

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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



IEC 62236-2

Edition 2.0 2008-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 45.060

ISBN 2-8318-1020-0

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Emission limits	6
4.1 Emission from the open railway route during train operation	6
4.2 Radio frequency emission from railway substations	6
5 Method of measurement of emission from moving trains.....	7
5.1 Measurement parameters	7
5.2 Frequency selection	9
5.2.1 Selected frequencies	9
5.2.2 Sweep frequency.....	9
5.3 Transients	10
5.4 Measuring conditions	10
5.4.1 Weather conditions.....	10
5.4.2 Railway operating modes.....	10
5.4.3 Multiple sources from remote trains	10
5.5 Test report	10
5.6 Antenna positions.....	10
Annex A (normative) Method of measurement of electromagnetic emission from railway substations	17
Annex B (informative) Background to the method of measurement.....	18
Annex C (informative) Cartography – Electric and magnetic fields at traction frequencies.....	23
Bibliography.....	24
Figure 1 – Emission limits in frequency range 9 kHz to 1 GHz.....	12
Figure 2 – Emission limit for substations.....	13
Figure 3 – Position of antenna for measurement of magnetic field in the 9 kHz to 30 MHz frequency band	14
Figure 4 – Position (vertical polarisation) of antenna for measurement of electric field in the 30 MHz to 300 MHz frequency band.....	15
Figure 5 – Position (vertical polarisation) of antenna for measurement of electric field in the 300 MHz to 1 GHz frequency band.....	16
Figure B.1 – Time variation of emissions from a moving train with many transient events.....	22
Table C.1 – Typical maximum electric and magnetic field values at fundamental frequency of different electrification systems.....	23

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –****Part 2: Emission of the whole railway system
to the outside world**

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 62236-2 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 50121-2:2006.

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

- distance conversion factor n defined in the frequency range from 9 kHz to 150 kHz.

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

FDIS	Report on voting
9/1185/FDIS	9/1213/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.

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

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

1 Scope

This part of IEC 62236 sets the emission limits from the whole railway system including urban vehicles for use in city streets. It describes the measurement method to verify the emissions, and gives the cartography values of the fields most frequently encountered.

The limits refer to the particular measuring points defined in Clause 5 and Annex A. These emissions should be assumed to exist at all points in the vertical planes which are 10 m from the centre lines of the outer electrified railway tracks, or 10 m from the fence of the substations.

Also, the zones above and below the railway may be affected by electromagnetic emissions and particular cases shall be considered individually.

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

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

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

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*

CISPR 22, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of IEC 60050-161 and the following apply.

3.1

apparatus

electric or electronic product with an intrinsic function intended for implementation into a fixed railway installation

3.2

environment

the surrounding objects or region which may influence the behaviour of the system and/or may be influenced by the system

3.3

external interface

boundary where a system interacts with any other or where a system interacts with its environment

3.4

railway substation

installation the main function of which is to supply a contact line system at which the voltage of a primary supply system, and in some cases the frequency, is transformed to the voltage and frequency of the contact line

3.5

railway supply lines

conductors running within the boundary of the railway which supply power to only the railway but are not energised at railway system voltage

4 Emission limits

4.1 Emission from the open railway route during train operation

The emission limits in the frequency range 9 kHz to 1 GHz are given in Figure 1 and the measurement method is defined in Clause 5. For non-electrified lines, the limits are the same as those given for 750 V d.c.

Annex C gives guidance values for typical maximum field values at fundamental frequency of different electrification systems which may occur. They depend on numerous geometrical and operational parameters which may be obtained from the infrastructure controller.

For urban vehicles operating in city streets, the emission limits given in Figure 1 for 750 V d.c. conductor rail shall not be exceeded.

NOTE 1 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 may be acceptable.

NOTE 2 It is not possible to undertake complete tests with quasi-peak detection due to the reasons stated in Annex B.

4.2 Radio frequency emission from railway substations

Radio frequency noise emission from the railway substation to the outside environment measured according to the method defined in Annex A shall not exceed the limits in Figure 2.

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

	Bandwidth
frequencies up to 150 kHz	200 Hz
frequencies from 150 kHz to 30 MHz	9 kHz

frequencies above 30 MHz

120 kHz

The distance of 10 m defined in Annex A shall be measured from the fence of the substation. If no fence exists, the measurements shall be taken at 10 m from the apparatus or from the outer surface of the enclosure if it is enclosed.

Emission of trains shall not enter into the measurement.

NOTE 1 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 2 may be acceptable.

NOTE 2 For other kinds of fixed installations like auto-transformers, the same limit and measuring distance shall be applied.

5 Method of measurement of emission from moving trains

The method of measurement is adapted from the CISPR 16-1-1 to a railway system with moving vehicles. The background to the method of measurement is given in Annex B.

The electromagnetic fields generated by rail vehicles when operating on a railway network are measured by means of field strength meters with several different set frequencies. The horizontal component of the magnetic field perpendicular to the track and both the vertical and horizontal (parallel to the track) components of the radiated electric field are measured.

5.1 Measurement parameters

5.1.1 The peak measurement method is used. The duration at selected frequency shall be sufficient to obtain an accurate reading. This is a function of the measuring set and the recommended value is 50 ms.

5.1.2 Frequency bands and bandwidths at –6 dB used for measurements are in accordance with CISPR 16-1-1.

These are:

Frequency bands:	9-150 kHz	0,15-30 MHz	30-300 MHz	300 MHz -1 GHz
Bandwidth:	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz

5.1.3 When connected to the antenna, the error of measurement of the strength of a uniform sine-wave field shall not differ more than $\pm 4,0$ dB from CISPR 16-1-1 equipment.

5.1.4 The noise may not attain its maximum value as the traction vehicle passes the measuring point, but may occur when the vehicle is a long distance away. Therefore, the measuring set shall be active for a sufficient duration before and after the vehicle passes by to ensure that the maximum noise level is recorded.

5.1.5 To cover the full frequency range, antennas of different design are required. Typical equipment is described below:

- for 9 kHz to 30 MHz, a loop or frame antenna is used to measure H field (see Figure 3);
- for 30 MHz to 300 MHz, a biconical dipole is used to measure E field (see Figure 4);
- for 300 MHz to 1,0 GHz, a log-periodic antenna is used to measure E field (see Figure 5).

Calibrated antenna factors are used to convert the terminal voltage of the antenna to field strength.

5.1.6 The preferred distance of the measuring antenna from the centreline of the track on which the vehicle is moving is 10 m. In the case of the log-periodic antenna, the 10 m distance is measured to the mechanical centre of the array.

It is not considered necessary to carry out two tests to examine both sides of the vehicle, even if it contains different apparatus on the two sides, since the majority of the emission is produced by the sliding contact if the train is moving.

Where the tests are carried out at a site which meets all the recommended criteria except that the antennas are not 10 m from the track centreline, the results can be converted to an equivalent 10 m value by using the following formula:

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \times \log_{10} (D/10)$$

where

E_{10} is the value at 10 m;

E_x is the measured value at D m;

n is a factor taken from the table below.

Frequency range	n
9 kHz to 150 kHz	2
0,15 MHz to 0,4 MHz	1,8
0,4 MHz to 1,6 MHz	1,65
1,6 MHz to 110 MHz	1,2
110 MHz to 1 000 MHz	1,0

The measured values (at the equivalent 10 m distance) shall not exceed the limits given in Figure 1 for the appropriate system voltage.

Where the physical layout of the railway totally prevents the use of reference distances, a method shall be agreed to suit the particular circumstances. For example, if the railway is in tunnel, miniature antennas can be used on the wall of the tunnel. In such a case, the limits selected shall take into account the method of measurement.

5.1.7 The height above rail level of the antenna centre shall be within the range 1,0 m to 2,0 m for the loop antenna, and within 2,5 m to 3,5 m to the centre of dipole or log-periodic antennas. If the level of the ground at the antenna differs from the rail level by more than 0,5 m, the actual value shall be noted in the test report.

The plane of the loop antenna shall be vertical and parallel to the line of the track. The biconical dipole shall be placed in the vertical and horizontal axis. The log periodic antenna shall be arranged to measure the vertical and horizontal polarisation signal, with the antenna directed towards the track.

Figures 3, 4 and 5 show the positions and vertical alignments of the antennas.

5.1.8 In the case of elevated railway systems, if the antenna heights specified above cannot be achieved, the height of the antenna centre can be referenced to the level of the ground instead of to the rail level. The conversion formula in 5.1.6 shall be employed where D is the slant distance between the train and the antenna. The train shall be visible from the location of the antenna and the axis of the antenna shall be elevated to point directly at the train. A measurement distance of 30 m from the track centreline is preferred for highly elevated railways. Full details of the test configuration shall be noted in the test report.

5.1.9 If tests are being done on a railway with overhead electrified supply, the measuring point shall be at the mid-point between the support masts of the overhead line and not at a discontinuity of the contact wire. It is recognised that resonance can exist in an overhead system at radio frequencies and this may require changes in the values of frequency chosen for measurement. If resonance exists, this should be noted in the test report.

The radio frequency emission will be affected by the state of the railway supply system. Switching of feeder stations and temporary works will influence the response of the system. It is therefore necessary to note the condition of the system in the test record and, if possible, all similar tests should be carried out within the same working day. Where the railway has a track-side conductor rail power supply, the test location should be at least 100 m from gaps in the rail, to avoid inclusion of the transient fields associated with the make and break of collector contact. The conductor rail and the antennas shall be on the same side of the track.

5.1.10 The test sites do not correspond to the definition of a completely clear site because they are influenced by overhead structures, rails and the catenary. However, wherever possible, antennas shall be placed well away from reflecting objects. If overhead power lines are nearby, other than those which are part of the railway network, they should be no closer than 100 m to the test site.

5.1.11 The values measured are expressed as:

- dB μ A/m for magnetic fields,
- dB μ V/m for electrical fields.

These are obtained by using the appropriate antenna factors and conversions.

5.1.12 Background noise shall be measured at the test site in the absence of train effects. This will give the noise values from the energised power supply conductors. If this is significant, it is advisable to measure also at 100 m from the test site, to identify any high non-railway sources of noise.

5.2 Frequency selection

5.2.1 Selected frequencies

The selection of the actual frequencies to be measured will depend on the circumstances of the test site.

If high signals exist, for example from public broadcasting stations, the selection of test frequencies shall take this into account.

It is recommended that test frequencies are selected so that there are at least three frequencies per decade.

5.2.2 Sweep frequency

In view of the short time available for measurement in one train passage, the use of a sweep frequency measuring technique, in which the peak noise is measured with a peak-hold circuit as the frequency is changed, may offer adequate information concerning generation of noise. There will still remain problems of time because the rate of change of frequency is a function of the bandwidth, due to considerations of accuracy. A sweep analyser will usually set its own sweep rate to meet this requirement. If this method is used, sweep rate as well as bandwidth shall be noted.

5.3 Transients

During the test, transients due to switching may be detected, such as those caused by operation of power circuit breakers. These shall be disregarded when selecting the maximum signal level found for the test.

5.4 Measuring conditions

5.4.1 Weather conditions

To minimise the possible effect of weather on the measured values, measurements should be carried out in dry weather, (after 24 h during which not more than 0,1 mm rain has fallen), with a temperature of at least 5 °C, and a wind velocity of less than 10 m/s.

Humidity should be low enough to prevent condensation on the power supply conductors.

Since it is necessary to plan the tests before the weather conditions can be known, tests will have to be made in weather conditions which do not meet the target conditions. In these circumstances, the actual weather conditions shall be recorded with the test results.

5.4.2 Railway operating modes

Two test conditions are specified for the traction mode and are:

- a) measurement at a speed of more than 90 % of the maximum service speed, (to ensure that the dynamics of current collection are involved in the noise level) and at the maximum power which can be delivered at that speed.
- b) at the maximum rated power and at a selected speed, (particularly if the lower frequencies are of concern).

If the vehicle is capable of electric braking, tests are required at a brake power of at least 80 % of the rated maximum brake power.

5.4.3 Multiple sources from remote trains

For the purpose of limits, the presence of "physically-remote but electrically-near" vehicles out of the test zone is regarded as insignificant when considering radio noise.

5.5 Test report

The test report shall contain the following information.

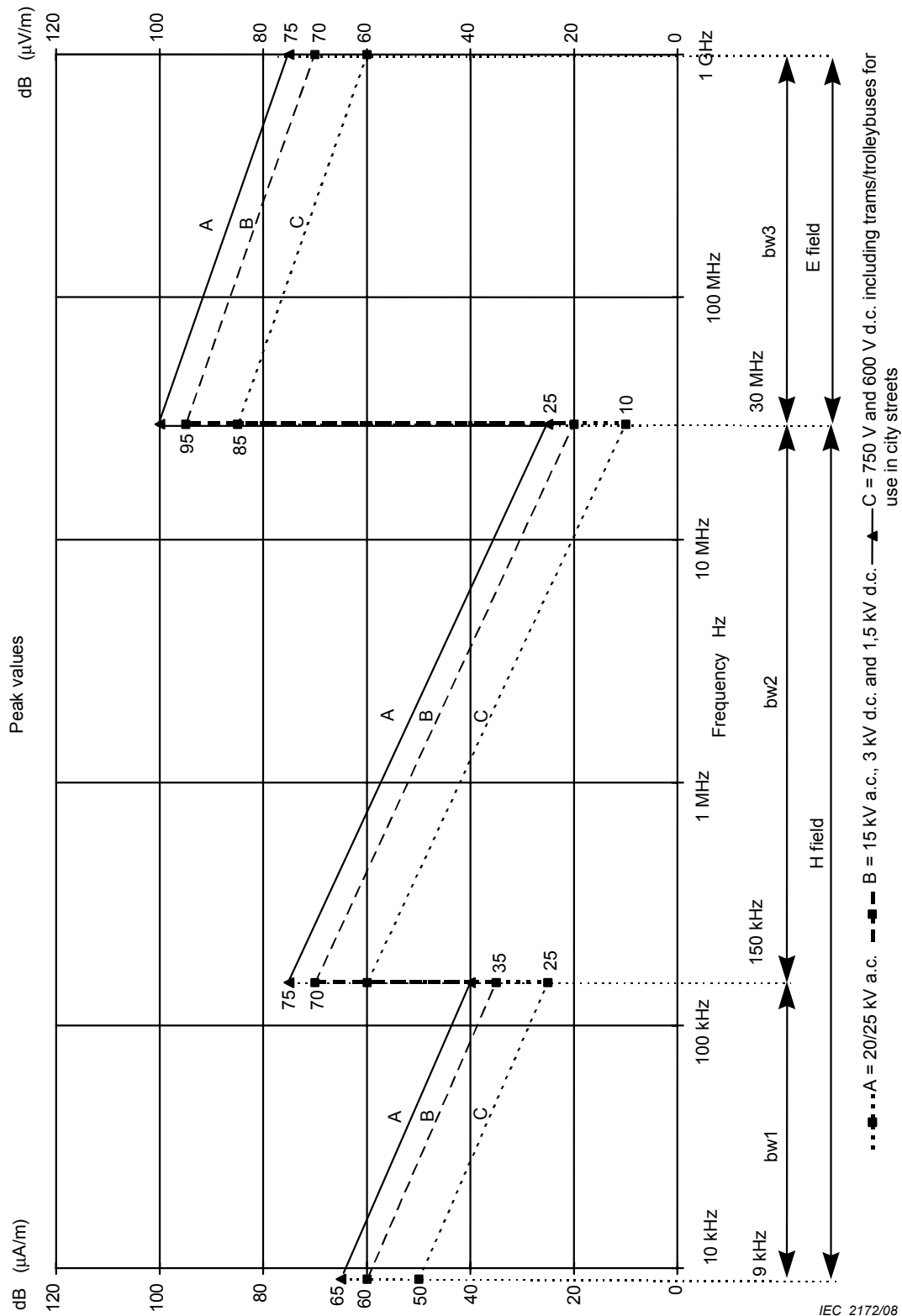
- description of site;
- description of measuring system;
- description of railway vehicle (type and configuration);
- numerical results;
- graphical results where relevant (the results shall include information such as bandwidths, date, time);
- weather conditions;
- name of person in charge at site.

5.6 Antenna positions

Figure 3 shows the position of the antenna for measurement of the magnetic field in the 9 kHz to 30 MHz frequency band.

Figure 4 shows the position (vertical polarisation) of the antenna for measurement of the electric field in the 30 MHz to 300 MHz frequency band. For the measurement of the horizontal field parallel to the track, the antenna is turned by 90°.

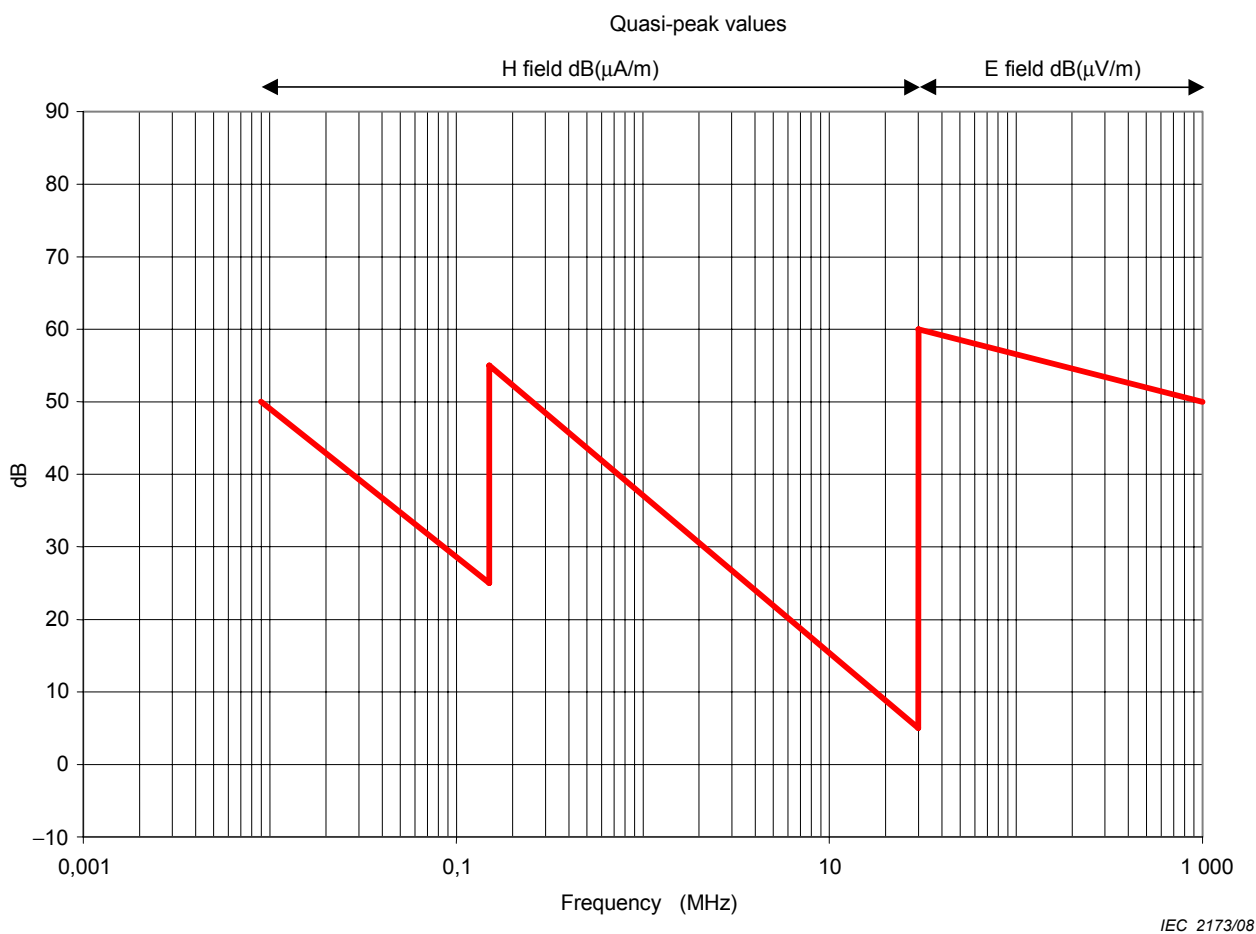
Figure 5 shows the position (vertical polarisation) of the antenna for measurement of the electric field in the 300 MHz to 1 GHz frequency band. For the measurement of the horizontal field parallel to the track, the antenna is turned by 90°.

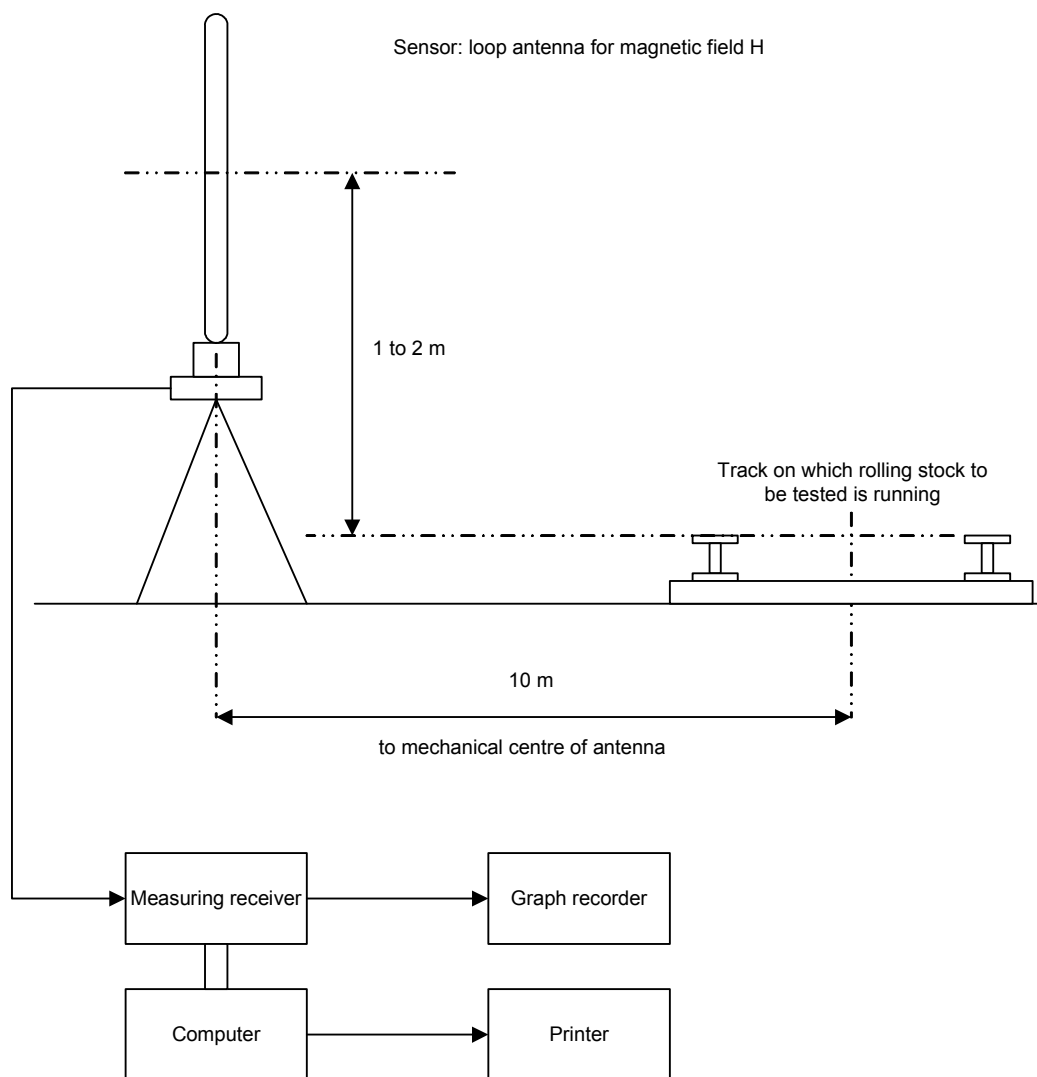


NOTE 1 The discontinuities of the curves are due to changing of the bandwidth of the measurement receiver: bw1 = 200 Hz; bw2 = 9 kHz; bw3 = 120 kHz.

NOTE 2 Values are 10 m from the railway track.

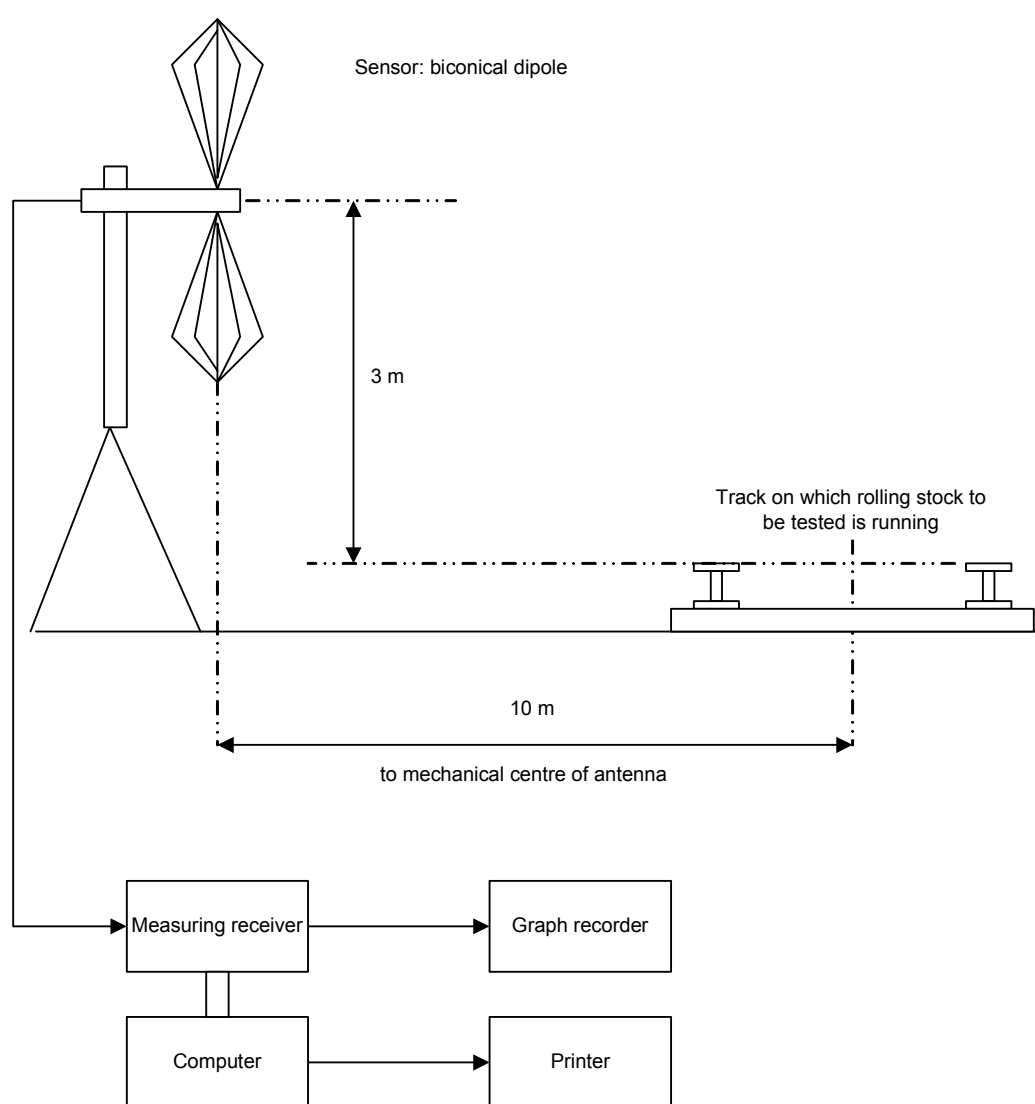
Figure 1 – Emission limits in frequency range 9 kHz to 1 GHz

**Figure 2 – Emission limit for substations**



IEC 2174/08

Figure 3 – Position of antenna for measurement of magnetic field in the 9 kHz to 30 MHz frequency band



IEC 2175/08

Figure 4 – Position (vertical polarisation) of antenna for measurement of electric field in the 30 MHz to 300 MHz frequency band

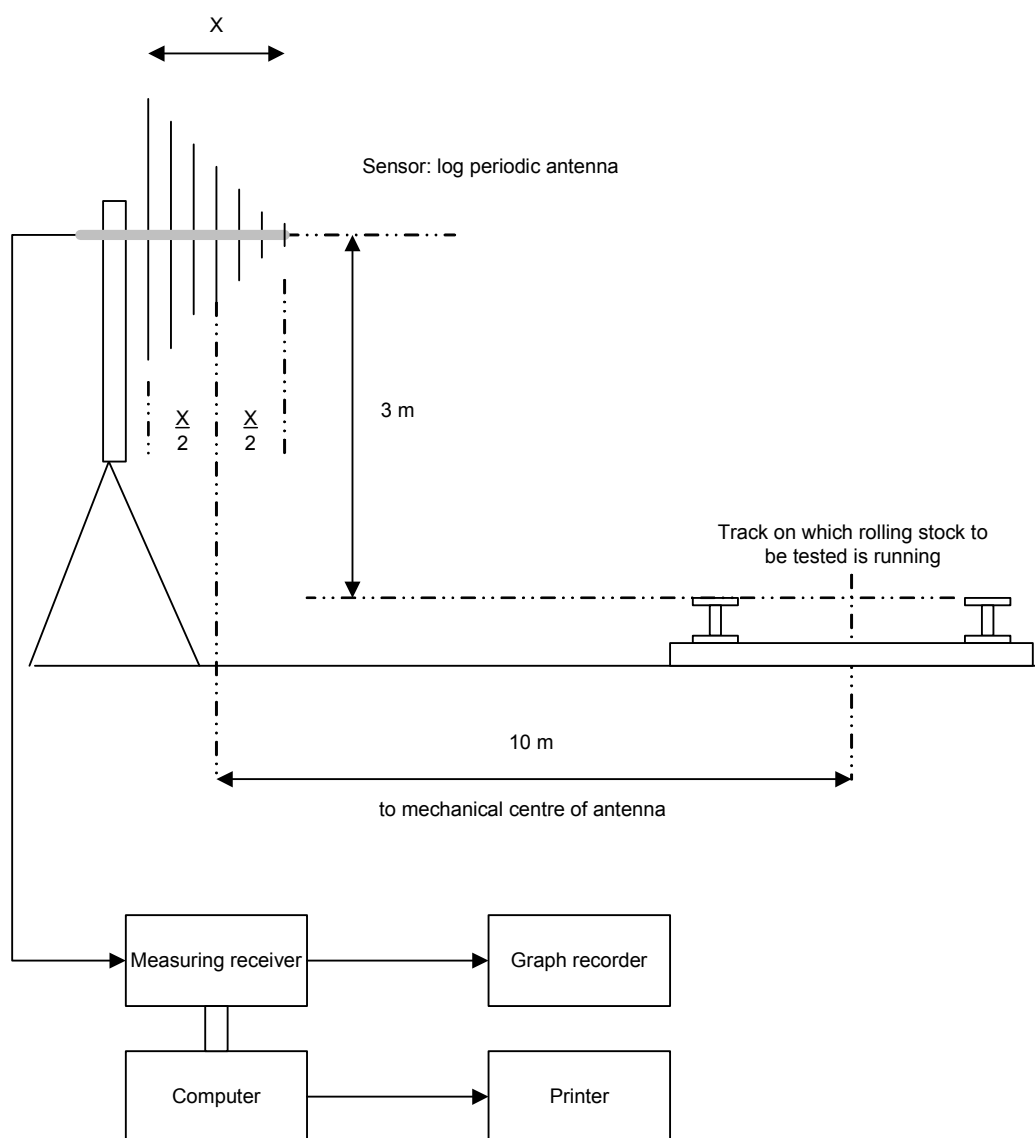


Figure 5 – Position (vertical polarisation) of antenna for measurement of electric field in the 300 MHz to 1 GHz frequency band

IEC 2176/08

Annex A (normative)

Method of measurement of electromagnetic emission from railway substations

A.1 Positions for tests

In view of the special geometry of a railway traction supply system, it is necessary to define the conditions for the measurement of emission of electromagnetic fields under normal load conditions.

A.2 Substation load

A feature of railway substations is that the load can change widely in short times. Since emission can be related to load, the actual loading of the substation shall be noted during emission tests.

A.3 Method of measurement

Emission shall be measured at a distance of 10 m from the outer fence of the substation, at the midpoints of the three sides, excluding the side which faces the railway, unless this side is more than 30 m from the centre of the nearest electrified railway track. In this case all four sides shall be measured. If the length of the side of the substation is more than 30 m, measurements shall be taken additionally at the corners.

The accuracy of the measuring equipment for the radio frequency tests shall not differ by more than $\pm 4,0$ dB from the requirements of CISPR 16-1-1.

At each measuring position, the following shall be measured:

- a) the maximum radio emission at a frequency in the neighbourhood of 1 MHz (selected on site to avoid other transmissions), measured by vertical plane loop antenna, noting the orientation of the antenna. The loading of the substation shall be at least 30 % of the rated load. The base of the loop antenna shall be between 1 m and 1,5 m above ground;
- b) the radio emission over the frequency range 9 kHz to 30 MHz, measured with the loop in the maximum orientation position as under a). The loading of the substation shall be at least 30 % of the rated load during these measurements;

NOTE It is accepted that the fixed antenna position may result in values being less than the absolute maximum at some frequencies.

- c) the maximum radio emission over the frequency range 30 MHz to 300 MHz, measured typically by vertical dipole or vertical biconical antenna. The loading of the substation shall be at least 15 % of the rated load during the measurements. The centre of the antenna shall be 3 m above ground,
- d) the maximum radio emission at a frequency in the neighbourhood of 350 MHz (selected on site to avoid other transmissions), measured typically by vertical polarised log-periodic antenna, noting the orientation of the antenna. The loading of the substation shall be at least 15 % of the rated load. The centre of the antenna shall be 3 m above ground,
- e) the radio emission over the frequency range 300 MHz to 1 GHz, be measured typically with the log-periodic antenna in the maximum orientation position as under d). The loading of the substation shall be at least 15 % of the rated load during these measurements. The centre of the antenna shall be 3 m above ground.

Annex B (informative)

Background to the method of measurement

B.1 General

This annex describes a method of measuring the electromagnetic noise emitted by a railway network when railway vehicles are moving on the network. Existing methods are not considered to be appropriate because the vehicles may be moving at significant speeds. IEC 62236-3-1 covers the case of stationary and slow moving vehicles. Both traction and trailer vehicles should be examined since the trailers may contain electric equipment which can emit noise. It is also necessary to test diesel traction vehicles since they may contain sources of radio emission. The method allows an assessment to be made of the disturbance which would be caused to other users of the electromagnetic spectrum. The standard describes a reference method of measurement.

B.2 Requirement for a special method of measurement

For frequencies above 9 kHz, there is a standard method of measuring radio fields and this is described in CISPR 16-1-1.

A railway network has particular features which make necessary the use of a special method of measurement. These features include a rapidly moving source and the possibility of radiation from the long antenna formed by the electrical supply conductors of an electrified railway.

The example given in Figure B.1 shows the time variation of emission from a moving train with many transient events.

This method of measuring railway noise does not follow the quasi-peak method of CISPR 16-1-1 because measurements conducted on the basis of that method are not sufficient to enable the full extent of the disturbances affecting other systems in the vicinity to be identified. The method of CISPR 16-1-1 is only designed to protect radio communication from interference and takes no account of electronic safety systems such as those used beside the railway track or at airports, where short-time transients may cause interference. If the CISPR 16-1-1 method were to be selected as a basis for European Standards, it would still be necessary to apply peak detection methods to meet the needs of local industry and undertake realistic simulation exercises. In the case of railways, this need for double testing would lead to difficulties.

It appears difficult to establish an exact link between the values obtained with the peak and quasi-peak methods, in view of the fact that the disturbances created by the vehicle may be almost constantly sinusoidal at the working frequency of some of the on-board ground-to-train transmission equipment, or a series of repeated pulses for other sources, for example the pantograph/overhead line contact. However, in all cases, the value measured with a peak detection system will be greater than or equal to the value obtained with a quasi-peak system in accordance with CISPR 16-1-1.

B.3 Justification for a special method of measurement

Fields are not measured using the method of CISPR 16-1-1, but are made with peak detection within a short time window, 50 ms being recommended, at the selected frequency because:

- this gives a better representation of the effect on any system (electronic or computer), whereas the weighting principles applied with quasi-peak detection are only representative of interference in relation to radio transmission, the time window of 50 ms will capture the peak emission from a.c. railways which tends to occur at current reversals. On 16,7 Hz, these reversals are 33 ms apart and one will always be detected within the 50 ms window;
- it is also faster, for with some quasi-peak detector systems as much as 1 s is necessary because of the requirements of galvanometer-type instruments. This is far too long in the case of a moving train;
- it gives the maximum value that could be measured with the method of CISPR 16-1-1 and is representative of the "worst possible case" for interference to radio transmission.

B.4 Frequency range

Although the railway vehicle and sliding contact current collection are also sources of noise above 1 GHz, the emission levels are low and attenuation with distance is high. Therefore, no proposals are made at present for measurements above 1 GHz.

B.5 Comments to bandwidth

Bandwidths other than those given in 5.1.2 are available in suitable measuring equipment, such as 300 Hz for the 9 kHz to 150 kHz band, and 7,5 kHz or 10 kHz for 0,15 MHz to 30 MHz. In the 9 kHz to 150 kHz band, the bandwidth is small, but this is valuable since it improves the ability to find specific sources of noise. In the 0,15 MHz to 30 MHz range, the difference between 7,5 kHz, 9 kHz and 10 kHz will not be significant in terms of identification. If bandwidths other than those given above are used, the results shall be converted to the approved bandwidth on the basis that the noise is impulsive in nature

B.6 Accuracy of the measurement equipment

The accuracy value ± 4 dB given in 5.1.3 is chosen since it is known that a test repeatability of ± 10 dB or more is found for nominally similar conditions. The measuring sets defined in CISPR 16-1-1 are very accurate but this accuracy is unreal when the emission varies so much between tests. The use of measuring apparatus of less accuracy may be permitted (sweep frequency analysers for example), where it has been verified that the results do not differ by more than ± 4 dB from CISPR 16-1-1 apparatus. Sweep analysers are available with peak and quasi-peak detection, and bandwidths given in CISPR 16-1-1.

B.7 Antenna positions

There are options for choosing the distance of the antenna from the centre-line of the track. The usual distances used for radio frequency tests are 1 m, 3 m, 10 m and 30 m. A value of 1,0 m is impossible and if 3 m is chosen, there is a possibility that the vehicle body will have a very strong local effect and this may give a false impression of the field at greater distances. A distance of 10 m is preferred since, with an electric traction supply, the sliding contact is directly viewed by the antenna and body effects are less. Another standard distance is 30 m and this may be easier to provide at particular sites, but the signal strength is lower and local noise may make it more difficult to obtain values of railway noise. Hence, the distance selected for measurements is 10 m in relation to the centre line of the track on which the vehicles are running.

NOTE Steps should be taken to ensure that the measuring equipment and any associated power supply and apparatus does not affect the readings.

B.8 Conversion of results if not measured at 10 m

The values of n are based on observations made with overhead power lines and are for open country sites. In built-up urban areas, higher values of n will be found. The values of n listed in 5.1.6 are known to be adequately accurate since the value of n for 100 MHz was specifically measured for a railway and was found to be 1,25, for distances up to 100 m. CISPR 22 uses –20 dB per decade of distance ($n = 1$), but this is a special case for a conducting ground plane.

When testing at 10 m, it is important to recall that the induction field and the radiation field have different characteristics near to the source. If the distance is small compared to the wavelength, the induction field will predominate. The position with respect to a point source at which these two fields have equal magnitudes is at a theoretical distance of (wavelength/ 2π). Hence, if 10 m is taken as the measuring distance, all tests below about 5 MHz are in the near field where the magnetic induction signal dominates. Results are then most accurately expressed in A/m. In the near field, the E field is low and is not usually a cause of disturbance. With an extended source such as a train, the near field zone may extend further than the “point source” theory would suggest.

For the purposes of this method, the ampere per metre fields are converted to volts per metre by multiplying by the impedance of free space ($120 \pi \Omega$).

A single height is used for the dipole and log-periodic antenna since variable height cannot be used as is usual for emission testing.

The position of antennas in the middle between masts reduces the screening effect of the masts and the local transients due to sparking which are commonly found at the mast, where the mechanical impedance may change suddenly. Similarly, booster transformers, overlaps, section insulators, neutral sections and other major irregularities should be avoided.

B.9 Measuring scales

On the log scale: 1 $\mu\text{V/m}$ is 0 dB $\mu\text{V/m}$ and 1,0 V/m is 120 dB $\mu\text{V/m}$. (A similar relationship applies for $\mu\text{A/m}$ and dB $\mu\text{A/m}$).

Limit values may be expressed in A/m and V/m and these can be derived as necessary.

Electrical field strength in dB $\mu\text{V/m}$ = magnetic field strength in dB $\mu\text{A/m}$ + 51,5 if the measurement is taken in the far field ($51,5 = 20 \log_{10}(\text{impedance of free space wave})$).

B.10 Repeatability of results

A special problem with measurements of railway radio frequency emissions is that the source is moving along the railway. This makes it difficult to collect a large number of results from the trackside and it is therefore necessary to define the conditions for measurement so that some degree of repeatability can be achieved.

To reduce the chance that remote vehicles will produce significant emissions at the test point, by phenomena such as resonance, any other vehicles supplied on the same catenary or supply rail should be at sufficient distance from the test point. For catenary supply, a distance of 20 km is suggested and for supply rail systems a distance of 2 km.

Even under these conditions, substantial variation between test results is to be expected.

B.11 Frequency selection

Another consideration, due to the movement of the vehicle, is that measurements at different frequencies across the required range are difficult due to the short time of the test. Three methods can be used to allow sufficient data to be captured. Tests can be done at several selected frequencies during one train passage; a frequency sweep technique can be used during one train passage; or one frequency is measured for each passage, requiring many passages of the train.

To obtain short time windows, use can be made of computer driven measuring sets in which the frequency is reset and held only long enough to take a reading. This allows 5 or more frequencies per second to be measured. To give adequate cover of the spectrum, a minimum of at least three frequencies per decade should be examined.

In the range 9 kHz to 150 kHz, the traction equipment may be a source of noise at clearly identifiable frequencies. It is desirable that a search be made in this range to find these noise maxima and to measure at these frequencies. Note that radio signals from outside transmitters can be found, even at these low frequencies, and these should be identified and avoided. For frequencies above 150 kHz, it is not considered necessary to make a separate search for characteristic frequencies from the vehicle.

Another option would be to use fewer frequencies and assume a linear characteristic. However, this linear assumption is not soundly based, since the vehicle may produce strong signals at a specific frequency and additionally the overhead may exhibit resonant behaviour. The use of three frequencies per decade is therefore the minimum requirement and it is advantageous if more frequencies can be used.

B.12 Railway conditions

B.12.1 Weather

When the railway is an outdoor network, weather will affect the level of radio noise which is produced. For HV power lines, the noise increases by about 20 dB during rain. With railways, the noise from the pantograph contact may reduce with rain, as the carbon film on the contact wire is removed, giving a closer contact between wire and pantograph. If ice has formed on the supply conductor, increased arcing will take place and give increased noise. If the wind velocity is high, the mechanics of the overhead conductor will be affected and the contact between wire and pantograph will be affected. The effect of weather on the emission of noise from railway vehicles is not yet fully understood.

B.12.2 Speed, traction power

To give some valid comparison, noise measurements of a moving vehicle shall be made under specified conditions when the vehicle is travelling at some selected proportion of its maximum speed and, if it is a traction vehicle, is delivering some selected proportion of its continuous rated power. Values for these proportions need to be selected and this process needs to take into account the operating envelope of the vehicle. An ideal provision is that the vehicle should operate at the condition which produces the maximum radio noise, but since there is as yet no method by which this can be defined, such a requirement is not used.

B.12.3 Multiple sources from remote trains

In real cases, more than one traction vehicle may be within the disturbance zone of an affected object. For the purpose of limits, the presence of "physically-remote but electrically-near" vehicles out of the test zone is regarded as insignificant when considering radio noise. This recognises that the sources are moving and that although the remote vehicles are sources of noise, the attenuation with distance for the higher frequencies is normally high. When fields at the lower frequencies of measurement are considered, the attenuation is low and all vehicles within the zone of influence (which may extend several km) can affect the

noise level. The effect of addition is however within the repeatability error of the tests and the emission from a single train can be assessed against the limit.

B.13 Number of traction vehicles per train

When traction vehicles are coupled, the contact quality of the trailing pantographs can be disturbed and a higher noise emission may occur. If tests are to be done in the maximum train consist, with coupled vehicles, they should be the subject of a specific request. The permitted emission from this test should take into account the fact that trains may operate in multiple units and thereby generate more noise.

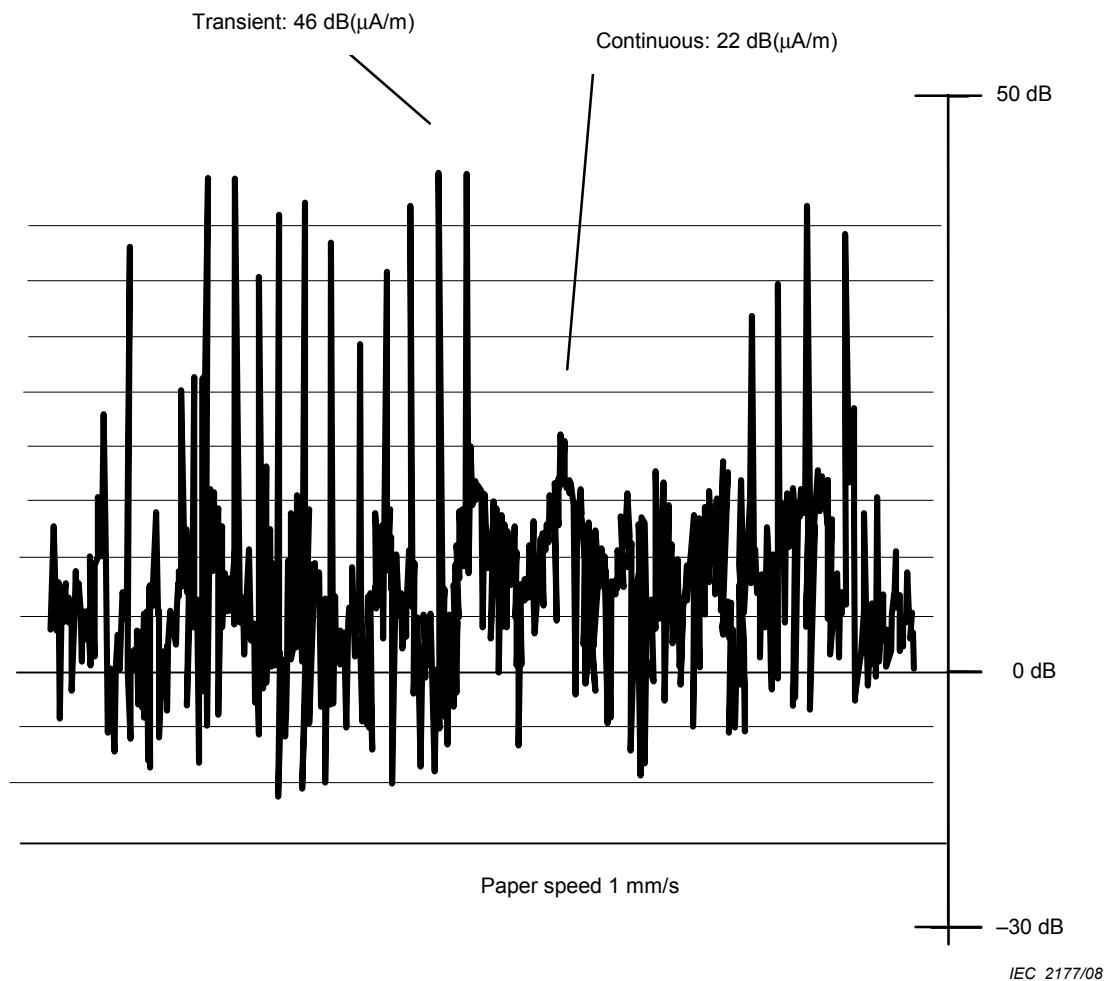


Figure B.1 – Time variation of emissions from a moving train with many transient events

Annex C (informative)

Cartography – Electric and magnetic fields at traction frequencies

Table C.1 gives typical numerical values of quantities describing the emission of the railway to the outside world (cartography).

The quantities given are the electric field E and the magnetic field H of the d.c. or the a.c. fundamental component, calculated for conductor arrangements regarded to be typical for the respective type of electrification.

**Table C.1 – Typical maximum electric and magnetic field values
at fundamental frequency of different electrification systems**

(Calculated values for 10 m distance from the centre line of the nearest track, 1 m above rail level)

System	Frequency	E-field		H-field		Reference conditions	Reference documentation
	Hz	(V/m)	(dBμV/m)	(μT)	(dBμA/m)		
750 V to 1 200 V conductor rail	0	<10		46	151	$I_c = 4\,000\text{ A}$ 50 % return current in rails	
600 V to 750 V catenary	0	35		15		$I_c = 1\,000\text{ A}$ 50 % return current in rails	IEC 61000-2-7
1 500 V catenary	0	63	156	111	159	$I_c = 8\,000\text{ A}$ $U = 1\,800\text{ V}$ No aerial wire	ITU(T) Directives CIGRE WG 3601
3 kV	0	50	154	28	147	$I_c = 3\,000\text{ A}$, $U = 3,6\text{ kV}$ Aerial wire	ITU(T) Directives CIGRE WG 3601
15 kV	16,7	750	177	40	150	$I_c = 2\,000\text{ A}$, RMS $U = 17,25\text{ kV}$ No aerial wire	ITU(T) Directives CIGRE WG 3601
25 kV	50	1 000	180	16	142	$I_c = 1\,500\text{ A}$, RMS $U = 27,5\text{ kV}$ With feeder wire autotransformer	ITU(T) Directives CIGRE WG 3601
NOTE Double track assumed for calculation. I_c = current in one conductor rail or catenary of each track The electric fields at harmonic frequencies (mainly third and fifth harmonic of a.c. supply frequency or 300 Hz and 600 Hz ripple of d.c. supply) may be in the order of 5 % of the fundamental. The magnetic fields at a.c. harmonic frequencies range up to 10 % of the fundamental or up to 2 % at 300 Hz and 600 Hz for d.c. systems. The lateral decrease of the electric and of the magnetic fields may be assumed to decrease linearly with distance. The magnetic field can be calculated linearly with the current.							

Bibliography

Other standards which are relevant to the EMC behaviour of apparatus used in railway substations are listed below. Where limits are in conflict, those contained within this standard take precedence.

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic Compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic Standards – Emission standard for industrial environments*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	27
1 Domaine d'application	29
2 Références normatives	29
3 Termes et définitions	30
4 Limites d'émission	30
4.1 Emission provenant d'un chemin de fer de surface pendant le fonctionnement des trains	30
4.2 Emission radio fréquence provenant des sous-stations ferroviaires d'alimentation	30
5 Méthode de mesure des émissions des trains en déplacement	31
5.1 Paramètres de mesure	31
5.2 Choix des fréquences	33
5.2.1 Fréquences choisies	33
5.2.2 Balayage en fréquence	34
5.3 Transitoires	34
5.4 Conditions de mesure	34
5.4.1 Conditions météorologiques	34
5.4.2 Modes de fonctionnement du système ferroviaire	34
5.4.3 Sources multiples provenant de trains éloignés	34
5.5 Rapport d'essai	34
5.6 Position des antennes	35
Annexe A (normative) Méthode de mesure des émissions électromagnétiques des sous-stations ferroviaires d'alimentation	41
Annexe B (informative) Contexte du choix de la méthode de mesure	43
Annexe C (informative) Cartographie – Champs électriques et magnétiques aux fréquences de traction	49
Bibliographie	50
 Figure 1 – Limites d'émission dans la plage de fréquences de 9 kHz à 1 GHz	36
Figure 2 – Limite d'émission des sous-stations	37
Figure 3 – Position de l'antenne pour la mesure du champ magnétique dans la bande de fréquences de 9 kHz à 30 MHz	38
Figure 4 – Position (polarisation verticale) de l'antenne de mesure du champ électrique dans la bande de fréquences de 30 MHz à 300 MHz	39
Figure 5 – Position (polarisation verticale) de l'antenne de mesure du champ électrique dans la bande de fréquences de 300 MHz à 1 GHz	40
Figure B.1 – Variation temporelle des émissions d'un train en déplacement avec de nombreux événements transitoires	48
 Tableau C.1 – Valeurs de champs électriques et magnétiques maximum types à la fréquence fondamentale des différents systèmes d'électrification	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –****Partie 2: Emission du système ferroviaire
dans son ensemble vers le monde extérieur**

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 62236-2 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 50121-2:2006.

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

- facteur de conversion de la distance défini dans la gamme de fréquences de 9 kHz à 150 kHz.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1185/FDIS	9/1213/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.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

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

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62236 fixe les limites d'émission provenant du système ferroviaire dans son ensemble et s'applique également au transport urbain. Elle décrit la méthode de mesure à utiliser pour vérifier les émissions et donne la cartographie des niveaux de champ rencontrés le plus fréquemment.

Les limites se réfèrent aux points de mesure particuliers définis à l'Article 5 et à l'Annexe A. Il convient de considérer que ces émissions existent en tout point dans les plans verticaux situés à 10 m des lignes centrales des voies de chemin de fer électrifiées en zone extérieure ou à 10 m de la clôture des sous-stations.

Les zones situées au-dessus et en dessous du système ferroviaire peuvent également être affectées par des émissions électromagnétiques et les cas particuliers doivent être pris en compte de manière individuelle.

Ces dispositions spécifiques doivent être utilisées avec les dispositions générales données dans 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 60050-161, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 161: Compatibilité électromagnétique (CEM)*

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

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

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*

CISPR 22, *Appareils de traitement de l'information – Caractéristiques des perturbations radioélectriques – Limites et méthodes de mesure*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60050-161 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

appareil

produit électrique ou électronique ayant une fonction intrinsèque qui est destiné à être mis en place dans une installation fixe ferroviaire

3.2

environnement

objets ou zone situés autour des éléments considérés qui peuvent influencer le comportement du système et/ou qui peuvent être influencés par celui-ci

3.3

interface externe

limite dans laquelle un système interagit avec un autre système ou avec son environnement

3.4

sous-station ferroviaire

installation dont la fonction principale consiste à alimenter un système de ligne de contact et où la tension du réseau primaire d'alimentation, et dans certains cas la fréquence, est transformée pour obtenir la tension et la fréquence de la ligne de contact

3.5

lignes d'alimentation du système ferroviaire

conducteurs situés dans les limites du système ferroviaire qui fournissent de l'électricité au seul système ferroviaire mais qui ne sont pas à la tension de celui-ci

4 Limites d'émission

4.1 Emission provenant d'un chemin de fer de surface pendant le fonctionnement des trains

Les limites d'émission dans la plage de fréquence de 9 kHz à 1 GHz sont données à la Figure 1 et la méthode de mesure est définie à l'Article 5. Pour les lignes qui ne sont pas électrifiées, les limites sont les mêmes que celles données pour le 750 V c.c.

L'Annexe C donne à titre indicatif des valeurs typiques de champ maximum à la fréquence fondamentale des différents systèmes d'électrification. Elles dépendent de nombreux paramètres opérationnels et géométriques qui peuvent être obtenus du contrôleur de l'infrastructure.

Pour les véhicules urbains fonctionnant dans les rues des villes, les limites d'émission données à la Figure 1 pour le 750 V c.c. avec rail conducteur ne doivent pas être dépassées.

NOTE 1 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 peut être acceptable s'il peut être démontré qu'aucun problème de compatibilité existe.

NOTE 2 Il n'est pas possible de réaliser des essais complets avec détection de quasi-crête à cause des raisons indiquées à l'Annexe B.

4.2 Emission radio fréquence provenant des sous-stations ferroviaires d'alimentation

L'émission de bruit radioélectrique provenant de la sous-station ferroviaire d'alimentation vers l'environnement extérieur mesurée selon la méthode définie à l'Annexe A ne doit pas dépasser les limites de la Figure 2.

Les limites sont définies en valeurs quasi-crête et les largeurs de bande utilisées pour la mesure 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

La distance de 10 m définie à l'Annexe A doit être mesurée à partir de la clôture de la sous-station. S'il n'y a pas de clôture, les mesures doivent être prises à 10 m de l'appareil ou de la surface extérieure de l'enceinte s'il y en a une.

Les émissions des trains ne doivent pas être prises en compte dans la mesure.

NOTE 1 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 2 peut être acceptable s'il peut être démontré qu'aucun problème de compatibilité existe.

NOTE 2 Pour les autres types d'installations fixes comme les auto-transformateurs, les mêmes limite et distance de mesure doivent s'appliquer.

5 Méthode de mesure des émissions des trains en déplacement

La méthode de mesure est une adaptation de celle du CISPR 16-1-1 au système ferroviaire avec véhicules en déplacement. Les éléments de base de cette méthode de mesure sont donnés à l'Annexe B.

Les champs électromagnétiques générés par les véhicules ferroviaires lorsqu'ils fonctionnent dans un réseau ferré sont mesurés par des appareils de mesure de champ avec différentes plages de fréquences. On mesure la composante horizontale du champ magnétique perpendiculaire à la voie et les composantes verticale et horizontale (parallèle à la voie) du champ électrique rayonné.

5.1 Paramètres de mesure

5.1.1 On utilise la méthode de mesure de crête. La durée à une fréquence choisie doit être suffisante pour obtenir une lecture précise. C'est une fonction de l'équipement de mesure et la valeur recommandée est de 50 ms.

5.1.2 Les bandes de fréquences et les largeurs de bande à –6 dB utilisées pour les mesures sont conformes au CISPR 16-1-1.

Il s'agit des valeurs suivantes:

Bandes de fréquences:	9-150 kHz	0,15-30 MHz	30-300 MHz	300 MHz - 1GHz
Largeur de bande:	200 Hz	9 kHz	120 kHz	120 kHz

5.1.3 Lorsque l'antenne est connectée, l'erreur de mesure du niveau d'un champ sinusoïdal uniforme ne doit pas être de plus de $\pm 4,0$ dB avec un équipement CISPR 16-1-1.

5.1.4 Il est possible que le bruit n'atteigne pas sa valeur maximale lorsque le véhicule de traction passe devant le point de mesure, mais par contre lorsqu'il se trouve à une grande distance de celui-ci. Le dispositif de mesure doit donc être actif pendant une durée suffisante avant et après que le train soit passé afin de s'assurer que le niveau maximum de bruit soit enregistré.

5.1.5 Pour couvrir la plage complète de fréquences, il est nécessaire de prévoir différentes antennes. L'équipement type est décrit ci-dessous:

- pour la plage 9 kHz à 30 MHz, une antenne cadre est utilisée pour mesurer le champ H (voir la Figure 3);
- pour la plage 30 MHz à 300 MHz, un dipôle biconique est utilisé pour mesurer le champ E (voir la Figure 4);
- pour la plage 300 MHz à 1,0 GHz, une antenne log-périodique est utilisée pour mesurer le champ E (voir la Figure 5).

Des facteurs d'antenne étalonnés sont utilisés pour convertir la tension aux bornes de l'antenne en niveau de champ.

5.1.6 La distance préférentielle de l'antenne de mesure par rapport à la ligne centrale de la voie sur laquelle se déplace le véhicule est de 10 m. Dans le cas d'une antenne log-périodique, la distance de 10 m est mesurée par rapport au centre mécanique des éléments de l'antenne.

On ne considère pas qu'il est nécessaire de réaliser deux essais pour examiner les deux côtés du véhicule, même s'il contient des appareils différents des deux côtés, dans la mesure où la majorité de l'émission est produite par le contact glissant si le train se déplace.

Lorsque les essais sont effectués sur un emplacement qui satisfait à tous les critères recommandés à l'exception de la distance de 10 m des antennes par rapport au centre de la voie, les résultats peuvent être convertis en une valeur équivalente à 10 m en utilisant la formule suivante:

$$E_{10} = E_x + n \times 20 \times \log_{10} (D/10)$$

où

E_{10} est la valeur à 10 m;

E_x est la valeur mesurée à D m;

n est un facteur pris dans le tableau ci-dessous.

Plage de fréquences	n
9 kHz à 150 kHz	2
0,15 MHz à 0,4 MHz	1,8
0,4 MHz à 1,6 MHz	1,65
1,6 MHz à 110 MHz	1,2
110 MHz à 1 000 MHz	1,0

Les valeurs mesurées (à la distance équivalant à 10 m) ne doivent pas dépasser les limites données à la Figure 1 pour la tension réseau appropriée.

Si la disposition physique du système ferroviaire empêche totalement l'utilisation de distances de référence, une méthode doit faire l'objet d'un accord pour répondre aux circonstances particulières. Par exemple, si le chemin de fer se trouve dans un tunnel, des antennes miniatures peuvent être utilisées sur la paroi du tunnel. Dans un tel cas, les limites choisies doivent tenir compte de la méthode de mesure.

5.1.7 La hauteur au-dessus du rail du centre de l'antenne doit être comprise entre 1,0 m et 2,0 m pour l'antenne cadre et entre 2,5 m et 3,5 m par rapport au centre des dipôles ou des antennes log-périodiques. Si le niveau du sol au point où se situe l'antenne diffère du niveau du rail de plus de 0,5 m, la valeur réelle doit être notée dans le rapport d'essai.

Le plan de l'antenne cadre doit être vertical et parallèle à la ligne de la voie. L'antenne biconique doit être placée dans l'axe vertical et horizontal. L'antenne log périodique doit être

disposée pour mesurer le signal en polarisation verticale et horizontale, l'antenne étant dirigée vers la voie.

Les Figures 3, 4 et 5 montrent les positions et les alignements verticaux des antennes.

5.1.8 Dans le cas de systèmes ferroviaires aériens, si les hauteurs d'antenne spécifiées ci-dessus ne peuvent pas être respectées, la hauteur du centre de l'antenne peut être référencée au niveau du sol au lieu du niveau du rail. La formule de conversion en 5.1.6 doit être utilisée avec D égale à la pente entre le train et l'antenne. Le train doit être visible de l'endroit où est placée l'antenne et l'axe de l'antenne orienté vers le train. Une distance de mesure de 30 m à partir du centre de la voie est préférée pour les systèmes ferroviaires fortement surélevés. Tous les détails de la configuration de test doivent être notés dans le rapport d'essai.

5.1.9 Si les essais sont effectués dans un système ferroviaire avec une alimentation électrique aérienne, le point de mesure doit se situer au point central entre les pylônes porteurs de la ligne aérienne et pas à l'emplacement d'une discontinuité du fil de contact. Il est reconnu qu'il peut y avoir une résonance dans un réseau de lignes aériennes en radio fréquences et ceci peut nécessiter des modifications dans les valeurs des fréquences choisies pour la mesure. S'il y a résonance, il convient de le noter dans le rapport d'essai.

L'émission radiofréquence sera affectée par l'état du système d'alimentation ferroviaire. La commutation des stations d'alimentation et les travaux temporaires influenceront la réponse du système. C'est pourquoi il est nécessaire de noter la configuration du système durant les essais et il convient, dans la mesure du possible, que tous les essais similaires soient effectués pendant la même journée de travail. Lorsque le système ferroviaire possède une alimentation par rail conducteur, il est recommandé que l'emplacement d'essai soit situé à au moins 100 m des discontinuités du rail, pour éviter d'inclure les champs transitoires associés à l'ouverture et à la fermeture du contact de captation. Le rail conducteur et les antennes doivent être situés du même côté de la voie.

5.1.10 Les emplacements d'essai ne correspondent pas à la définition d'un emplacement complètement à l'abri de perturbations car ils subissent les influences des structures aériennes, des rails et de la caténaire. Cependant, lorsque cela est possible, les antennes doivent être placées très loin des objets réfléchissants. Si des lignes électriques aériennes sont à proximité, autres que celles qui font partie du réseau ferroviaire, il convient qu'elles ne soient pas à moins de 100 m de l'emplacement d'essai.

5.1.11 Les valeurs mesurées sont exprimées en:

- $\text{dB}\mu\text{A/m}$ pour les champs magnétiques,
- $\text{dB}\mu\text{V/m}$ pour les champs électriques.

Elles sont obtenues en utilisant les facteurs d'antenne et les conversions qui conviennent.

5.1.12 Le bruit de fond doit être mesuré sur l'emplacement d'essai en l'absence des effets du train. Cela donnera les valeurs de bruit provenant des conducteurs d'alimentation sous tension. Si cela est significatif, il est souhaitable de procéder également à des mesures à 100 m de l'emplacement d'essai pour identifier toute source élevée de bruit non ferroviaire.

5.2 Choix des fréquences

5.2.1 Fréquences choisies

Le choix des fréquences réelles à mesurer dépendra des circonstances de l'emplacement d'essai.

S'il existe des signaux élevés, par exemple provenant de stations de radiodiffusion publique, le choix des fréquences d'essai doit en tenir compte.

Il est recommandé que ces fréquences d'essai soient choisies de manière à ce qu'il y ait au moins trois fréquences par décade.

5.2.2 Balayage en fréquence

Compte tenu de la faible durée disponible pour la mesure pendant un passage de train, l'utilisation d'une technique de mesure par balayage en fréquence avec circuit de maintien des maximums au fur et à mesure que la fréquence évolue peut offrir des informations adéquates sur la génération du bruit. Il restera toujours des problèmes de temps car le rythme de variation de la fréquence dépend de la largeur de bande, à cause des considérations de précision. Un analyseur de spectre à balayage réglera généralement sa propre vitesse de balayage pour satisfaire à cette prescription. Si cette méthode est utilisée, on doit noter la vitesse de balayage et la largeur de bande.

5.3 Transitoires

Au cours de cet essai, des transitoires dus à des commutations peuvent être détectées, comme ceux causés par le fonctionnement de disjoncteurs. On ne doit pas en tenir compte lorsqu'on choisit le niveau de signal maximal trouvé dans cet essai.

5.4 Conditions de mesure

5.4.1 Conditions météorologiques

Pour réduire l'effet possible des éléments météorologiques sur les valeurs mesurées, il convient d'effectuer les mesures par temps sec, (après 24 h sans plus de 0,1 mm de pluie), avec une température d'au moins 5 °C, et une vitesse du vent de moins 10 m/s.

Il convient que l'humidité soit suffisamment faible pour empêcher toute condensation sur les conducteurs d'alimentation.

Comme il est nécessaire de planifier les essais avant de pouvoir connaître les conditions météorologiques, les essais devront parfois être réalisés dans des conditions météorologiques ne satisfaisant pas aux conditions recherchées. Dans ces circonstances, les conditions météorologiques réelles doivent être notées avec les résultats d'essai.

5.4.2 Modes de fonctionnement du système ferroviaire

Deux conditions d'essai sont spécifiées pour le mode de traction, ce sont:

- a) mesure à une vitesse supérieure à 90 % de la vitesse maximale de service, (pour s'assurer que la dynamique de captation de courant est intégrée au niveau de bruit) et à la puissance maximale qui peut être délivrée à cette vitesse.
- b) à la puissance maximale nominale et à une vitesse choisie, (particulièrement si des fréquences basses sont concernées).

Si le véhicule possède un freinage électrique, des essais sont nécessaires à une puissance de freinage d'au moins 80 % de la puissance de freinage maximale nominale.

5.4.3 Sources multiples provenant de trains éloignés

En ce qui concerne les limites, la présence de véhicules "distants physiquement mais proches électriquement" hors de la zone d'essai est considérée comme sans importance lorsqu'on étudie le bruit radioélectrique.

5.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- description de l'emplacement;

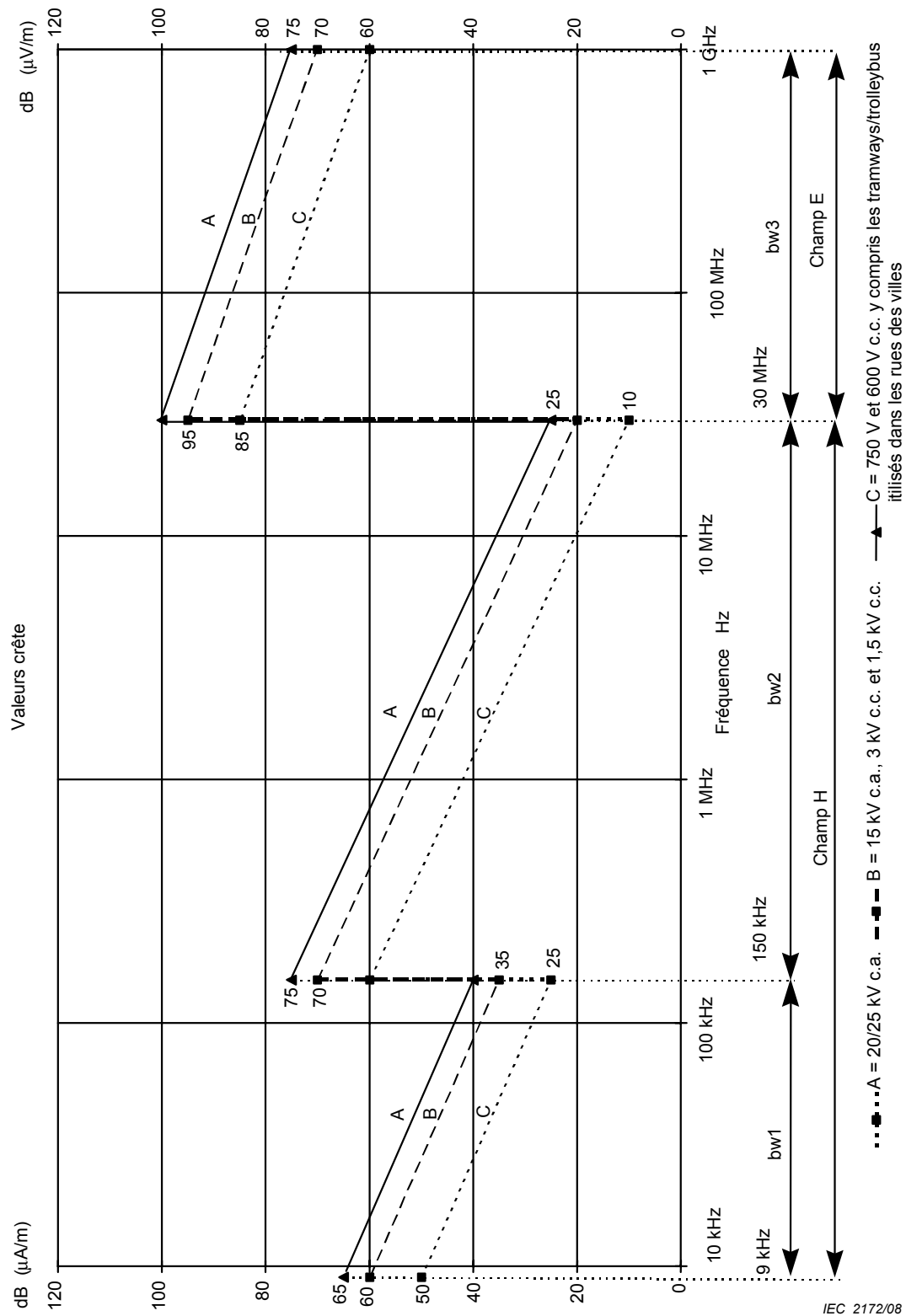
- description du système de mesure;
- description du véhicule ferroviaire (type et configuration);
- résultats numériques;
- résultats graphiques significatifs (ces résultats doivent inclure des informations telles que les largeurs de bande, la date, l'heure);
- les conditions météorologiques;
- le nom de la personne en charge de l'emplacement.

5.6 Position des antennes

La Figure 3 montre la position de l'antenne pour la mesure du champ magnétique dans la bande de fréquences 9 kHz à 30 MHz.

La Figure 4 montre la position (polarisation verticale) de l'antenne pour la mesure du champ électrique dans la bande de fréquences 30 MHz à 300 MHz. Pour la mesure du champ horizontal parallèle à la voie, l'antenne est tournée de 90°.

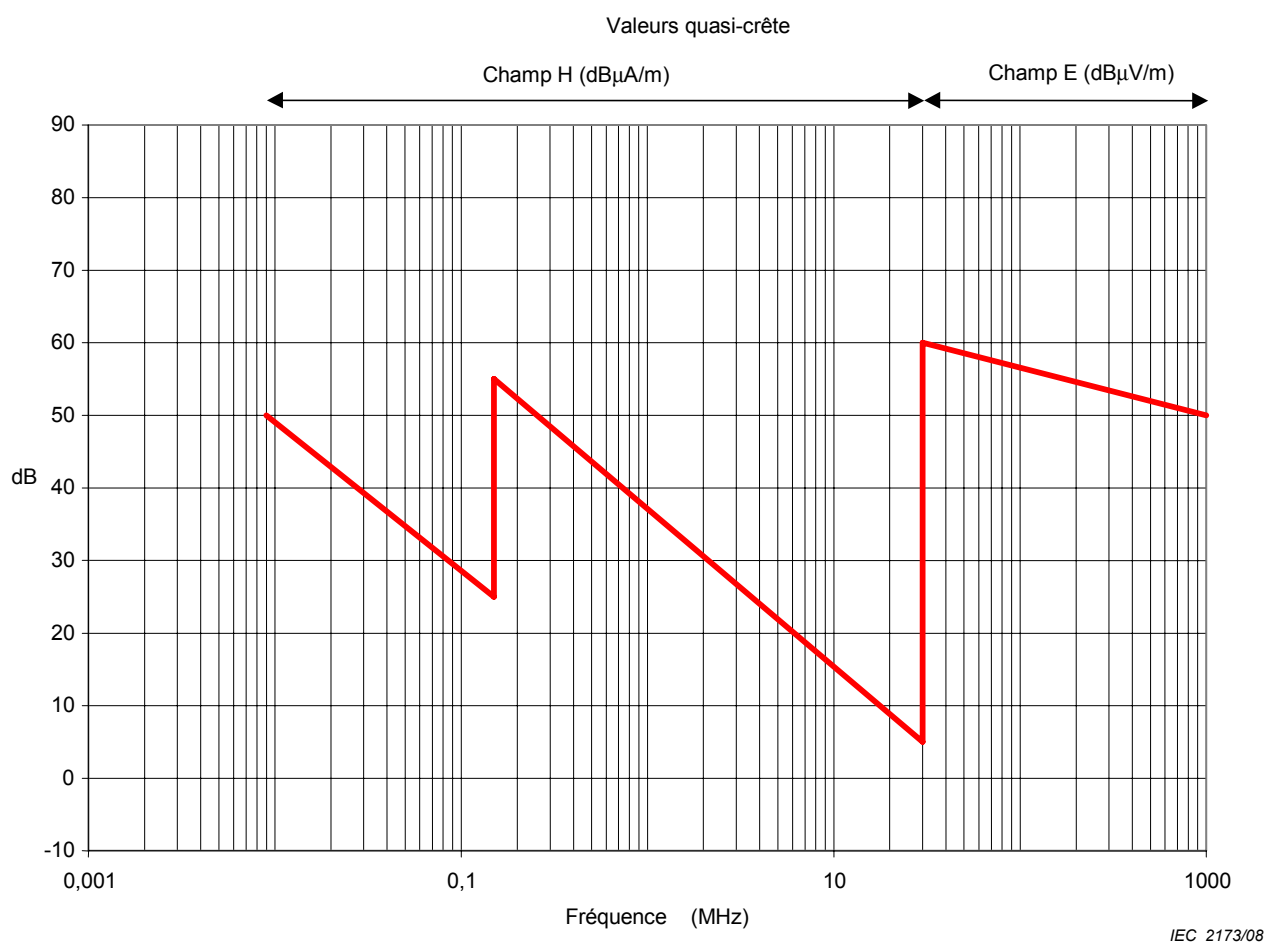
La Figure 5 montre la position de l'antenne pour la mesure du champ électrique dans la bande de fréquences 300 MHz à 1 GHz. Pour la mesure du champ horizontal parallèle à la voie, l'antenne est tournée de 90°.

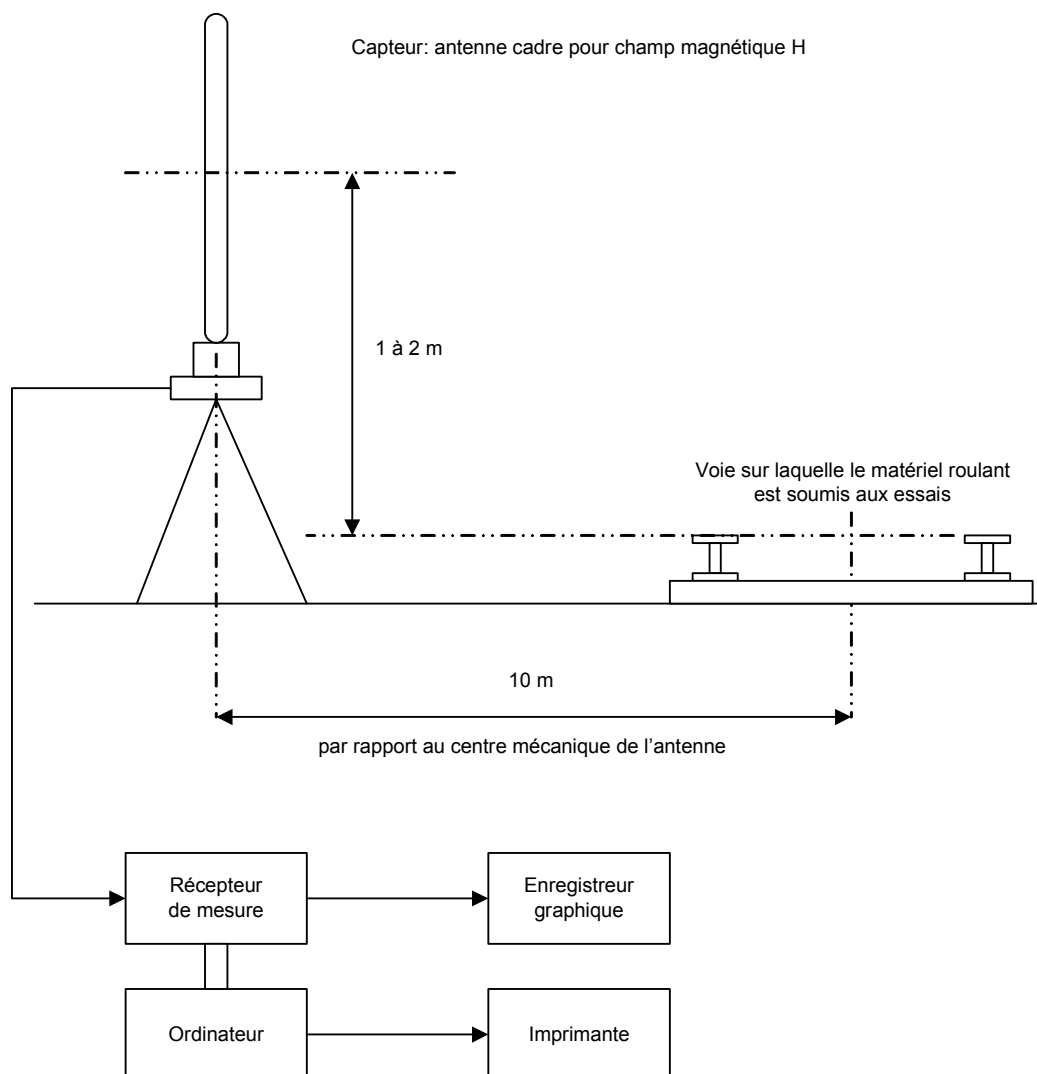


NOTE 1 Les discontinuités des courbes sont dues aux variations de la largeur de bande du récepteur de mesure: bw1 = 200 Hz; bw2 = 9 kHz; bw3 = 120 kHz.

NOTE 2 Les valeurs sont à 10 m de la voie de chemin de fer.

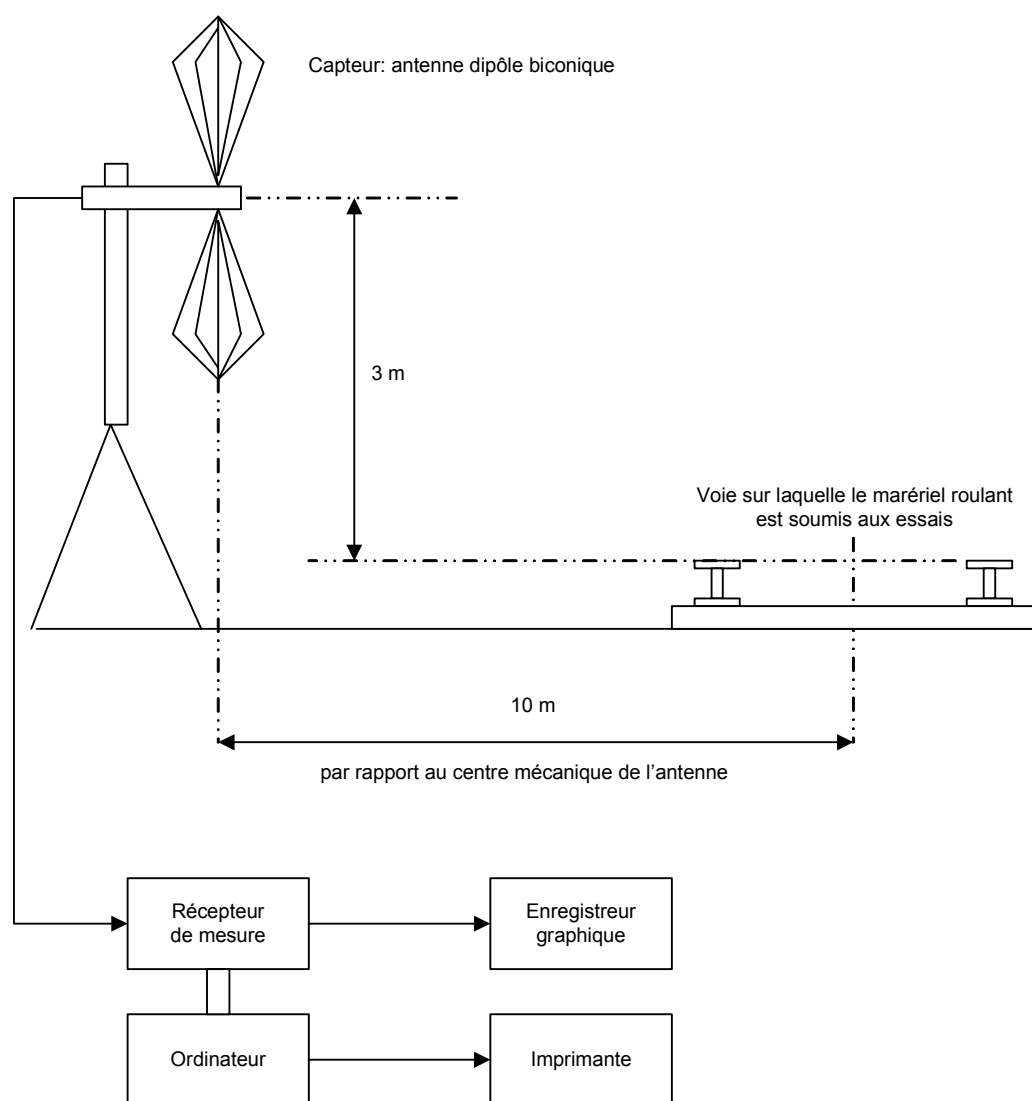
Figure 1 – Limites d'émission dans la plage de fréquences de 9 kHz à 1 GHz

**Figure 2 – Limite d'émission des sous-stations**



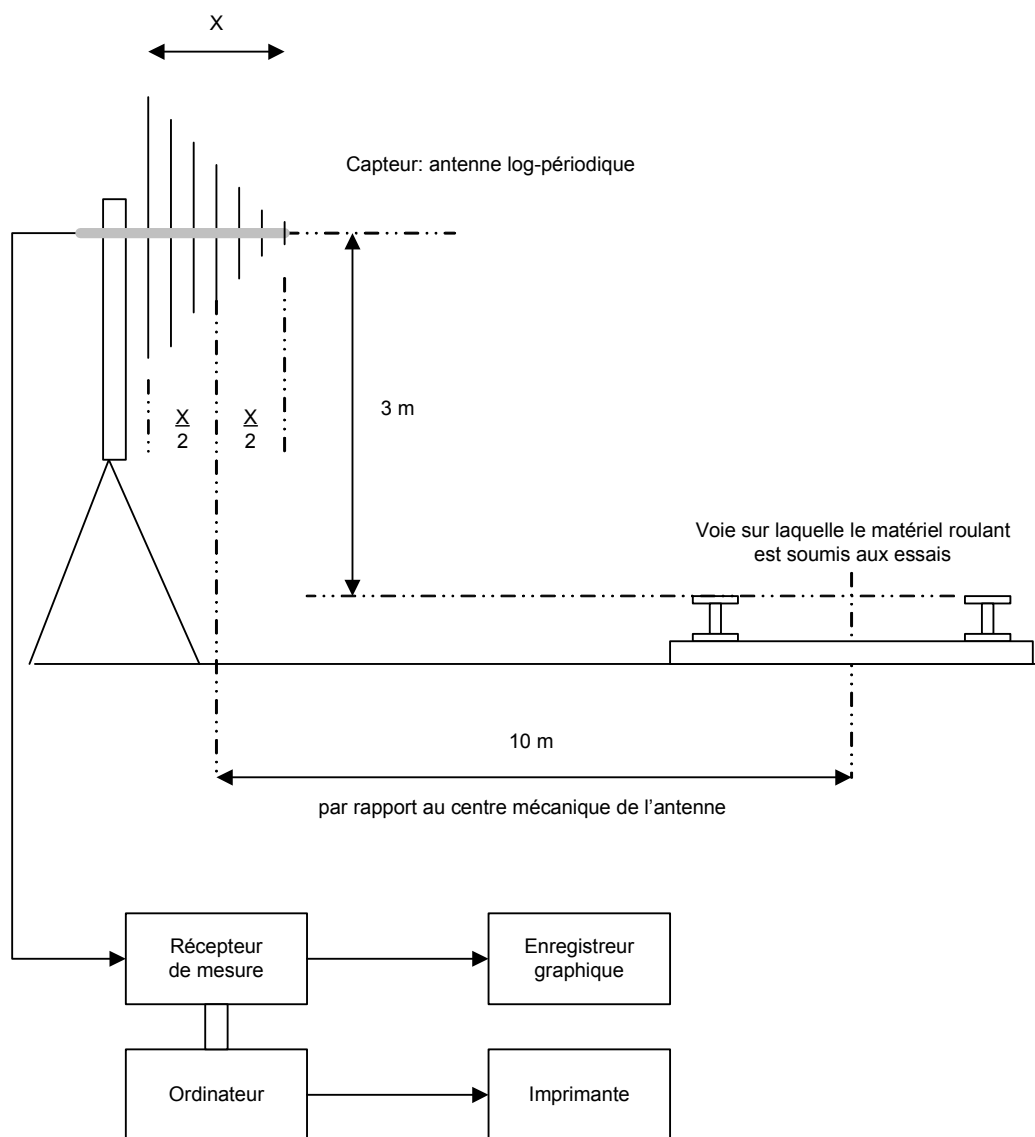
IEC 2174/08

Figure 3 – Position de l'antenne pour la mesure du champ magnétique dans la bande de fréquences de 9 kHz à 30 MHz



IEC 2175/08

Figure 4 – Position (polarisation verticale) de l'antenne de mesure du champ électrique dans la bande de fréquences de 30 MHz à 300 MHz



IEC 2176/08

Figure 5 – Position (polarisation verticale) de l'antenne de mesure du champ électrique dans la bande de fréquences de 300 MHz à 1 GHz

Annexe A (normative)

Méthode de mesure des émissions électromagnétiques des sous-stations ferroviaires d'alimentation

A.1 Positions pour les essais

Compte tenu de la géométrie particulière du réseau d'alimentation pour la traction ferroviaire, il est nécessaire de définir les conditions de mesure des émissions de champs électromagnétiques dans des conditions normales de charge.

A.2 Charge de la sous-station

Une des caractéristiques des sous-stations ferroviaires d'alimentation est que la charge peut varier de manière importante en très peu de temps. Etant donné que l'émission peut être liée à la charge, la charge réelle de la sous-station doit être notée pendant les essais d'émission.

A.3 Méthode de mesure

L'émission doit être mesurée à une distance de 10 m de la clôture extérieure de la sous-station, aux points centraux des trois côtés, à l'exception du côté qui fait face au système ferroviaire, sauf si ce côté se situe à plus de 30 m du centre de la voie ferrée électrifiée la plus proche. Dans ce cas, les quatre côtés doivent être mesurés. Si la longueur du côté de la sous-station est supérieure à 30 m, les mesures doivent être également prises aux angles.

La précision de l'appareil de mesure pour les essais de radiofréquence ne doit pas différer de plus de $\pm 4,0$ dB selon les exigences du CISPR 16-1-1.

A chaque point de mesure, on doit mesurer ce qui suit:

- a) l'émission radioélectrique maximale à une fréquence proche de 1 MHz (choisie sur site pour éviter d'autres transmissions), mesurée par une antenne cadre en plan vertical, en notant l'orientation de l'antenne. La charge de la sous-station doit être au moins égale à 30 % de la charge nominale. La base de l'antenne cadre doit se situer entre 1 m et 1,5 m au-dessus du sol;
- b) l'émission radioélectrique dans la plage de fréquences 9 kHz à 30 MHz, mesurée avec le cadre dans la position d'orientation maximale comme en a). La charge de la sous-station doit être égale à au moins 30 % de la valeur de la charge nominale pendant ces mesures;

NOTE Il est accepté que la position d'antenne fixe puisse donner des valeurs inférieures à la valeur maximale absolue à certaines fréquences.

- c) l'émission radioélectrique maximale sur la plage de fréquences 30 MHz à 300 MHz, mesurée typiquement par le dipôle vertical ou l'antenne biconique verticale. La charge de la sous-station doit être égale à au moins 15 % de la charge nominale pendant ces mesures. Le centre de l'antenne doit être situé à 3 m au-dessus du sol;
- d) l'émission radioélectrique maximale à une fréquence proche de 350 MHz (choisie sur site pour éviter d'autres transmissions), mesurée typiquement par une antenne log-périodique polarisée verticalement, en notant l'orientation de l'antenne. La charge de la sous-station doit être égale à au moins 15 % de la charge nominale. Le centre de l'antenne doit être situé à 3 m au-dessus du sol;
- e) l'émission radioélectrique sur la plage de fréquences 300 MHz à 1 GHz, mesurée typiquement avec l'antenne log-périodique dans la position d'orientation maximale comme

en d). La charge de la sous-station doit être égale à au moins 15 % de la charge nominale pendant ces mesures. Le centre de l'antenne doit être à 3 m au-dessus du sol.

Annexe B (informative)

Contexte du choix de la méthode de mesure

B.1 Généralités

Cette annexe décrit une méthode de mesure du bruit électromagnétique émis par un réseau ferroviaire lorsque des véhicules ferroviaires se déplacent sur ce réseau. Les méthodes existantes ne sont pas considérées comme appropriées car les véhicules peuvent se déplacer à des vitesses élevées. La CEI 62236-3-1 couvre le cas des véhicules à l'arrêt et des véhicules lents. Il convient d'examiner aussi bien les véhicules de traction que les véhicules remorqués dans la mesure où ceux-ci peuvent contenir des équipements électriques qui peuvent émettre du bruit. Il est également nécessaire de soumettre les véhicules à traction diesel aux essais car ils peuvent contenir des sources d'émission radioélectrique. La méthode permet d'effectuer une évaluation des perturbations qui seraient causées à d'autres utilisateurs du spectre électromagnétique. La norme décrit une méthode de mesure de référence.

B.2 Besoin d'une méthode de mesure spéciale

Pour les fréquences supérieures à 9 kHz, il existe une méthode normalisée de mesure des champs radioélectriques et elle est décrite dans le CISPR 16-1-1.

Les réseaux ferroviaires possèdent des caractéristiques particulières qui rendent nécessaire l'utilisation d'une méthode de mesure spéciale. Ces caractéristiques comprennent une source se déplaçant rapidement et la possibilité de rayonnement d'une antenne de grande longueur formée par les conducteurs d'alimentation électrique d'un système ferroviaire électrifié.

L'exemple donné à la Figure B.1 montre la variation temporelle de l'émission d'un train en mouvement avec un grand nombre d'événements transitoires.

Cette méthode de mesure du bruit ferroviaire ne suit pas la méthode de quasi-crête du CISPR 16-1-1 car les mesures effectuées sur la base de cette méthode ne sont pas suffisantes pour permettre l'identification de toutes les perturbations affectant d'autres systèmes à proximité. La méthode du CISPR 16-1-1 est seulement conçue pour protéger les communications radio des brouillages et ne tient pas compte des systèmes de sécurité électronique tels que ceux utilisés près des voies de chemins de fer ou dans les aéroports, où des transitoires de courte durée peuvent causer des brouillages. Si la méthode du CISPR 16-1-1 devait être choisie comme base pour les Normes Européennes, il serait tout de même nécessaire d'appliquer des méthodes de détection de crête pour satisfaire les besoins de l'industrie locale et entreprendre des exercices de simulation réalistes. Dans le cas du ferroviaire, cette nécessité de double essai conduirait à des difficultés.

Il semble difficile d'établir un lien exact entre les valeurs obtenues avec les méthodes de crête et de quasi-crête, dans la mesure où les perturbations créées par le véhicule peuvent être presque constamment sinusoïdales à la fréquence de fonctionnement de certains équipements embarqués de transmission sol-train ou apparaître sous la forme d'une série d'impulsions répétitives pour d'autres sources, par exemple le contact pantographe/caténaire. Cependant, dans tous les cas, la valeur mesurée avec un système de détection de crête sera supérieure ou égale à celle obtenue avec le système de détection de quasi-crête conforme au CISPR 16-1-1.

B.3 Justification de la méthode spéciale de mesure

Les champs ne sont pas mesurés en utilisant la méthode du CISPR 16-1-1 mais sont effectués avec la détection de crête dans un intervalle de temps bref, on recommande 50 ms, à la fréquence choisie car:

- ceci donne une meilleure représentation de l'effet sur tout système (électronique ou informatique), tandis que les principes de pondération appliqués avec la détection de quasi-crête ne sont représentatifs que des brouillages liés à la transmission radio, l'intervalle de temps de 50 ms va capter l'émission de crête des systèmes ferroviaires en c.a. qui tend à apparaître au moment des inversions de courant. En 16,7 Hz, ces inversions sont séparés de 33 ms et on en détectera toujours une en l'espace de 50 ms;
- c'est plus rapide car avec certains systèmes de détection de quasi-crête, il faut 1 s à cause des besoins des instruments de type galvanomètre. Ceci est beaucoup trop long dans le cas d'un train en déplacement;
- cela donne la valeur maximale qui pourrait être mesurée avec la méthode du CISPR 16-1-1 et elle est représentative du «pire cas possible» en matière de brouillage de transmission radio.

B.4 Gamme de fréquences

Bien que le véhicule ferroviaire et le captage du courant par contact glissant soient aussi source de bruit au-dessus de 1 GHz, les niveaux d'émission sont bas et l'affaiblissement avec la distance est élevé. C'est pourquoi il n'y a à l'heure actuelle aucune proposition pour les mesures au-dessus de 1 GHz.

B.5 Commentaires concernant la largeur de bande

D'autres largeurs de bande que celles données en 5.1.2 sont disponibles dans des équipements de mesure adaptés, par exemple 300 Hz pour la bande de 9 kHz à 150 kHz et 7,5 kHz ou 10 kHz pour 0,15 MHz à 30 MHz. Dans la bande de 9 kHz à 150 kHz, la largeur de bande est faible mais intéressante dans la mesure où elle améliore la capacité d'identification de sources spécifiques de bruit. Dans la gamme de 0,15 MHz à 30 MHz, la différence entre 7,5 kHz, 9 kHz et 10 kHz ne sera pas significative en terme d'identification. Si les largeurs de bande autres que celles données ci-dessus sont utilisées, les résultats doivent être convertis pour la largeur de bande agréée dans la mesure où le bruit est de nature impulsive.

B.6 Précision de l'équipement de mesure

La valeur de précision de ± 4 dB donnée en 5.1.3 est choisie car on sait qu'une répétabilité d'essai de ± 10 dB ou plus est trouvée pour des conditions nominalement similaires. Les appareils de mesure définis par le CISPR 16-1-1 sont très précis mais cette précision n'est pas réelle lorsque l'émission connaît une telle variation entre les essais. L'utilisation d'appareils de mesure de moindre précision peut être autorisée (analyseurs de fréquence à balayage par exemple), dans les cas où il a été vérifié que les résultats ne diffèrent pas de plus de ± 4 dB par rapport à un appareil CISPR 16-1-1. Les analyseurs à balayage sont disponibles avec une détection de crête et de quasi-crête et les largeurs de bande données dans le CISPR 16-1-1.

B.7 Positions d'antenne

Il existe des options pour le choix de la distance de l'antenne par rapport à la ligne centrale de la voie. Les distances habituelles utilisées pour les essais radioélectriques sont de 1 m, 3 m, 10 m et 30 m. Une valeur de 1,0 m est impossible et si on choisit 3 m, il est possible que le corps du véhicule ait un effet local important et ceci peut donner une fausse impression du champ à des distances plus importantes. On préfère une distance de 10 m car, avec une

alimentation de traction électrique, le contact glissant est vu directement par l'antenne et les effets du corps du véhicule sont moins importants. Une autre distance normalisée est celle de 30 m et elle peut être plus facile à fournir sur des emplacements particuliers mais l'intensité du signal est moindre et le bruit local peut rendre l'obtention des valeurs de bruit ferroviaire plus difficile. Ainsi, la distance choisie pour les mesures est de 10 m par rapport à la ligne centrale de la voie sur laquelle roulent les véhicules.

NOTE Il convient de prendre des mesures pour assurer que l'équipement de mesure et toute alimentation et appareil associés n'affectent pas les lectures.

B.8 Conversion des résultats lorsque la mesure n'est pas effectuée à 10 m

Les valeurs de n sont basées sur des observations effectuées sur les lignes aériennes et concernent les emplacements non urbanisés. Dans les zones urbanisées, des valeurs supérieures seront trouvées. Les valeurs de n dont la liste est donnée en 5.1.6 sont réputées suffisamment précises dans la mesure où la valeur de n pour 100 MHz était spécifiquement mesurée pour un système ferroviaire et était de 1,25, pour les distances jusqu'à 100 m. Le CISPR 22 utilise -20 dB par décade de distance ($n = 1$) mais il s'agit d'un cas spécial pour un sol conducteur.

Lors des essais à 10 m, il est important de se rappeler que le champ d'induction et le champ de rayonnement ont des caractéristiques différentes près de la source. Si la distance est faible par rapport à la longueur d'onde, le champ d'induction sera prédominant. La position par rapport à un point source à laquelle ces deux champs ont des amplitudes égales est une distance théorique égale à (longueur d'onde/ 2π). Ainsi, si on prend 10 m comme distance de mesure, tous les essais en dessous d'environ 5 MHz sont dans le champ proche où le signal d'induction magnétique domine. Les résultats sont alors plus précisément exprimés en A/m. En champ proche, le champ E est faible et n'est pas, en temps normal, une cause de perturbation. Avec une source étendue comme un train, la zone en champ proche peut s'étendre au-delà de ce que la théorie du "point source" suggérerait.

Pour les besoins de cette méthode, les champs en ampère par mètre sont convertis en volts par mètre en les multipliant par l'impédance de l'espace libre ($120 \pi \Omega$).

Une seule hauteur est utilisée pour le dipôle et l'antenne log-périodique étant donné qu'il n'est pas possible de faire varier la hauteur comme il est d'usage dans les essais en émission.

La position des antennes au milieu des pylônes réduit l'effet d'écran des pylônes et les transitoires locaux dus aux étincelles qu'on trouve communément près des pylônes là où l'impédance mécanique peut varier de manière soudaine. De la même manière, il convient d'éviter les transformateurs suceurs, les chevauchements, les isolateurs de section, les sections neutres et les autres irrégularités majeures.

B.9 Echelles de mesure

Sur l'échelle log: $1 \mu\text{V/m}$ est égal à $0 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ et $1,0 \text{ V/m}$ est égal à $120 \text{ dB}\mu\text{V/m}$. (Une relation similaire s'applique pour $\mu\text{A/m}$ et $\text{dB}\mu\text{A/m}$).

Les valeurs limites peuvent être exprimées en A/m et V/m et elles peuvent être déduites si nécessaire.

L'intensité du champ électrique en $\text{dB}\mu\text{V/m}$ = intensité du champ magnétique en $\text{dB}\mu\text{A/m}$ + 51,5 si la mesure est prise en champ lointain ($51,5 = 20 \log_{10}$ (impédance d'onde en espace libre)).

B.10 Répétabilité des résultats

Un problème particulier avec les mesures des émissions ferroviaires à fréquence radioélectrique est que la source se déplace dans le système. Il est donc difficile de rassembler un nombre important de résultats à partir du bord des voies et c'est pourquoi il est nécessaire de définir les conditions de mesure de manière à pouvoir atteindre un certain degré de répétabilité.

Pour réduire le risque de voir des véhicules éloignés produire des émissions importantes au point d'essai, à cause de phénomènes tels que la résonance, il convient que tous les autres véhicules alimentés par la même caténaire soient à une distance suffisante du point d'essai. On suggère une distance de 20 km pour les lignes principales et de 2 km pour les véhicules urbains.

Même dans ces conditions, une variation importante entre les résultats d'essai doit être attendue.

B.11 Choix des fréquences

Il est également à noter qu'en raison du mouvement du véhicule, il est difficile d'effectuer des mesures à des fréquences différentes dans la plage nécessaire à cause de la brièveté de l'essai. On peut utiliser trois méthodes pour permettre la capture de données suffisantes. Les essais peuvent être effectués à différentes fréquences choisies pendant un passage de train; on peut utiliser une technique de balayage de fréquence pendant le passage d'un train; ou une fréquence est mesurée pour chaque passage, ce qui nécessite de nombreux passages du train.

Pour obtenir des fenêtres de courte durée, on peut utiliser des ensembles de mesure informatisés dans lesquels la fréquence est établie et maintenue seulement pendant la durée nécessaire à une lecture. Cela permet de mesurer au moins 5 fréquences à la seconde. Pour une couverture correcte du spectre, il convient d'examiner au minimum trois fréquences par décade.

Dans la plage 9 kHz à 150 kHz, l'équipement de traction peut être une source de bruit à des fréquences clairement identifiables. Il est souhaitable de faire une recherche dans cette plage pour trouver les bruits maximaux et d'effectuer une mesure à ces fréquences. Noter que les signaux radio des émetteurs extérieurs peuvent être trouvés, même à ces fréquences peu élevées, et il convient de les identifier et de les éviter. Pour les fréquences supérieures à 150 kHz, on ne considère pas qu'il soit nécessaire de faire une recherche séparée des fréquences caractéristiques du véhicule.

Une autre option consisterait à utiliser moins de fréquences et à considérer qu'il y a une caractéristique linéaire. Cependant, cette hypothèse linéaire n'est pas fondée sur une base saine dans la mesure où le véhicule peut produire des signaux élevés à une fréquence spécifique et de plus la ligne aérienne de contact peut présenter un comportement de résonant. L'utilisation de trois fréquences par décade est donc la prescription minimale et ce n'est que mieux si on peut utiliser plus de fréquences.

B.12 Conditions du système ferroviaire

B.12.1 Aspect météorologique

Lorsque le système ferroviaire est un réseau en extérieur, les conditions météorologiques affecteront le niveau de bruit radioélectrique produit. Pour les lignes à HT, le bruit augmente d'environ 20 dB par temps de pluie. Dans les systèmes ferroviaires, le bruit dû au contact du pantographe peut diminuer avec la pluie, quand la couche de carbone du fil de contact est enlevée, ce qui donne un meilleur contact entre le fil et le pantographe. Si de la glace s'est formée sur le conducteur d'alimentation, il se produira un arc plus important ce qui donnera

un bruit accru. Si la vitesse du vent est élevée, la mécanique du conducteur aérien sera affectée et le contact entre le fil et le pantographe sera affecté. L'effet des manifestations climatiques sur l'émission de bruit des véhicules ferroviaires n'est pas encore complètement compris.

B.12.2 Vitesse, puissance de traction

Pour offrir des comparaisons valables, les mesures de bruit d'un véhicule en déplacement doivent être effectuées dans des conditions spécifiées lorsque le véhicule se déplace à un pourcentage choisi de sa vitesse maximale et s'il s'agit d'un véhicule de traction, lorsqu'il délivre un pourcentage choisi de sa puissance continue nominale. Il est nécessaire de choisir les valeurs de ces pourcentages et ce procédé doit tenir compte de la plage de fonctionnement du véhicule. Une disposition idéale consisterait à ce que le véhicule fonctionne dans les conditions qui produisent le bruit radioélectrique maximal mais comme il n'existe pas encore actuellement de méthode pour définir cela, cette prescription n'est pas utilisée.

B.12.3 Sources multiples provenant de trains distants

Dans la réalité, il peut y avoir plus d'un véhicule de traction dans la zone de perturbation d'un objet affecté. Pour les limites, la présence de véhicules "physiquement distants mais électriquement proches" hors de la zone d'essai est considérée comme importante lorsqu'on étudie le bruit radioélectrique. Ceci est la reconnaissance que les sources se déplacent et que bien que les véhicules distants soient sources de bruit, l'affaiblissement avec la distance pour les fréquences plus élevées est normalement élevé. Lorsqu'on étudie les champs à des fréquences de mesure plus basses, l'affaiblissement est faible et tous les véhicules à l'intérieur de la zone d'influence (qui peut s'étendre sur plusieurs km) peuvent affecter le niveau de bruit. L'effet de cumul est cependant dans l'erreur de répétabilité des essais et l'émission d'un seul train peut être évaluée par rapport à cette limite.

B.13 Nombre de véhicules de traction par train

Lorsque des véhicules de traction sont couplés, la qualité de contact des pantographes de remorquage peut être affectée et il peut y avoir une émission de bruit plus importante. Si les essais doivent être réalisés avec la configuration maximale de train avec des véhicules accouplés, il convient que cela fasse l'objet d'une demande spécifique. Il convient que l'émission permise à partir de cet essai tienne compte du fait que les trains peuvent circuler en unités multiples et donc générer un bruit plus important.

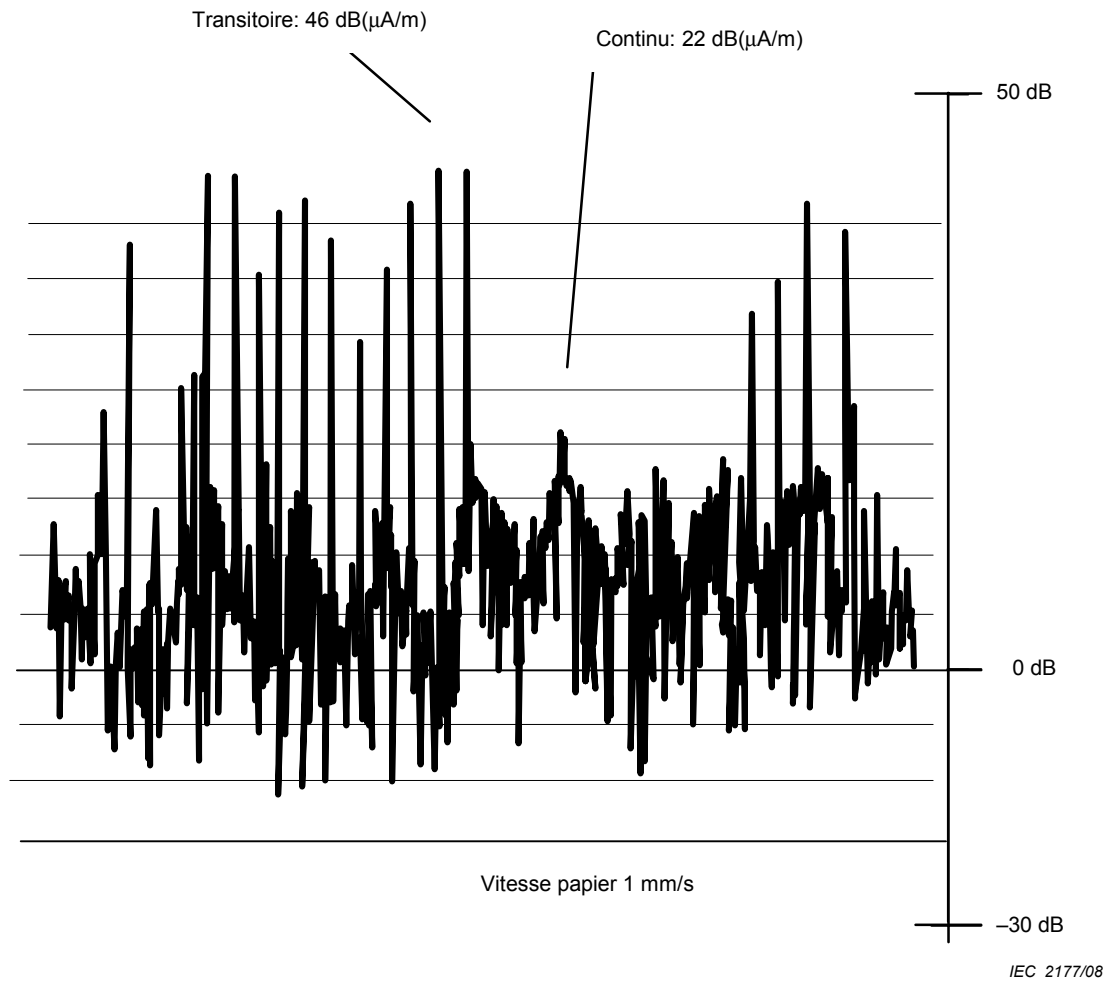


Figure B.1 – Variation temporelle des émissions d'un train en déplacement avec de nombreux événements transitoires

Annexe C (informative)

Cartographie – Champs électriques et magnétiques aux fréquences de traction

Le Tableau C.1 donne les valeurs numériques types des grandeurs qui décrivent les émissions du système ferroviaire vers le monde extérieur (cartographie).

Les grandeurs données sont le champ électrique E et le champ magnétique H de la composante fondamentale c.c. ou c.a., calculées pour les dispositions de conducteur considérées comme typiques pour le type d'électrification concerné.

**Tableau C.1 – Valeurs de champs électriques et magnétiques maximum types
à la fréquence fondamentale des différents systèmes d'électrification**

(Valeurs calculées pour une distance de 10 m à partir de la ligne centrale de la voie la plus proche, 1 m au-dessus du niveau du rail)

Système	Fréquence Hz	Champ E		Champ H		Conditions de référence	Documentation de référence
		(V/m)	(dBμV/m)	(μT)	(dBμA/m)		
750 V à 1 200 V rail conducteur	0	<10		46	151	$I_c = 4\,000\text{ A}$ 50 % du courant de retour dans les rails	
600 V à 750 V caténaire	0	35		15		$I_c = 1\,000\text{ A}$ 50 % du courant de retour dans les rails	CEI 61000-2-7
1 500 V caténaire	0	63	156	111	159	$I_c = 8\,000\text{ A}$ $U = 1\,800\text{ V}$ Pas de fil aérien	Directives UIT(T) CIGRE WG 3601
3 kV	0	50	154	28	147	$I_c = 3\,000\text{ A}$ $U = 3,6\text{ kV}$ Fil aérien	Directives UIT(T) CIGRE WG 3601
15 kV	16,7	750	177	40	150	$I_c = 2\,000\text{ A eff}$ $U = 17,25\text{ kV}$ Pas de fil aérien	Directives UIT(T) CIGRE WG 3601
25 kV	50	1 000	180	16	142	$I_c = 1\,500\text{ A eff}$ $U = 27,5\text{ kV}$ Avec autotrans- formateur à fil d'alimentation	Directives UIT(T) CIGRE WG 3601

NOTE Hypothèse voie double pour le calcul. I_c = courant dans un rail conducteur ou caténaire pour chaque voie.

Les champs électriques aux fréquences harmoniques (principalement troisième et cinquième harmonique de la fréquence d'alimentation c.a. ou 300 Hz et 600 Hz ondulation de l'alimentation c.c.) peuvent être de l'ordre de 5 % des fondamentaux.

Les champs magnétiques à des fréquences harmoniques de c.a. vont jusqu'à 10 % du fondamental ou 2 % à 300 Hz et 600 Hz pour les systèmes en c.c.

On peut considérer que la baisse latérale des champs électriques et magnétiques est linéaire avec la distance.

Le champ magnétique peut être calculé linéairement avec le courant.

Bibliographie

On trouvera ci-dessous d'autres normes concernant le comportement CEM des appareils utilisés dans les sous-stations ferroviaires. Lorsque les limites sont en conflit avec celles de cette norme, ce sont ces dernières qui sont appliquées.

CEI 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

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