

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62236-2

Première édition
First edition
2003-04

**Applications ferroviaires –
Compatibilité électromagnétique –**

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

**Railway applications –
Electromagnetic compatibility –**

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



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62236-2:2003

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62236-2

Première édition
First edition
2003-04

**Applications ferroviaires –
Compatibilité électromagnétique –**

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

**Railway applications –
Electromagnetic compatibility –**

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

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

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions.....	10
4 Limites d'émission.....	10
4.1 Emission provenant d'un chemin de fer de surface pendant le fonctionnement des trains.....	10
4.2 Emission radio fréquence provenant des sous-stations ferroviaires d'alimentation	12
4.3 Emission en radio fréquences provenant des lignes d'alimentation du système ferroviaire	12
5 Méthode de mesure des émissions des trains en déplacement	12
5.1 Paramètres de mesure.....	12
5.2 Choix des fréquences	18
5.3 Transitoires.....	18
5.4 Conditions de mesure	18
5.5 Rapport d'essai.....	20
5.6 Position des antennes	20
Annexe A (normative) Méthode de mesure des émissions électromagnétiques des sous-stations ferroviaires d'alimentation	32
A.1 Positions pour les essais	32
A.2 Charge de la sous-station.....	32
A.3 Méthode de mesure.....	32
Annexe B (informative) Contexte du choix de la méthode de mesure.....	34
B.1 Introduction	34
B.2 Besoin d'une méthode de mesure spéciale	34
B.3 Justification de la méthode spéciale de mesure	36
B.4 Gamme de fréquences	36
B.5 Commentaires concernant la largeur de bande	36
B.6 Précision de l'équipement de mesure	36
B.7 Positions d'antenne	36
B.8 Conversion des résultats lorsque la mesure n'est pas effectuée à 10 m	38
B.9 Echelles de mesure	38
B.10 Répétabilité des résultats	40
B.11 Choix des fréquences.....	40
B.12 Conditions du système ferroviaire.....	40
B.13 Nombre de véhicules de traction par train	42
Annexe C (informative) Cartographie – Champs électriques et magnétiques aux fréquences de traction.....	46

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Emission limits	11
4.1 Emission from the open railway route during train operation	11
4.2 Radio frequency emission from railway substations	13
4.3 Emission at radio frequencies from railway supply lines	13
5 Method of measurement of emission from moving trains	13
5.1 Measurement parameters	13
5.2 Frequency selection	19
5.3 Transients	19
5.4 Measuring conditions	19
5.5 Test report	21
5.6 Antenna positions	21
Annex A (normative) Method of measurement of electromagnetic emission from railway substations	33
A.1 Positions for tests	33
A.2 Substation load	33
A.3 Method of measurement	33
Annex B (informative) Background to the method of measurement	35
B.1 Introduction	35
B.2 Requirement for a special method of measurement	35
B.3 Justification for a special method of measurement	37
B.4 Frequency range	37
B.5 Comments to bandwidth	37
B.6 Accuracy of the measurement equipment	37
B.7 Antenna positions	37
B.8 Conversion of results if not measured at 10 m	39
B.9 Measuring scales	39
B.10 Repeatability of results	41
B.11 Frequency selection	41
B.12 Railway conditions	41
B.13 Number of traction vehicles per train	43
Annex C (informative) Cartography – Electric and Magnetic fields at traction frequencies	47

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62236-2 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

La présente Norme internationale est destinée à être utilisée conjointement avec la CEI 62236-1.

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

FDIS	Rapport de vote
9/730/FDIS	9/745/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette norme est basée sur la norme EN 50121-2.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RAILWAY APPLICATIONS – ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62236-2 has been prepared by IEC Technical Committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

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

FDIS	Report on voting
9/730/FDIS	9/745/RVD

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

This standard is based on EN 50121-2.

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

La présente norme est la Partie 2 de la série de Normes internationales CEI 62236, publiée sous le titre général *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*. Cette série est composée de:

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

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

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

This standard forms part 2 of the International Standard series IEC 62236, published under the general title *Railway applications – Electromagnetic compatibility*. The series consists of:

- Part 1: General
- Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world
- Part 3-1: Rolling stock – Train and complete vehicle
- Part 3-2: Rolling stock – Apparatus
- Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus
- Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE –

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

1 Domaine d'application

Cette 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.

Ces dispositions spécifiques doivent être utilisées avec les dispositions générales données dans la CEI 62236-1.

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.

On exclut de ces limites les appareils qui satisfont à la norme générique d'émission pour l'environnement industriel CEI 61000-6-4.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

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

CISPR 16, *Spécifications des méthodes et des appareils de mesure des perturbations radioélectriques et de l'immunité aux perturbations radioélectriques*

CISPR 18, *Caractéristiques des lignes et des équipements à haute tension relatives aux perturbations radioélectriques*

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

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.

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

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.

Excluded from the limits is apparatus which complies with the generic industrial emission standard IEC 61000-6-4.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

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

CISPR 16, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods*

CISPR 18, *Radio interference characteristics of overhead power lines and high voltage equipment*

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

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 62236, les définitions de la CEI 60050 ainsi que les définitions suivantes 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 fréquences 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 Des limites d'émission spécifiques pour les véhicules urbains fonctionnant dans les rues des villes seront définies à l'avenir.

NOTE 2 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 n'existe.

NOTE 3 Il n'est pas possible de réaliser des essais complets avec détection de quasi-crête à cause des raisons indiquées à l'annexe B.

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 62236, the definitions of IEC 60050 and the following definitions apply.

3.1

apparatus

an 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

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

3.4

railway substation

an 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 energized 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 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 Specific emission limits for urban vehicles operating in city streets will be defined in the future.

NOTE 2 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 limits exceeding the relevant limits given in figure 1 may be acceptable.

NOTE 3 It is not possible to undertake complete tests with quasi-peak detection due to the reasons stated in annex 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:

	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 de la limite correspondante en figure 2 peut être acceptable s'il peut être démontré qu'aucun problème de compatibilité n'existe.

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

4.3 Emission en radio fréquences provenant des lignes d'alimentation du système ferroviaire

Les lignes d'alimentation du système ferroviaire qui ne sont pas à la tension du système ferroviaire et qui sont situées dans les limites de celui-ci doivent être conformes aux prescriptions du CISPR 18.

NOTE La partie 1 du CISPR 18 couvre les informations générales, la partie 2 introduit le concept de distance de protection et la partie 3 donne des informations sur la réduction des émissions.

5 Méthode de mesure des émissions des trains en déplacement

La méthode de mesure est une adaptation de celle du CISPR 16-1 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.

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:

	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. Any exceedances of the relevant limit in figure 2 may be acceptable if it can be demonstrated that no compatibility problem exists.

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

4.3 Emission at radio frequencies from railway supply lines

Railway supply lines which are not at railway system voltage and are within the railway boundary shall comply with the requirements of CISPR 18.

NOTE Part 1 of CISPR 18 covers general information, part 2 introduces the concept of protection distance, and part 3 gives information concerning mitigation of emission.

5 Method of measurement of emission from moving trains

The method of measurement is adapted from CISPR 16-1 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.

Il s'agit des valeurs suivantes:

Bandes de fréquences:	9 kHz à 150 kHz	0,15 MHz à 30 MHz	30 MHz à 300 MHz	300 MHz à 1 GHz
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.

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 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 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:

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

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
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

These are:

Frequency bands:	9 kHz to 150 kHz	0,15 MHz to 30 MHz	30 MHz to 300 MHz	300 MHz to 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 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 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:

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

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
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

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 d'essai 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:

- dB μ A/m pour les champs magnétiques,
- dB μ V/m pour les champs électriques.

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

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 a 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 polarization 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 recognized 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 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 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 détectés, 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 de 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.

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 energized 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 analyzer 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 minimize 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) 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 (polarisation verticale) 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°.

- 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:

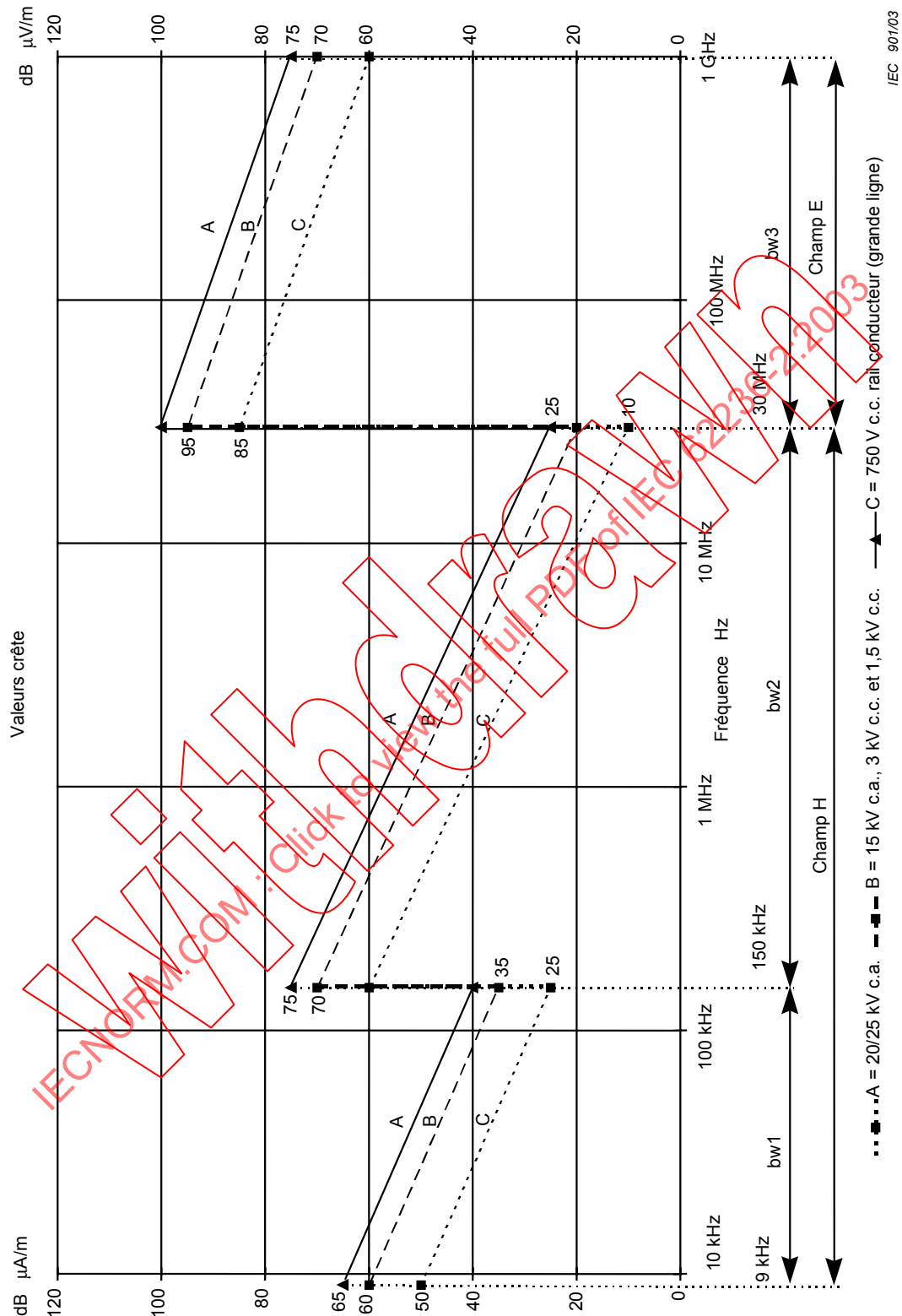
- description of site;
- description of measuring system;
- description of railway vehicle (type and configuration);
- numerical results;
- graphical results where relevant (the results shall include information such as bandwidths, date, time);
- weather conditions;
- name of person in charge at site.

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 polarization) 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°.

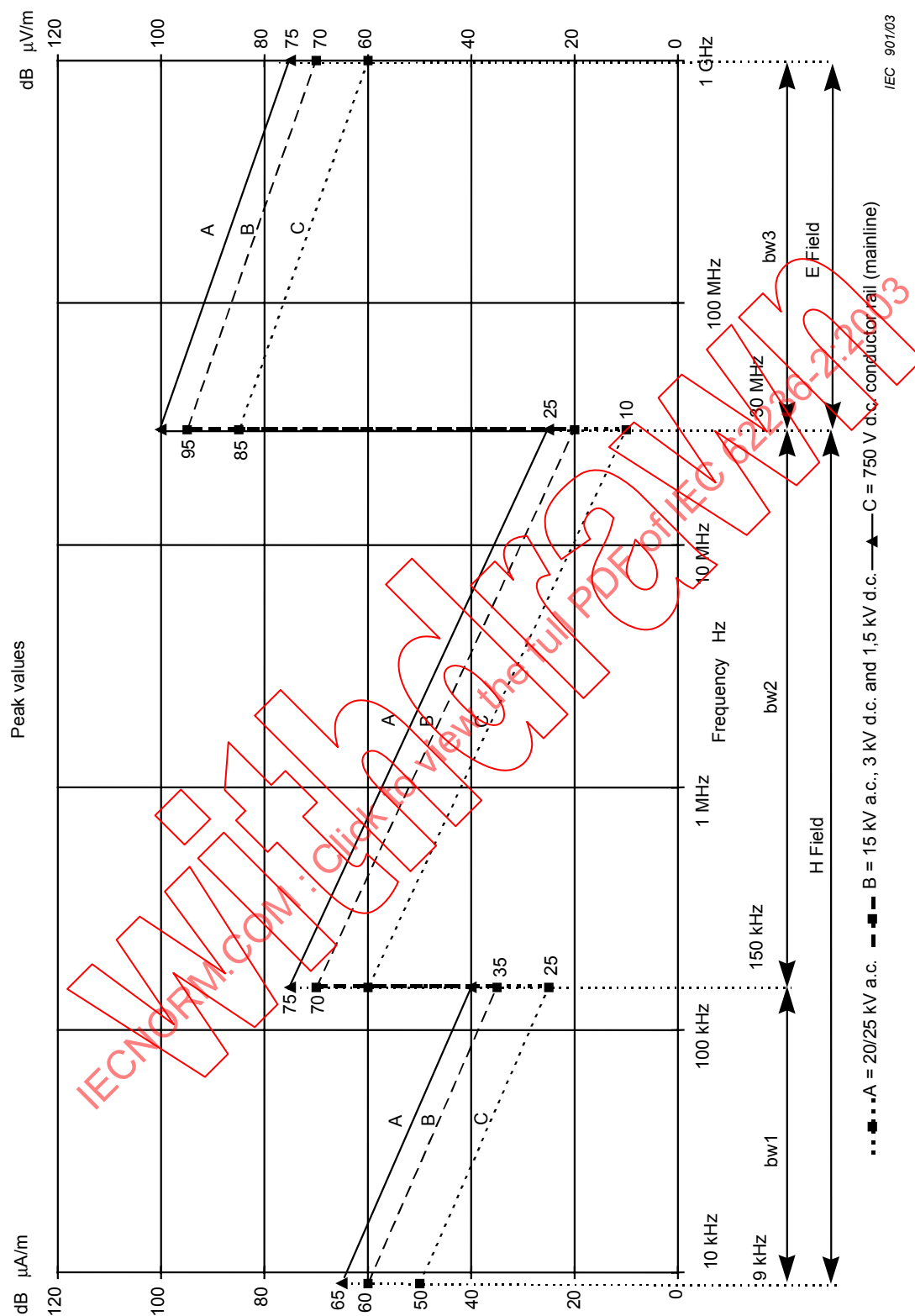
Figure 5 shows the position (vertical polarization) of the antenna for measurement of the electric field in the 300 MHz to 1 GHz frequency band. For the measurement of the horizontal field parallel to the track, the antenna is turned by 90°.



NOTE 1 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



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

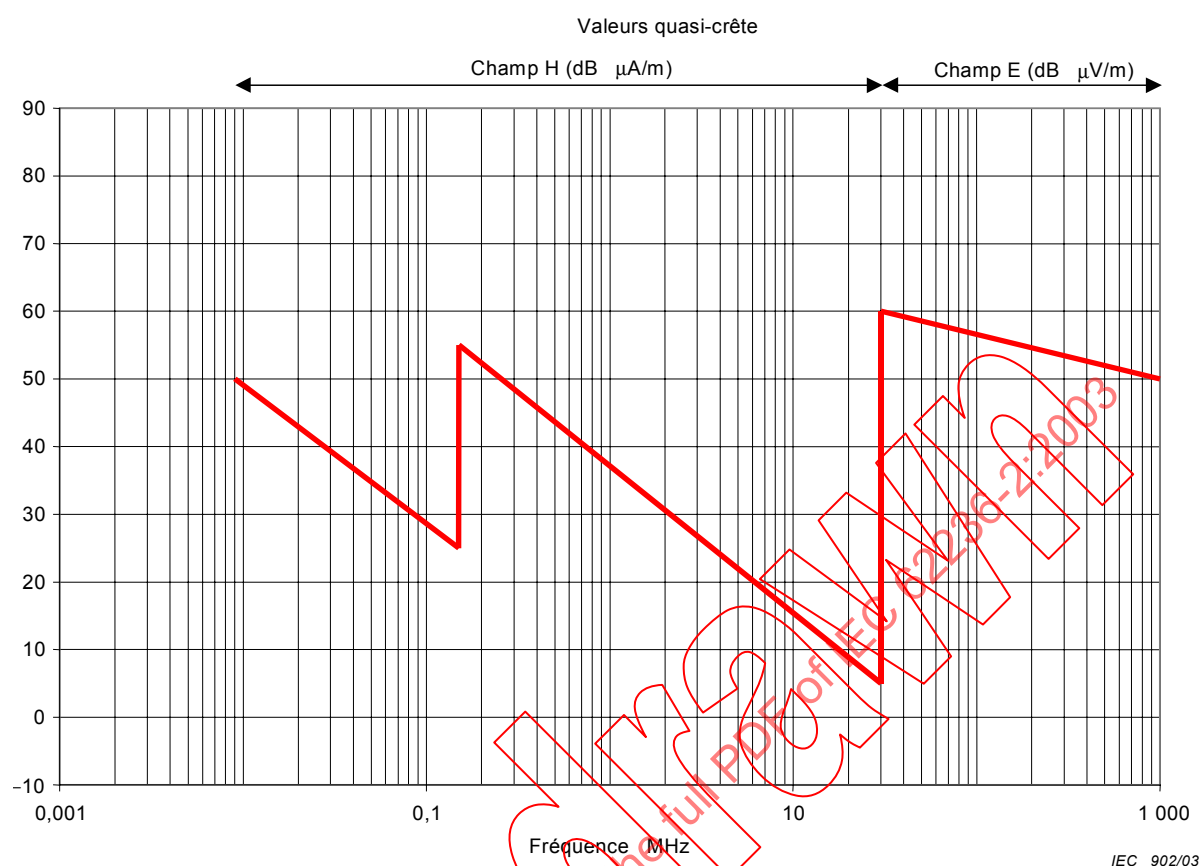


Figure 2 – Limite d'émission des sous-stations

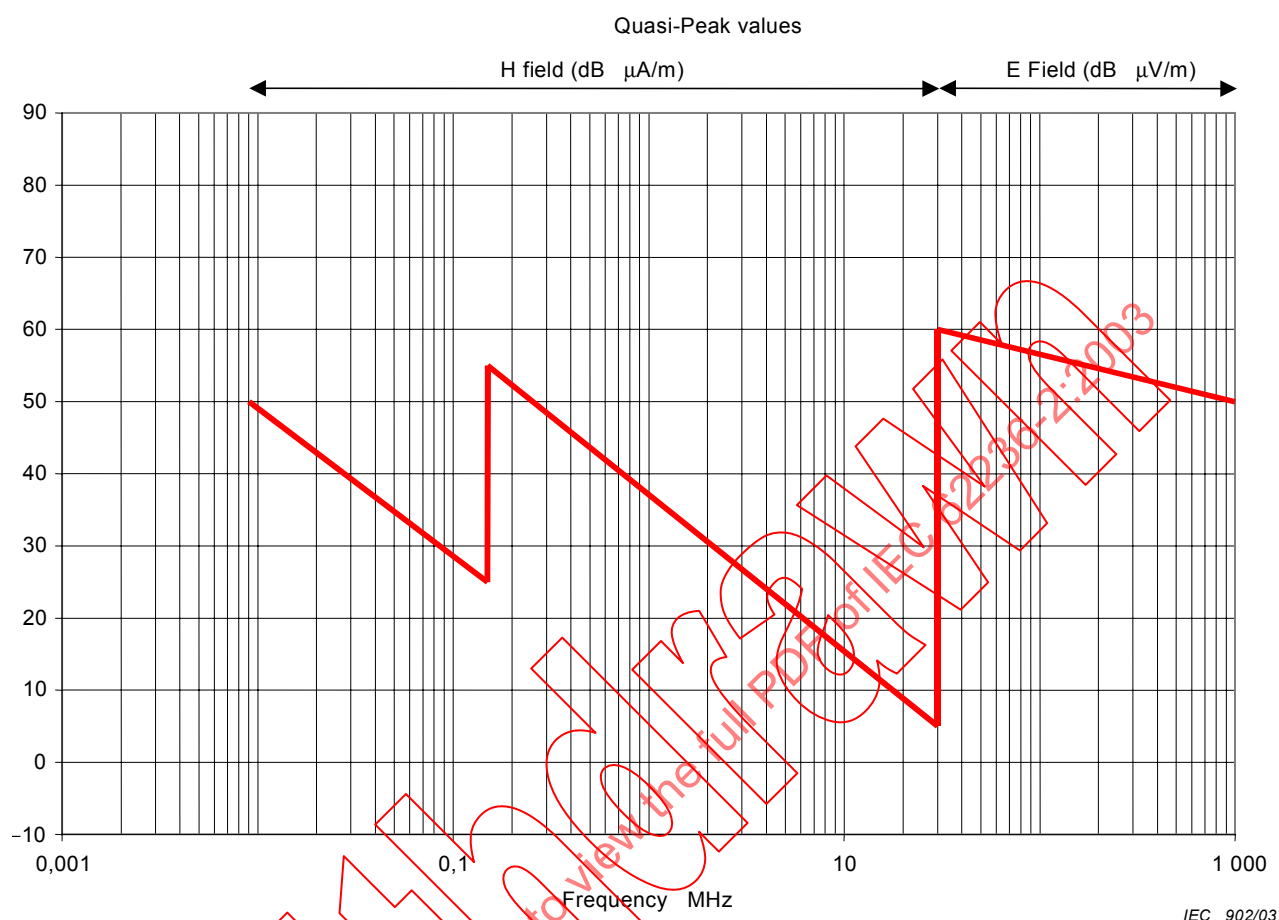
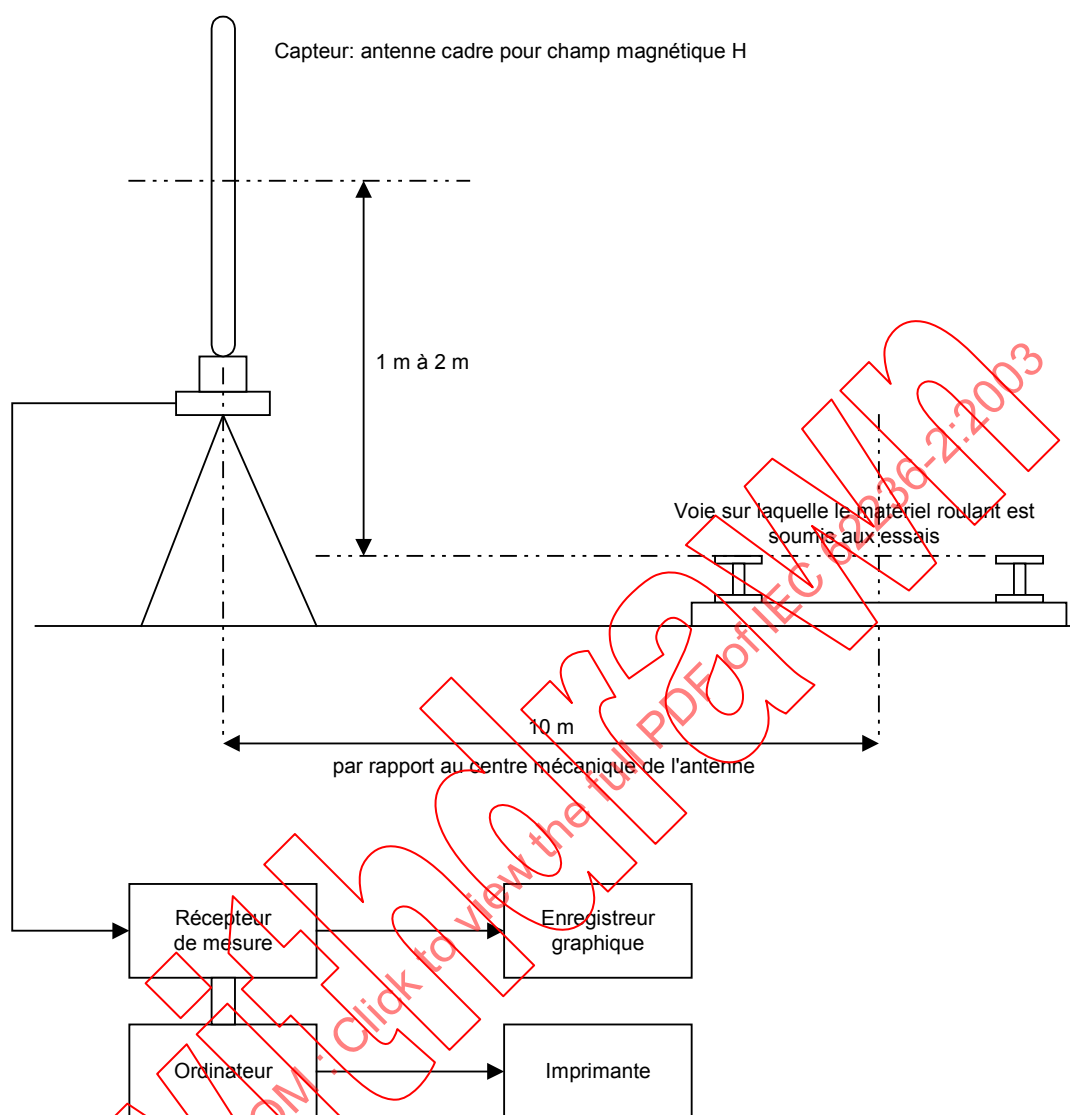
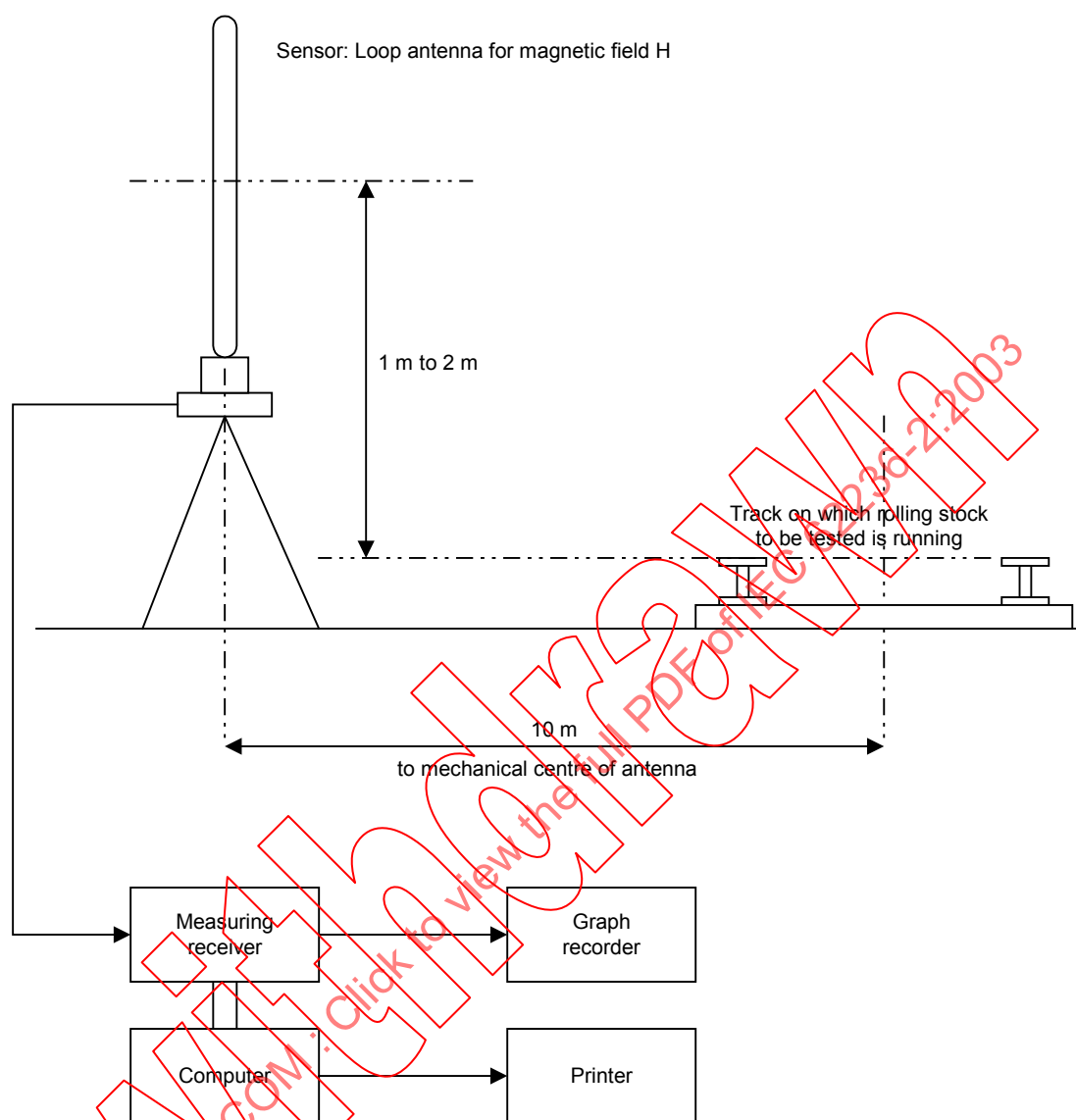


Figure 2 – Emission limit for substations



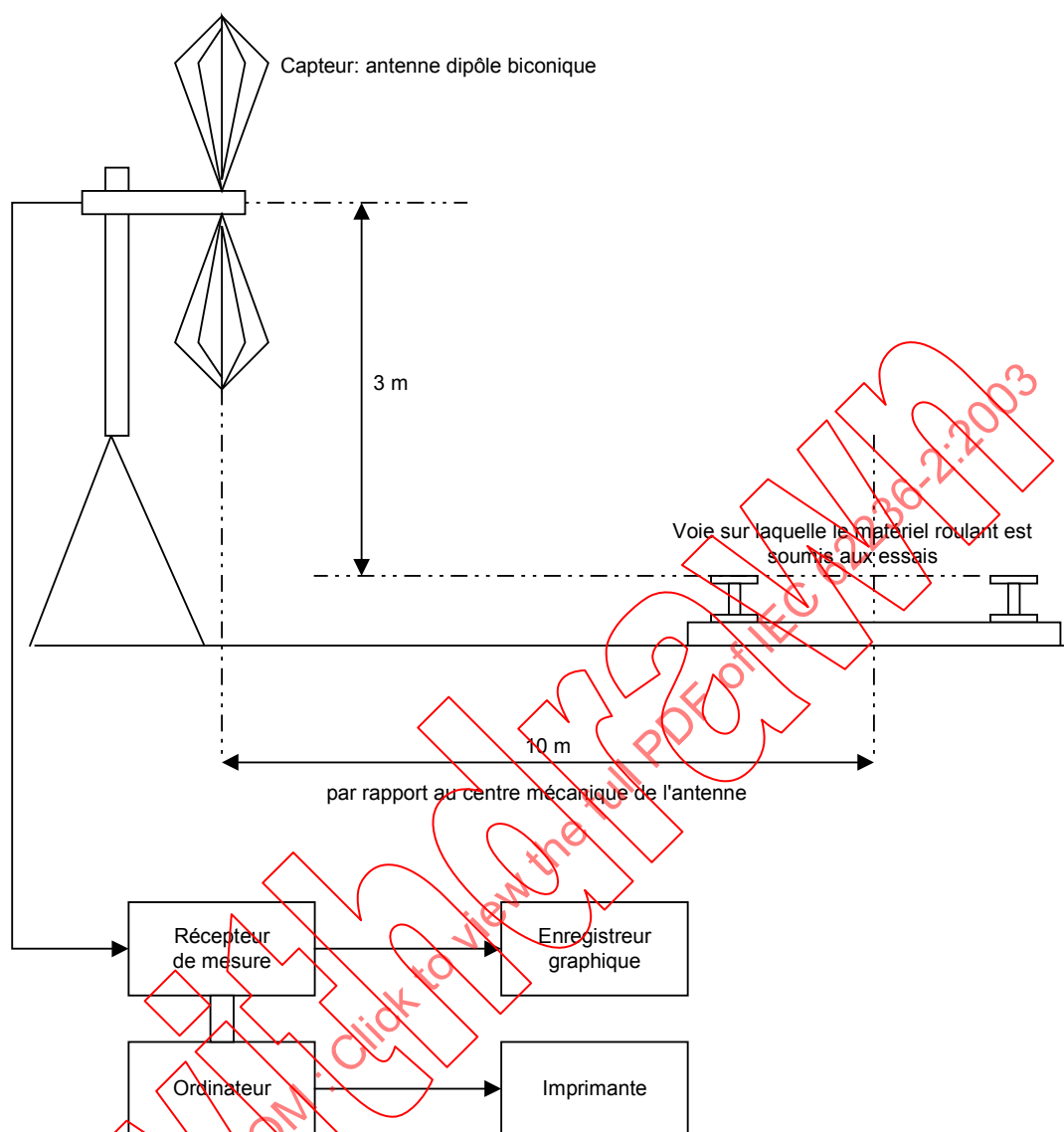
IEC 903/03

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



IEC 903/03

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



IEC 904/03

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

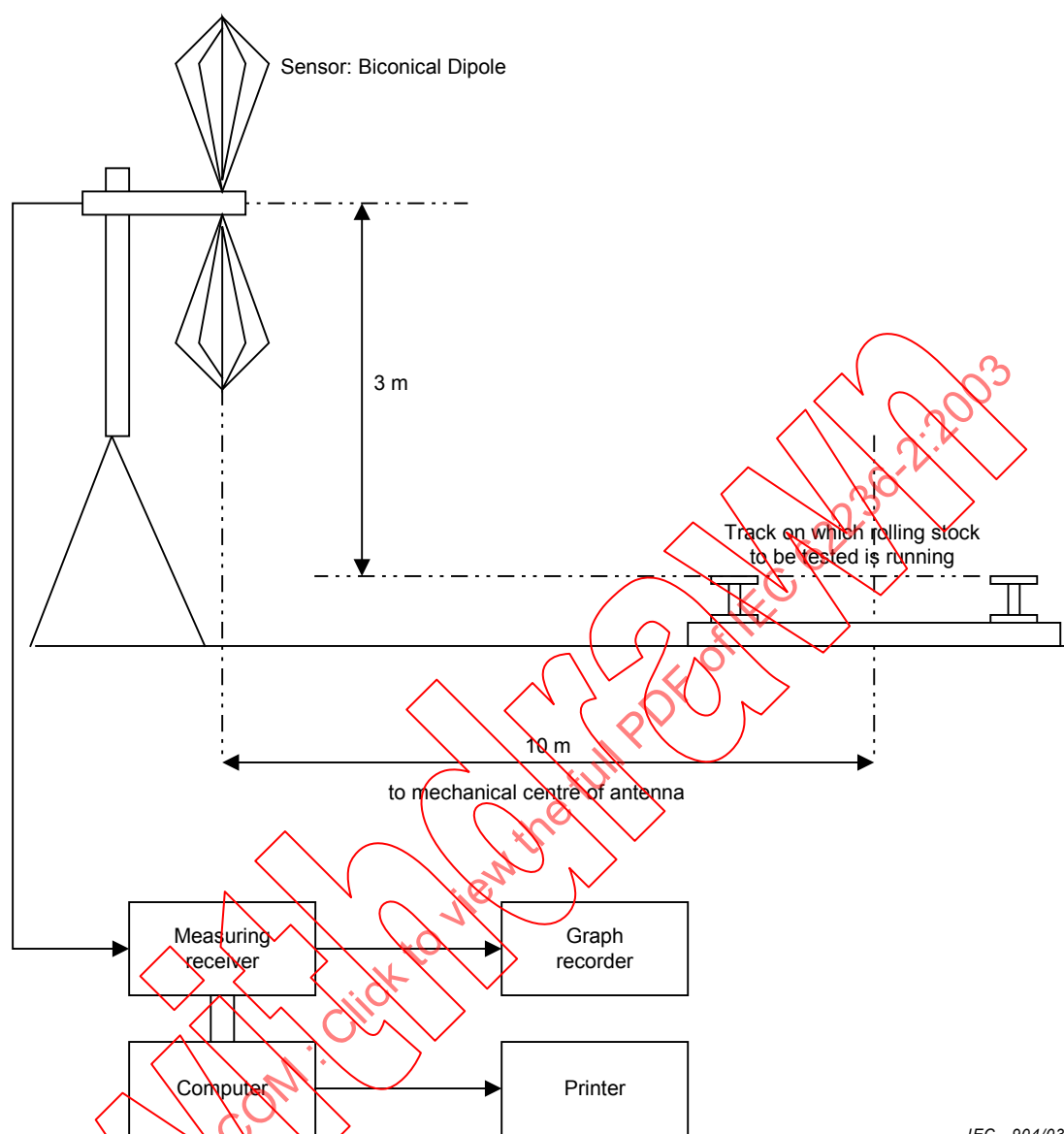
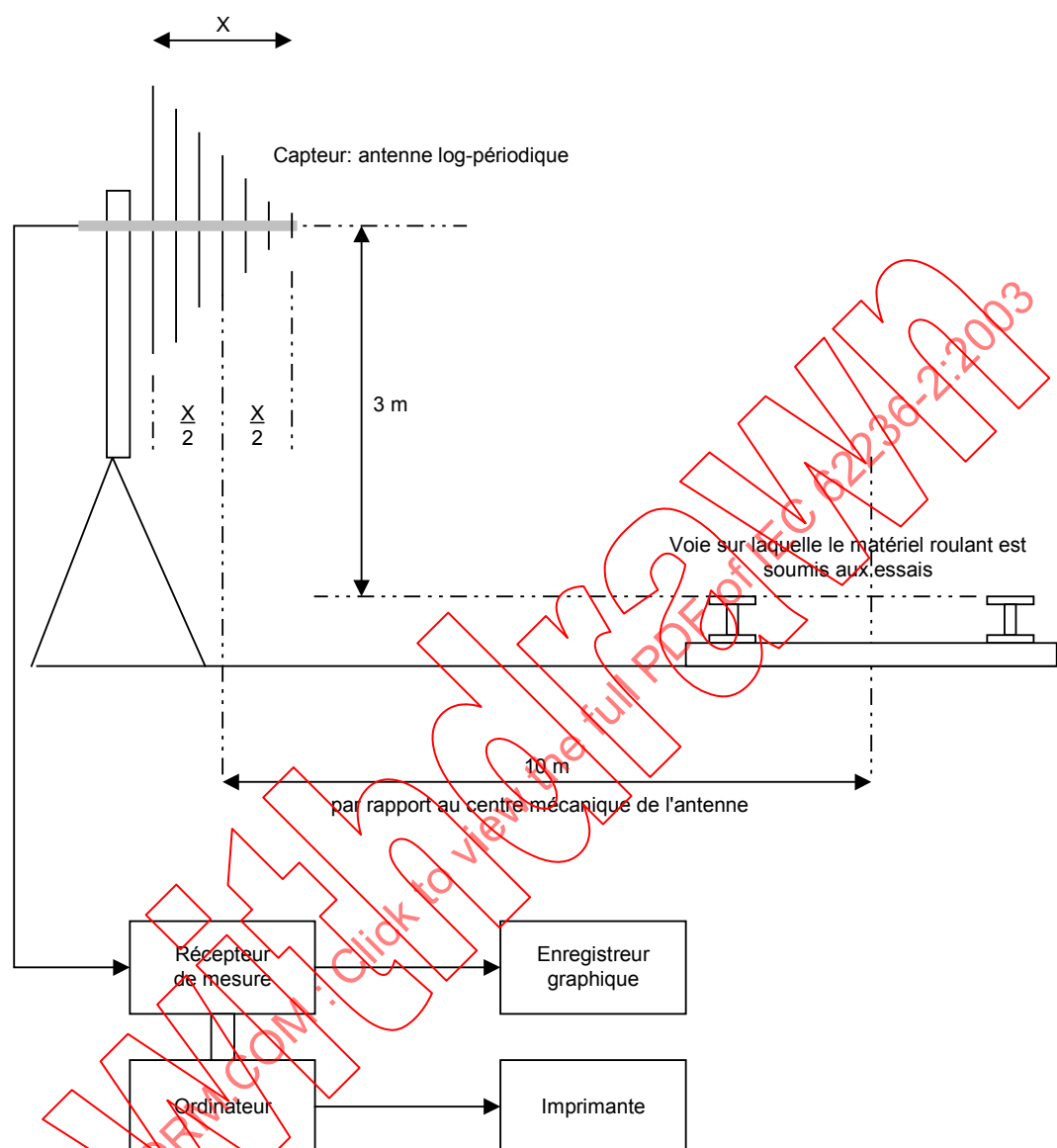
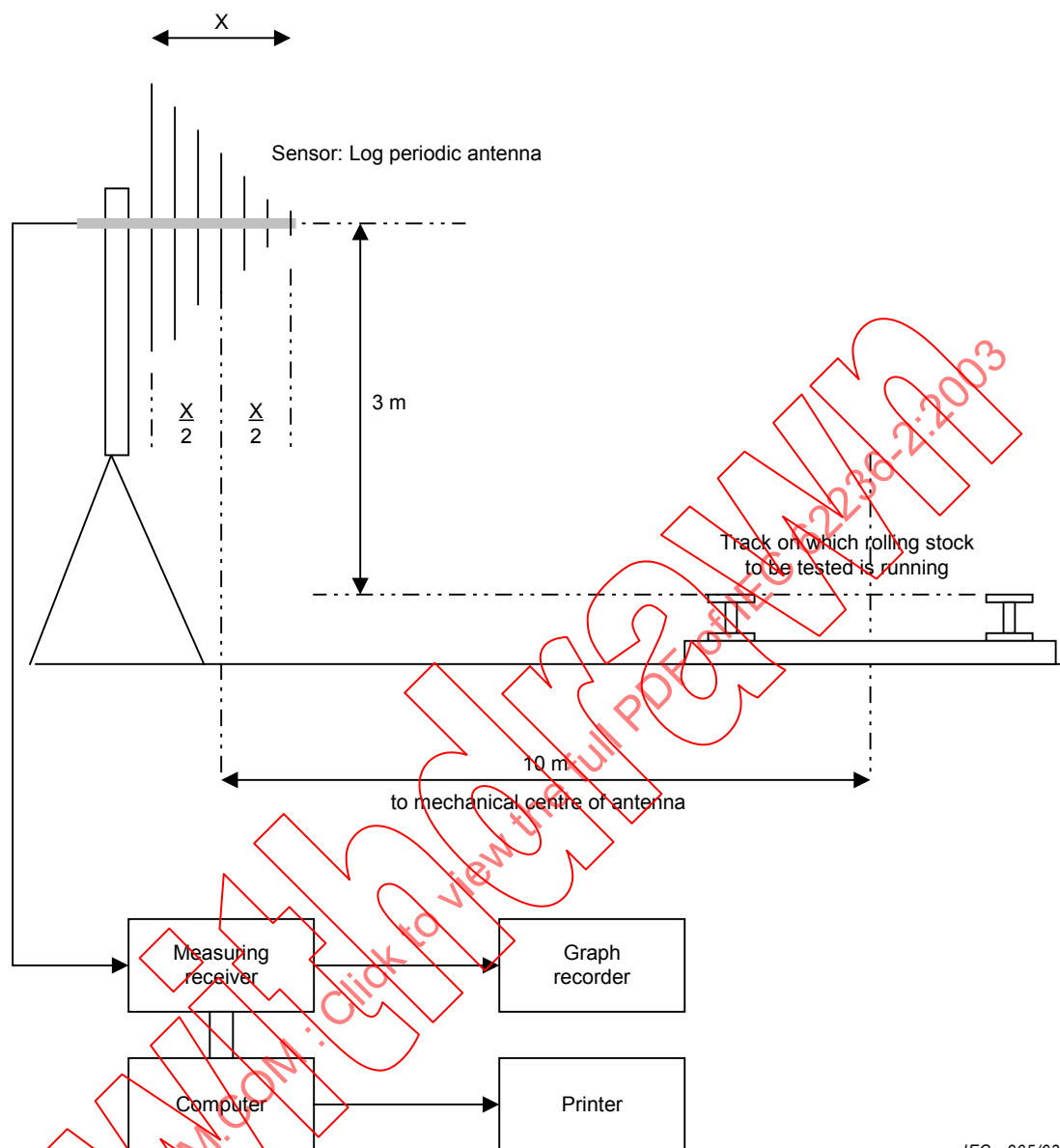


Figure 4 – Position (vertical polarization) of antenna for measurement of electric field in the 30 MHz to 300 MHz frequency band



IEC 905/03

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



IEC 905/03

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

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 prescriptions du CISPR 16-1.

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.

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.

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 polarized 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.

Annexe B (informative)

Contexte du choix de la méthode de mesure

B.1 Introduction

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. Un document séparé (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. Le document 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.

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, 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 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 devait être choisie comme base pour les normes internationales, 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.

Annex B (informative)

Background to the method of measurement

B.1 Introduction

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. A separate publication (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 publication 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.

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 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 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 method were to be selected as a basis for International 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.

B.3 Justification de la méthode spéciale de mesure

Les champs ne sont pas mesurés en utilisant la méthode du CISPR 16-1 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 séparées 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 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 termes 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 nominaleme nt similaires. Les appareils de mesure définis par le CISPR 16-1 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 différeraient pas de plus de ± 4 dB par rapport à un appareil du CISPR 16-1. 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.

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

B.3 Justification for a special method of measurement

Fields are not measured using the method of CISPR 16-1 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 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

Other bandwidths 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 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 analyzers for example), where it has been verified that the results do not differ more than ± 4 dB from CISPR 16-1 apparatus. Sweep analyzers are available with peak and quasi-peak detection, and bandwidths given in CISPR 16-1.

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.

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 ampères par mètre sont convertis en volts par mètre en les multipliant par l'impédance de l'espace libre (120π ohm).

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)).