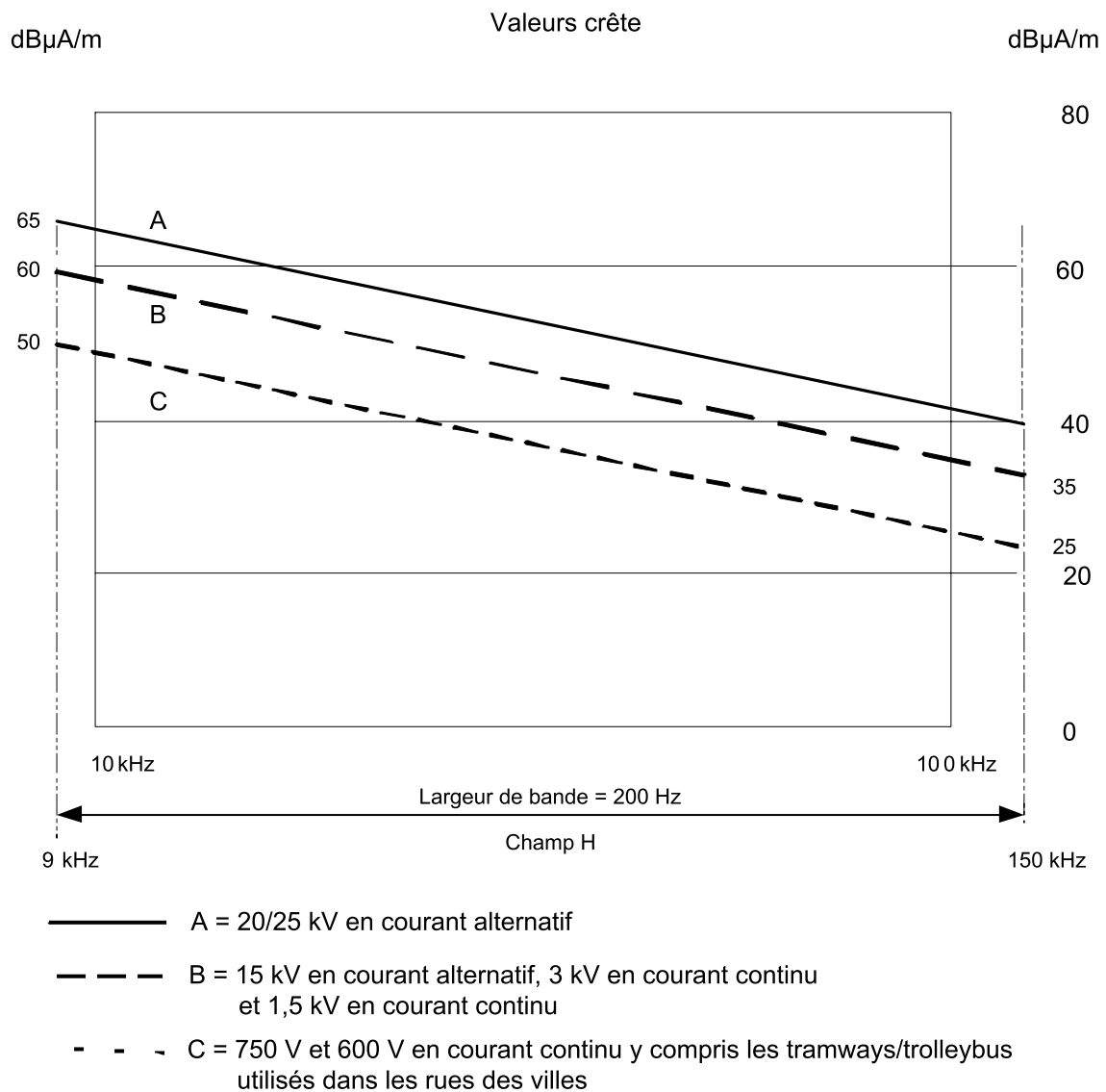


Figure C.1 – Valeurs d'émission pour le matériel roulant stationnaire



IEC

Figure C.2 – Valeurs d'émission pour le matériel roulant à faible vitesse

Bibliographie

IEC 62427:2007, *Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train*

UIT-T K.68:2008, *Union Internationale des Télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT; Série K: Protection contre les perturbations; Responsabilités de l'opérateur dans la gestion des perturbations électromagnétiques induites par les systèmes électriques dans les systèmes de télécommunication*

UIT-T O.41:1994, *Union Internationale des Télécommunications – Secteur de la normalisation des télécommunications de l'UIT; Spécifications pour appareils de mesure – Appareils de mesure pour paramètres analogiques; Psophomètre utilisé sur des circuits de type téléphonique*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch