

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems

Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 62427

Edition 1.0 2007-09

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Compatibility between rolling stock and train detection systems

Applications ferroviaires – Compatibilité entre matériel roulant et systèmes de détection de train

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 45.060

ISBN 2-8318-9309-7

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 Acceptance process	11
4.1 Overview	11
4.2 Responsibilities	11
4.3 Acceptance process	12
4.4 Compatibility case	14
4.5 Quality management	14
4.6 Route identification.....	15
4.7 Characterisation	15
4.8 Tests.....	15
4.9 Compatibility analysis.....	15
4.10 Certificate of acceptance	16
5 Characterisation of train detection systems	17
5.1 Objective of procedure	17
5.2 Physical compatibility	17
5.3 Electromagnetic compatibility	18
5.4 Factor of safety	21
5.5 Track circuit susceptibility	21
5.6 Wheel detector susceptibility	22
5.7 Train detection system gabarit.....	22
5.8 Interference signal generated by rolling stock and substations	22
5.9 Characterisation report.....	23
6 Characterisation of rolling stock.....	24
6.1 Objectives of procedure.....	24
6.2 Description of rolling stock and factors affecting its characteristics.....	24
6.3 Configuration (design status).....	24
6.4 Test plan	25
6.5 Test report	26
6.6 Archive of test results.....	27
7 Characterisation of traction power supply systems	27
7.1 Objective.....	27
7.2 DC traction power supplies.....	27
7.3 AC traction power supplies.....	28
Annex A (informative) Guidelines for the determination of susceptibility of train detection systems	29
Annex B (informative) Guidelines for the measurement of rolling stock characteristics.....	37
Annex C (informative) Factors affecting rolling stock characteristics	39
Annex D (informative) DC traction power supplies	40
Annex E (informative) AC traction power supplies.....	42

Bibliography.....	45
Figure 1 – Sources of electromagnetic interference	6
Figure 2 – Parties concerned in the acceptance process.....	11
Figure 3 – Acceptance process	13
Figure 4 – Relationship between gabarit and permissible interference	16
Figure A.1 – Interference mechanism with rails intact	29
Figure A.2 – Interference mechanism with self-revealing broken rail	29
Figure A.3 – Interference mechanism with unrevealed broken rail.....	30
Figure A.4 – Double rail track circuit	30
Figure A.5 – Double rail track circuit with broken rail.....	31
Figure A.6 – Interference mechanism due to voltage between axles – Case 1.....	31
Figure A.7 – Interference mechanism due to voltage between axles – Case 2.....	32
Figure A.8 – Effect of inter-vehicle current	32
Figure A.9 – Equivalent circuit for Figure A.8	33
Figure A.10 – Example of radiated interference	34
Figure A.11 – Sensitive zone of wheel detectors	35
Figure B.1 – Example of a system for the measurement of interference currents.....	37
Figure D.1 – Rolling stock with DC supply.....	41
Figure D.2 – Circulation of interference current generated by rolling stock.....	41
Figure D.3 – Circulation of interference current generated by the substation.....	41
Figure E.1 – Rolling stock and AC supply without power converter	43
Figure E.2 – Rolling stock and AC supply with power converter	43
Figure E.3 – Circulation of interference current generated by rolling stock	43
Figure E.4 – Circulation of interference current generated by the substation	44

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
COMPATIBILITY BETWEEN ROLLING STOCK
AND TRAIN DETECTION SYSTEMS**

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 62427 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

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

FDIS	Report on voting
9/1058/FDIS	9/1088/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 document is based on EN 50238.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

This Standard defines a process to obtain the assurance that specific rolling stock operating on a specific route does not interfere with train detection systems installed on this route.

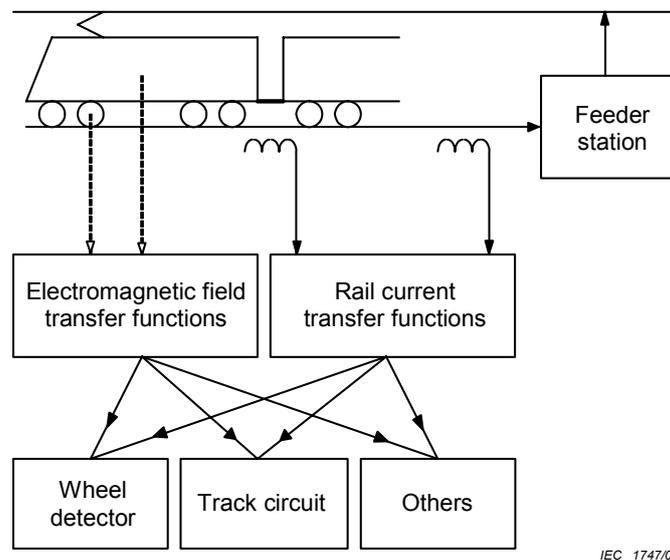
Compatibility problems between train detection systems and rolling stock are a significant obstacle to cross-acceptance of rolling stock in Europe. Unfortunately it is not possible to establish general rules for the maximum levels of interference allowed valid for every country. This is due to the great diversity of rolling stock, power supply and return current systems, and train detection systems installed in Europe. This diversity leads to consideration of the problem of compatibility of rolling stock and train detection systems for specific routes to avoid unnecessarily restrictive specifications.

Compatibility is determined by both physical and electromagnetic considerations. With regard to EMC, the need is not for general values for maximum levels of interference permitted, but for convenient methods by which to specify the level of interference allowed for operation on specific routes.

Interference may be caused by

- rail currents,
- electromagnetic fields,
- differential voltage between axles,

as shown in Figure 1.



IEC 1747/07

Figure 1 – Sources of electromagnetic interference

In practice, the susceptibility of the system is determined by

- the sensitivity of individual components of the system,
- the application of the components, i.e. the configuration of the system.

Therefore the problems concerning track circuits and axle counters or wheel detection systems will be considered separately.

For determining the susceptibility of train detection systems, laboratory/simulation testing methods as well as methods to conduct tests on the “real railway” are proposed. Modelling enables worst-case conditions to be simulated. In addition, particular test sites are used because, from experience, they are known to provide the test evidence required. Then, taking account of the experience of the railways, it is possible to establish a general method for determining the susceptibility of train detection systems, described in this Standard.

Before measuring the interference level on rolling stock, a sufficient knowledge of the electric circuit diagram of the power equipment is required, e.g. switching frequencies of on-board static converters, type of regulation used for power converters, resonant frequency of each filter, operating limits under high and low supply voltages, downgraded modes of operation, etc.

RAILWAY APPLICATIONS – COMPATIBILITY BETWEEN ROLLING STOCK AND TRAIN DETECTION SYSTEMS

1 Scope

This International Standard describes a procedure for mutual acceptance of rolling stock to run over specific routes. It describes the methods of measurement of interference currents, the methods of measurement of the susceptibility of train detection systems, the characterisation of traction power supplies and the procedure for acceptance. The result of the acceptance procedure is a structured justification document referred to as a “compatibility case”, which documents the evidence that the conditions for compatibility have been satisfied.

The procedure is also applied to modifications of rolling stock, traction power supply or train detection systems which are considered to affect compatibility.

The scope of the compatibility case is restricted to the demonstration of compatibility of rolling stock with a train detection system’s characterisation (e.g. gabarit). Train detection system in this standard refers only to a track circuit or those using wheel detector.

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 62278, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*

IEC 60850, *Railway applications – Supply voltages of traction systems*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

3 Terms and definitions

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

3.1

accepting body

body responsible for the evaluation of the compatibility case and the issue of a certificate of acceptance. The authority is assigned by National Law.

3.2

compatibility case

a set of documents which records the evidence demonstrating the degree of compatibility between rolling stock, traction power supplies and train detection systems for a specific route or specific railway network

3.3**certificate of acceptance**

written authorisation from the accepting body that the compatibility case is acceptable to allow the new or modified systems to enter service. Relations with legislation should be determined nationally.

3.4**degraded modes**

modes of operation in the presence of faults which have been anticipated in the design of the rolling stock. Degraded modes will normally allow the rolling stock to complete its journey

3.5**gabarit**

the maximum permissible levels of interference signal, with respect to frequencies and duration, to which a train detection system may be exposed

3.6**railway infrastructure authority**

the body responsible for the safety of the track and signalling systems

3.7**right side failure**

failure of a signalling system which results in a more restrictive condition for the movement of traffic than is appropriate

3.8**rolling stock operator**

body responsible for the operation and maintenance of the rolling stock

3.9**wheel detector**

sensor which detects the passage of a wheel. It may be used as part of an axle counter system or as a treadle

3.10**wrong side failure**

failure of a signalling system which results in a less restrictive condition for the movement of traffic than is appropriate

3.11**factor of safety**

margin between the level of per train emissions and actual susceptibility of track circuit. It covers safety or availability depending on whether wrong side failure or right side failure mechanism is considered.

3.12**signalling system**

assembly of sub-systems, and components connected together in an organised way to achieve specific signalling functionality, of which train detection is a particular sub-system, referred to as 'system' in the context of this standard

3.13**rolling stock**

general term covering all vehicles with or without motors. For the purposes of this standard rolling stock is equivalent to influencing unit.

[IEV 811-02-01, modified]

3.14 traction power supply system

3.14.1 (traction) substation

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

[IEC 62128-1]

3.14.2 (traction) switching station

installation from which electrical energy can be distributed to different feeding sections or from which different feeding sections can be switched on and off or can be interconnected

[IEC 62128-1]

3.14.3 feeding section

section of the traction power supply system which may be isolated from other sections or feeders of the system by means of switching devices

[IEC 62128-1]

3.14.4 feeder

electrical connection between the contact line and a substation or a switching station

[IEC 62128-1]

3.14.5 feeding point

point at which the feeders or line feeders are connected to the contact line

[IEC 62128-1]

3.14.6 contact line

a conductor system for supplying electric energy to vehicles through current-collecting equipment

[IEV 811-33-01]

3.15 axle counter

a system using counting points with wheel detector and a counter which detects the occupancy of a section of track by comparing the number of axles which enter the section with the number of axles which leave the section, parity of the numbers being necessary to give a clear indication

[IEV 821-03-41, modified]

3.16 susceptibility

the inability of a device, equipment or system to perform without degradation in the presence of an electromagnetic disturbance

[IEV 161-01-21, modified]

3.17**train detection**

safe recognition of the presence or absence of any trains on a defined section of the track or at a given point

[IEC 62290-1]

3.18**track circuit**

an electrical circuit of which the rails of a track section form a part, with usually a source of current connected at one end and a detection device at the other end for detecting whether this track section is clear or occupied by a vehicle

NOTE In a continuous signalling system, the track circuit may be used to transmit information between the ground and the train.

[IEV 821-03-01]

4 Acceptance process**4.1 Overview**

The parties concerned in the acceptance process are shown in Figure 2.

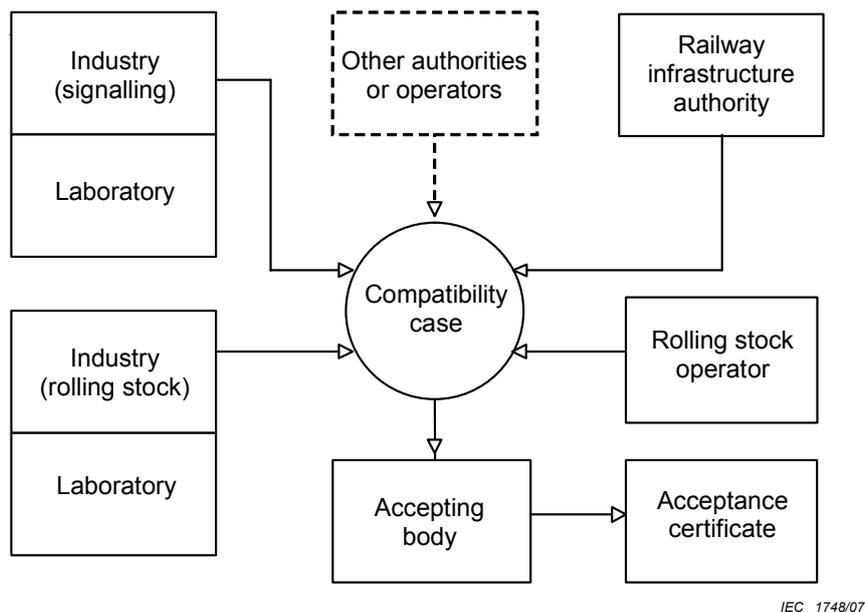


Figure 2 – Parties concerned in the acceptance process

4.2 Responsibilities

The responsibility for demonstrating compatibility between rolling stock, train detection and traction power supply systems, and for maintaining it over the full life cycle of the equipment, is shared between those parties responsible for the particular railway infrastructure and the particular rolling stock. Specific responsibilities for a given compatibility case, including the party taking the lead role, shall be assigned as per national practice. The documentation, in the form of a compatibility case, shall be submitted to an accepting body, and shall be reviewed when any modification is carried out.

4.2.1 Railway infrastructure authority

For a defined route (the application of interest), the railway infrastructure authority should characterise all train detection systems and the traction power supply system.

4.2.2 Rolling stock operator

The rolling stock operator should characterise the interference which may be generated and propagated by the rolling stock.

4.2.3 Accepting body

The accepting body shall review submitted documents and as a result issue a certificate of acceptance. As part of this process, the accepting body should ensure that the compatibility case is reviewed by experts who are qualified in accordance with national practice to assess and evaluate it.

4.3 Acceptance process

The acceptance process is summarised in Figure 3.

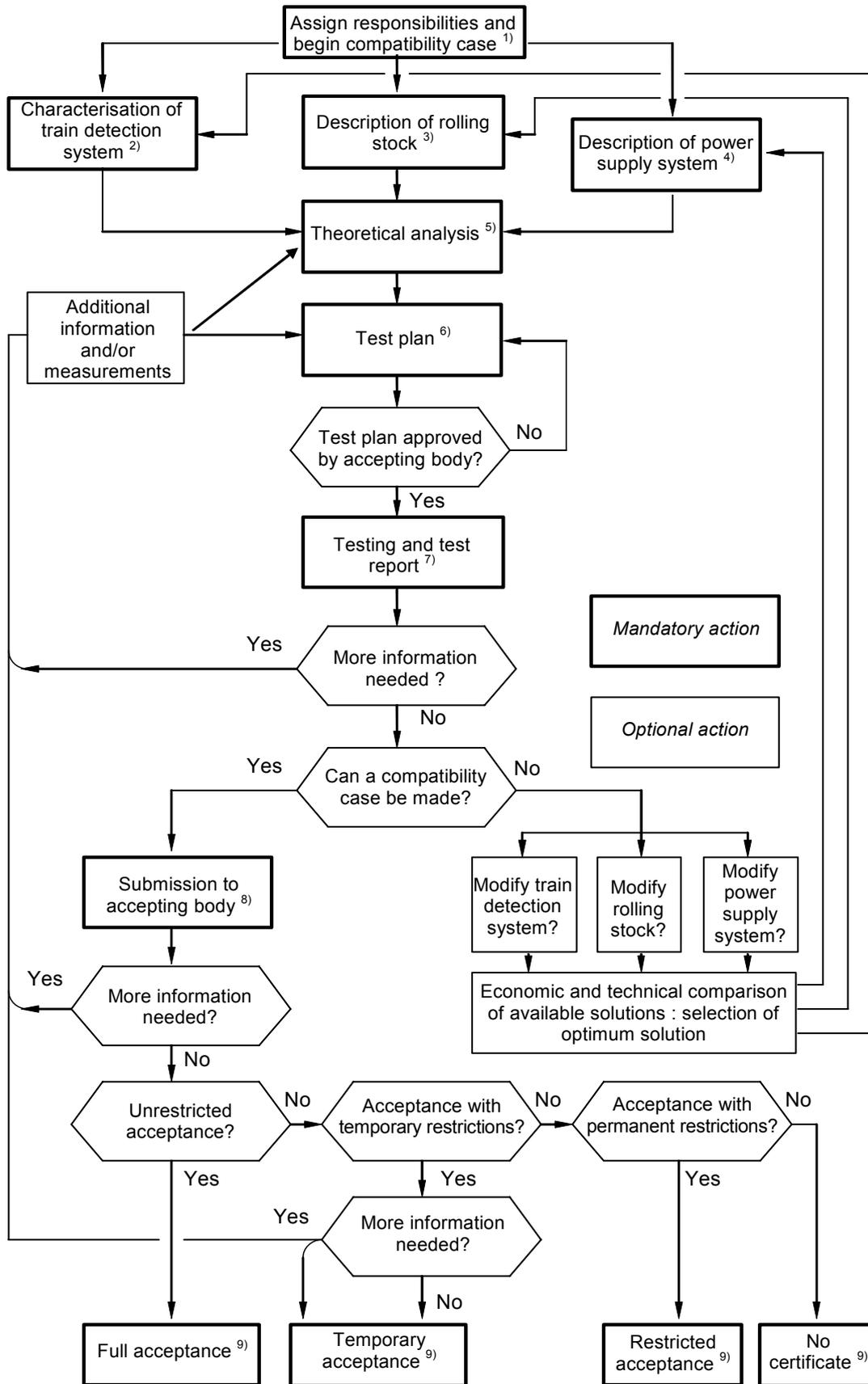


Figure 3 – Acceptance process

IEC 1749/07

Notes of Figure 3.

No	Title	References	Responsible
1)	Assign responsibilities and begin compatibility case	4.4 Compatibility case 4.6 Route identification	To be agreed between the parties defined in 4.1
2)	Characterisation of train detection system	4.7 Characterisation 5 Characterisation of train detection systems	Infrastructure manager
3)	Description of rolling stock	4.7 Characterisation 6 Characterisation of rolling stock	Rolling stock operator
4)	Description of power supply system	4.7 Characterisation 7 Characterisation of traction power supply systems	Infrastructure manager
5)	Theoretical analysis	4.9 Compatibility analysis	To be agreed between the parties defined in 4.1
6)	Test plan	4.8 Tests 6.4 Test plan 7.2.1 Test procedure 7.3.1 Test procedure	To be agreed between the parties defined in 4.1
7)	Testing and test report	4.8 Tests 6.5 Test report	To be agreed between the parties defined in 4.1
8)	Submission to accepting body		To be agreed between the parties defined in 4.1
9)	Acceptance / No certificate	4.10 Certificate of acceptance	Accepting body

4.4 Compatibility case

A compatibility case shall be prepared, including but not limited to, the following:

- scope of compatibility case;
- route identification;
- characterisation of train detection systems;
- characterisation of traction power supply system;
- characterisation of rolling stock;
- assumptions made;
- test report;
- evidence of quality management;
- related compatibility cases;
- assessment of compatibility.

The compatibility case shall be submitted to an accepting body for approval.

4.5 Quality management

Quality management systems shall be in place. The importance of configuration management should be noted.

The configuration state of the relevant infrastructure and rolling stock (including maintenance processes and schedules) shall be recorded and referenced within the compatibility case. Any

subsequent changes to these configurations shall lead to an examination of the continued validity of the compatibility case.

The organisation conducting the tests shall be able to demonstrate its competence in accordance with recognised national practice to make measurements in a traction environment. It should preferably be certified to ISO/IEC 17025, but in any case shall have a documented quality system in accordance with a recognised standard.

In order to maintain objectivity (e.g. in the event that tests are being conducted by a manufacturer on equipment of his own supply) the organisation conducting tests should be subject to an audit by the accepting body.

4.6 Route identification

In order to accept a particular rolling stock in respect of a particular route or network, the different types and applications of train detection systems and traction power supply systems on the route and on adjacent routes which may be affected shall be identified. In addition to the intended operational route(s), alternative route(s) which may be required in the event of disruption to traffic shall also be considered.

4.7 Characterisation

The characteristics of the identified systems shall be obtained in accordance with the following clauses:

- train detection systems: 5;
- rolling stock: 6;
- power supply system: 7.

4.8 Tests

A test plan shall be prepared to deliver the compatibility criteria as described in Figure 4 and approved by the accepting body.

Tests shall be conducted in accordance with the test plan and a test report produced to support the compatibility case.

4.9 Compatibility analysis

In general terms, it shall be demonstrated that the rolling stock characteristics for generated and propagated interference comply with the train detection system gabarit, under defined operating conditions, including degraded modes. Their relationship is shown in Figure 4. The information flow may be in either direction depending on which system is to be changed.

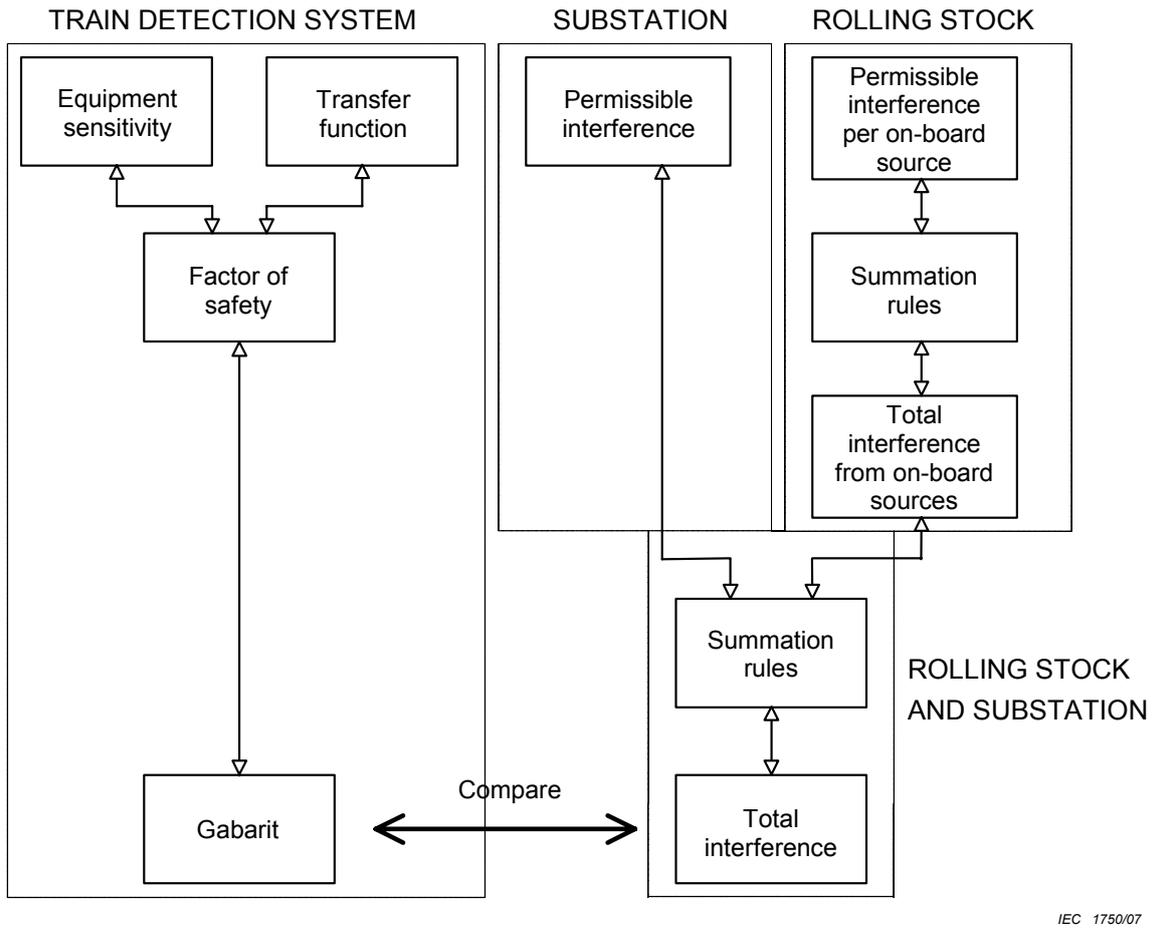


Figure 4 – Relationship between gabarit and permissible interference

Additionally, the physical characteristics of the rolling stock shall be demonstrated to be compatible with the train detection systems.

The compatibility analysis is mandatory and shall explain the technical principles which ensure compatibility, including (or giving reference to) all supporting evidence e.g., calculations, test plans and results, etc.

The method of analysis of fault modes shall be agreed between the parties listed in 4.2. If the parties consider it to be necessary, for complex systems, reference may be made to subclauses 4.6 and 6.3 of IEC 62278.

4.10 Certificate of acceptance

The accepting body shall review the compatibility case and issue a certificate of acceptance to the party requesting the change.

It is recognised that characterisation of interference generated and propagated by rolling stock can be a time consuming process, which may require a significant amount of testing during service operations in order to refine the characteristics. Therefore, provided that the risks to all parties can be demonstrated to be acceptable, temporary acceptance may be given prior to full acceptance. This also allows for the identification of contributory factors which had been overlooked in the preparation of the compatibility case.

Any temporary acceptance shall be time limited and be provided for a specific agreed purpose, whilst additional measures to identify interference and mitigate against possible hazards should be implemented.

In the event that the assessment identifies either a non-compliance with the existing gabarit, or a worsening of the existing gabarit (e.g. higher susceptibility), such that rolling stock with existing route acceptance becomes non-compliant, then the relevant Railway Infrastructure Authorities and rolling stock operators shall jointly determine the modifications to infrastructure and/or rolling stock to be made and initiate acceptance processes where applicable. If modifications are not possible or are not carried out, permanent restrictions shall be applied. Restrictions are usually controlled by the railway infrastructure manager (authority) unless established otherwise by national practice.

5 Characterisation of train detection systems

5.1 Objective of procedure

To ensure the correct operation of train detection systems, their physical and electromagnetic properties shall be checked against those of the rolling stock and the traction power supply system.

5.2 Physical compatibility

5.2.1 Track circuits

Physical compatibility, including but not limited to the following aspects, shall be considered:

- minimum track circuit length;
- minimum train length;
- maximum and minimum distance between the first and last axle of a vehicle;
- characteristics of boundary definition of jointless track circuit;
- maximum speed of trains;
- response time of track circuits;
- shunt values of track circuits;
- shunt impedance of trains, and reliability of shunting in all service conditions including the influence of brake shoes on the shunting impedance;
- axle loads of vehicles;
- axle spacing;
- body overhang;
- track characteristics;
- substations earthing arrangements.

5.2.2 Wheel detectors

Physical compatibility, including but not limited to the following aspects, shall be considered:

- wheel geometry;
- speed of trains;
- wheel material;
- equipment which may be mistaken for a wheel, e.g. track brakes or metal assemblies which are mounted close to the rail head.

5.2.2.1 Wheel dimensions and material

Axle counters and treadles are generally specified to detect reliably wheel types used on main line vehicles. Other vehicle types may require special settings of the wheel detectors.

5.2.2.2 Interfering equipment

Equipment mounted within the immediate vicinity of the rail may interfere with the reliability of wheel detection either by fouling mechanically or due to its electromagnetic properties (see Annex A).

This aspect of compatibility shall be assessed by testing.

5.3 Electromagnetic compatibility

This subclause describes the measurement of the gabarit of the train detection system. It defines the general approach to be adopted, but since every installation is different in detail, it cannot describe the whole process exactly. The compatibility case shall cover all credible configurations and parameters. Some examples of configuration and models are given in Annex A.

The required measurements are as follows.

5.3.1 The sensitivity of the train detection system equipment (see 5.3.3.1 for track circuits; 5.3.4.1 for wheel detectors).

5.3.2 The “transfer function” relating the interference signal at the train detection system equipment to the interference generated by the rolling stock (see 5.3.3.2 for track circuits; 5.3.4.2 for wheel detectors).

Let the transfer function be denoted by F .

Let the interference signal at the train detection system equipment be denoted by I_{TDS} .

Let the interference signal generated by the rolling stock be denoted by I_{RS} .

The interference signal is then:

$$I_{TDS} = F \times I_{RS}$$

Hence

$$I_{RS} = I_{TDS} / F$$

The maximum permissible interference signal at the train detection system equipment I_{TDSmax} is determined by the sensitivity of the train detection system equipment. Let the total permissible interference generated by rolling stock be denoted by I_{RStot} . Then:

$$I_{RStot} = I_{TDSmax} / F$$

Where multiple sources may contribute to the total interference signal, the permissible interference per source shall take this into account (see 5.8).

Note that the permissible interference signal will have two values determined by the following criteria:

- the signal which may cause the train detection system to show clear when it is in fact occupied (a wrong side failure, i.e. a matter of safety);
- the signal which may cause the train detection system to show occupied when it is in fact clear (a right side failure, i.e. a matter of reliability). The effect on interlocking logic shall however be considered.

5.3.3 Track circuits

5.3.3.1 Sensitivity and susceptibility of equipment alone

The sensitivity of the track circuit equipment itself shall be determined. In general the susceptibility of the receiver will be more significant than that of the transmitter and will be the determining factor in the permissible level of interference; however the susceptibility of the transmitter shall also be checked.

Where the sensitivity of the track circuit is adjustable, it shall be measured for all the relevant settings and in particular for the worst case settings.

The susceptibility shall be determined as follows.

5.3.3.1.1 The parameters (amplitudes, frequencies and durations) of the voltage(s), current(s) or electro-magnetic fields which may cause the receiver to be energised, in the absence of a signal from the transmitter, such that a “track circuit unoccupied” indication is given.

NOTE Some types of track circuit receivers which are designed to operate with an amplitude modulated signal may also be energised by a combination of unmodulated frequencies, and some types of track circuit receivers which are designed to operate with a frequency modulated signal may also be energised by one or more amplitude modulated frequencies.

5.3.3.1.2 The parameters (amplitudes, frequencies and durations) of the additional voltages, currents or electro-magnetic fields which may de-energise the receiver, or may influence the output signal of the transmitter, such that a “track circuit occupied” indication is given.

The above information shall be obtained from the suppliers of the track circuit equipment. If it is not available (for example in the case of an obsolete design) it shall be obtained by laboratory measurements.

5.3.3.2 Transfer function of track circuit as installed

The transfer function of the installed track circuit with regard to interference current shall be determined as follows.

5.3.3.2.1 Determine the electrical equivalent circuit of the track circuit and the traction power supply system in so far as the latter may affect the track circuit. In doing this all relevant conductors shall be considered, including catenaries or conductor rails, cross-bonded running rails, return conductors, impedance bonds, booster transformers, earthed structures, earth paths, etc. Normally the “worst case” transfer function will correspond to the maximum length track circuit.

5.3.3.2.2 Set up the equivalent circuit using a real test site or a hardware or software model. If a model is used it shall be verified by means of comparative site tests.

5.3.3.2.3 Measure the voltage or current at the track circuit equipment terminals resulting from a current generated by the rolling stock. The transfer function is then the ratio of the voltage at the track circuit equipment terminals to the interference current.

NOTE 1 The value of the transfer function will depend on the position of the train with respect to the track circuit. The worst case value should be determined.

NOTE 2 If the train has two or more on-board sources, or is composed of electric multiple unit stock, or utilises the rails for the return current path for auxiliary power supplies (see UIC 550), it may have to be represented by more than one current source.

5.3.3.2.4 Repeat the above tests with fault conditions applied, for example broken rails, broken cross-bonds and broken return conductors, examples of which are shown in Annex A (see 4.9). The “worst case” transfer function is the ratio of the highest value of interference

voltage at the track circuit equipment terminals observed under fault conditions to the interference current(s).

The transfer function of the installed track circuit with regard to electromagnetic fields shall be determined in a similar manner to that for interference currents, except that practical site tests will probably be more appropriate than computer modelling for the generation of useful results. An example is given in Annex A.

5.3.4 Wheel detectors

The wheel detector circuits used in axle counting systems are usually galvanically decoupled from currents flowing in the rails.

Axle counters may be affected by electromagnetic interference coupled via the wheel detectors and the sensitivity of the axle counter is thus largely determined by the susceptibility to electromagnetic interference of the wheel detector used. Depending on the configuration, the axle counter may also be affected by interference on the transmission path between the trackside and an evaluation unit in an interlocking room.

The return current (d.c. or a.c.) in the rail can interfere with permanent-magnetic or inductively operating wheel detectors

- directly, through its effect on the sensors, or
- indirectly through its effect on the permeability of the rail.

Direct coupled interference is expected to be most severe at the operating frequency of inductive sensors. Harmonics of rail current shall be considered.

Electromagnetic interference fields from equipment on the rolling stock can also affect the wheel detectors. Major sources of interference include:

- transformers and converters, especially when fitted under the vehicle close to the rails. Harmonic content of interference shall be considered;
- magnetic track brakes and eddy-current track brakes, which are mounted on the vehicle directly over the rail. The interference may be dependent on the train speed and the operational position of the brake;
- transmitter antennas mounted on the vehicle, especially when mounted in the proximity of the rails;
- catenary switching operations and the rupture or corrosion of contact wires causing transient currents in the rails which can interfere with the wheel detectors or the transmission path.

In addition to axle counter applications, wheel detectors are also used for switching functions, e.g. for switching on and off level-crossing protection systems. In these applications the effect of transient interference may be different to that of axle counters and shall be considered separately, but the characterisation of the wheel detector itself is common to both applications.

5.3.4.1 Sensitivity of equipment alone

The sensitivity of the wheel detector equipment (wheel detector including signal evaluation electronic device) shall be determined as follows.

5.3.4.1.1 The parameters (including area of sensitivity, amplitudes, frequencies and durations) of the electro-magnetic fields and rail currents which will maintain the wheel detector in such a condition that passing wheels are not detected.

5.3.4.1.2 The parameters (including area of sensitivity, amplitudes, frequencies and durations) of the electro-magnetic fields and rail currents, which will cause the “wheel present” state of the wheel detector when no wheel is present.

5.3.4.2 Susceptibility of wheel detectors as installed

The permissible value of interference signal, both transient and continuous, caused by currents in the rail or by other sources of interference will depend on the value of the internal signal exceeding the switching point of the electronic evaluation device of the wheel detector.

The transfer function of an installed wheel detector with regard to interference current and interference electromagnetic field depends on the physical principle and the geometric arrangement of the wheel detector and the signal evaluation device. Many different parameters (frequency and amplitude of interfering current; frequency, amplitude and direction of interfering electro-magnetic field) determine the transfer function. The inherent complexity and non-linearity of the transfer function make it unsuitable for use in this context.

Due to the inherent difficulties of designing a sufficiently complete electrical equivalent circuit for a type of wheel detector, field testing, or alternatively laboratory tests injecting interference currents into the rail and applying external electromagnetic fields shall be used for measuring the susceptibility of wheel detectors.

5.4 Factor of safety

To allow for uncertainties in the accuracy of measurements and simulations, the susceptibility of the train detection system as determined above shall be increased by a factor of safety. The uncertainties shall be estimated and the factor of safety shall be sufficient to allow for them (see Clause A.10).

Interference due to DC substation ripple may need to be taken into account in the factor of safety.

5.5 Track circuit susceptibility

5.5.1 Permissible interference signal for right side failure

The permissible value of interference signal in the case of right side failure of the track circuit is determined without faults in the traction return system, since track circuits are not expected to work reliably in the presence of such faults.

Let the transfer function in this case be denoted by F_{norm} .

Let the interference signal which causes the track circuit to show occupied while clear be denoted by I_{TDSocc} .

Then the total permissible value of interference $I_{\text{RStot, occ}}$ for this case is given by:

$$I_{\text{RStot, occ}} = I_{\text{TDSocc}} / F_{\text{norm}}$$

for all combinations of amplitude, frequency and duration of the interference signal.

5.5.2 Permissible interference signal for wrong side failure

For wrong side failures the worst case fault in the traction return system, resulting in the “maximum” transfer function F_{max} , shall be assumed.

Let the interference signal which causes the track circuit to show clear while occupied be denoted by I_{TDSclear} .

Then the total permissible value of interference $I_{RStot, clear}$ for this case is given by:

$$I_{RStot, clear} = I_{TDS_{clear}} / F_{max}$$

for all combinations of amplitude, frequency and duration of the interference signal.

5.6 Wheel detector susceptibility

Due to the principle of discrete detection of wheels passing a wheel detector, transient and continuous interference may be considered as equivalent.

The susceptibility of wheel detectors shall be determined under laboratory conditions as follows:

- a) Set up a wheel detector arrangement as in the field with worst case geometrical conditions (e.g. worn wheels, small wheel diameter, worn rail profiles). If this is not feasible, another electrically equivalent method may be used.
- b) Inject a defined interference current into the rail with the wheel detector mounted, or apply a defined interfering electromagnetic field, representing the rolling stock (traction current and harmonics), and measure the resulting change of internal signal (current, voltage or frequency), which is responsible for the switching function of the wheel detector.

The frequency of harmonics shall include the operating frequency of the wheel detector.

The value of external interference signal causing an unwanted reaction of the wheel detector, both with and without a wheel passing, shall be measured.

For axle counters, it shall be shown that the reliability of counting will be maintained in spite of the expected interference. A differentiation between right side and wrong side counting failures due to interference is not required.

5.7 Train detection system gabarit

The train detection system gabarit is the maximum permissible value of the interference signal determined above, reduced by the factor of safety (see Clause A.10).

5.8 Interference signal generated by rolling stock and substations

The interference signal generated by rolling stock and substations is a function of the following:

- the interference signal generated by each source;
- the number of sources;
- the rules adopted for the summation of interference signals from different sources.

5.8.1 Interference signal generated by each source: track circuits

Track circuits are affected by the following sources of interference current:

- the current drawn by the rolling stock
 - with the rolling stock considered as passive impedances, and
 - with the traction power supply interference voltages superimposed on the supply voltage.

These currents are limited by setting a minimum impedance value for the rolling stock and by limiting the interference level generated by the substation. Under some circumstances the impedance of the rolling stock may interact with the impedance of the power supply to generate additional interference which is not attributable to either source alone; minimum

impedance value is measured in accordance with established practice. All assumptions associated with the measured values shall be carefully documented as part of the compatibility case.

- the current generated by the rolling stock powered with a “pure” voltage (d.c. or undistorted sine wave a.c.). This current includes:
 - the interference current generated by the traction equipment;
 - the interference current generated by on-board converters for auxiliary power supplies (note that the return current from these may flow through the rails beneath the train);
- unwanted coupling from the transmitter(s) of other track circuit(s).

5.8.2 Interference signal generated by each source: wheel detectors

The major sources have been defined in 5.3.4. The effect of multiple source interference shall be considered in each particular case.

5.9 Characterisation report

The tests and the context in which they were performed shall be presented in a report, including the following.

NOTE These reports cover compatibility tests in addition to any tests for compliance with environmental phenomena covered by IEC 62236.

5.9.1 Introduction

A general presentation of the systems under test.

5.9.2 Test organisation

A statement of who performed the tests and the contact address.

5.9.3 Configuration

A definition of the design status of the train detection system, including the status of hardware and software listed in the documentation of the factors affecting the train detection system's characteristics.

5.9.4 Reference documents

This shall include the test plan, the description of the train detection system and the document listing the factors affecting its characteristics.

5.9.5 Application of test plan

With specific reference to compromises or amendments to the test plan which were found to be necessary, including

- test conditions - technical characteristics of the test site,
- instrumentation - a block diagram of the equipment used, the location of the measuring instruments, the interconnections between them, their accuracy, response characteristics, sensitivity, signal scalings, etc.,
- test procedure - calibration, verification of environmental noise, operational conditions of the system under investigation during tests.

5.9.6 Test results

These include

- the sensitivity of the train detection system alone,

- the transfer function of the train detection system as installed,
- the electrical equivalent circuit of the train detection system and traction power supply system,
- description of model (if used),
- verification of model (if used),
- results of tests; “normal” and “maximum” transfer functions,
- list of possible fault conditions considered,
- gabarit of train detection system,
- summation rules (for use by rolling stock operator).

5.9.7 Comments

An evaluation of the results, their validity (e.g. why the site was chosen) and comparison with expected results.

5.9.8 Archive of test results

Measurements often entail the collection of large quantities of recordings. It is not always practical for these to be reproduced and circulated with a report, but provision shall be made for their archive and reference made in the test report as to how authorised access to this documentation may be achieved.

6 Characterisation of rolling stock

6.1 Objectives of procedure

Tests shall be made on rolling stock to verify the interference generated and also for the following reasons:

- to acquire additional information concerned with the characterisation of the train power system;
- to compare measured levels of interference with those predicted to confirm the understanding of the train power system.

Although the tests will be made with reference to the specific routes on which the rolling stock will operate, tests should be defined, carried out and the results documented without ambiguity to avoid unnecessary repeat testing in the event that a future new route comes under consideration.

The acceptance of previously accepted rolling stock on new routes may not require further testing if the characteristics of the new route are similar to an existing route, e.g. an extension of an existing line with similar train detection and traction supply systems.

6.2 Description of rolling stock and factors affecting its characteristics

The factors on which the rolling stock / signalling compatibility depends shall be defined and documented by the manufacturer or operator and shall include all relevant modifications to the rolling stock. Safety critical components shall be clearly identified.

Annex C lists known factors which can affect the rolling stock / signalling compatibility.

6.3 Configuration (design status)

Measurements shall be carried out on a representative sample or samples of the rolling stock for which acceptance is to be obtained. The equipment shall be in a fully developed and

modified operating state; the status of hardware and software which are factors affecting rolling stock / signalling compatibility, shall be known and fully documented.

6.4 Test plan

The test plan is a document which should be approved by the accepting body as an appropriate means of measuring the rolling stock characteristics. It shall make reference to the following criteria.

6.4.1 Test site

Measurements shall be carried out with the rolling stock operating on sections of track which are as representative as possible of those of the intended routes. The extent to which a non-totally representative test site may be used to explore the range of tests listed in 6.4.3 should be evaluated.

Rolling stock shall be tested on lines electrified with the different types of traction power supply with which the rolling stock can operate.

To avoid ambiguity of results, attention shall be paid to the contribution of measured levels of interference resulting from the traction power supply characteristics and those actually generated by the rolling stock under test.

6.4.2 Instrumentation

Measurement and testing equipment shall be specified and agreed (in particular transducers, spectrum analysers, selective voltmeters).

The choice of instruments used and their set-up shall be such that measurements made can be interpreted with respect to the reference gabarit(s). Specifically, consideration should be given to

- location of measuring transducer,
- accuracy,
- bandwidth,
- dynamic range,
- quantification of systematic errors; e.g. noise, intermodulation effects, etc.,
- system response to evaluate signals within both frequency and time domains,
- measurement of modulation between frequencies or other gabarit specified criteria,
- recording of speed, location, traction power supply parameters and other factors which may have an influence on the level of interference currents generated,
- procedural calibration checks.

Annex B details ways in which the above have been addressed historically.

6.4.3 Test procedure

Tests shall be conducted over the range of conditions which may occur under normal operation with a sufficient number of tests being performed to enable the true rolling stock characteristics to become apparent. The worst cases shall be examined in the closest detail. Tests should be conducted in the following operational conditions:

- at standstill;
- the full extent of the effort-speed characteristics in motoring and braking (including regenerative braking);
- constant speeds up to the maximum (regulated by speed control or the driver);

- operation at reduced efforts as determined by the position of the driver's power controller;
- sequences of motoring, coasting and braking;
- normal and degraded modes of operation;
- typical variations or disturbances in the supply voltage (e.g. due to other trainsets on the system, a substation cut out, line gaps, poor contact of current collection equipment, etc.);
- environmental conditions which can affect the rolling stock equipment operation (e.g. wheelslip, wheelslide, etc.);
- regular known transients (e.g. circuit breaker opening/closing, particular rolling stock equipment starting / stopping).

6.5 Test report

The tests and the context in which they were performed shall be presented in a report, which should include the following.

NOTE These reports cover compatibility tests in addition to any tests for compliance with environmental phenomena covered by IEC series 62236.

6.5.1 Introduction

A general presentation of the systems under test (rolling stock, power supply system and train detection system).

6.5.2 Test organisation

A statement of who performed the tests and the contact address.

6.5.3 Configuration

A definition of the design status of the rolling stock, including the status of hardware and software listed in the documentation of the factors affecting the rolling stock's characteristics.

6.5.4 Reference documents

This includes the test plan, the description of the rolling stock and the document listing the factors affecting rolling stock's characteristics.

6.5.5 Application of test plan

With specific reference to compromises or amendments to the test plan which were found to be necessary, including

- test conditions – technical characteristics of the test site,
- instrumentation – a block diagram of the equipment used, the location of the measuring transducer, the interconnections between instruments, their accuracy, response characteristics, sensitivity, signal scalings, etc.,
- test procedure – calibration, verification of environmental noise, number of test runs, operational conditions of the system under investigation during tests.

6.5.6 Test results

An analysis and summary of the measurements made with typical examples of recordings.

6.5.7 Comments

An evaluation of the results, their validity and comparison with expected results.

6.6 Archive of test results

Measurements often require the collection of large numbers of recordings. It is not always practical for these to be reproduced and circulated with a report, but provision shall be made for their archive and reference made in the test report as to how authorised access to this documentation may be achieved.

7 Characterisation of traction power supply systems

7.1 Objective

The objective is to determine the influence of the traction power supply system upon the characterisation of the rolling stock.

Relevant factors include but are not limited to the following:

- voltage tolerance;
- frequency tolerance;
- harmonic content;
- transients;
- maximum MVA rating;
- impedance of substation;
- impedance of catenary or conductor rail(s);
- impedance of return system;
- normal and degraded modes of operation.

Information about power supply characteristics is defined in IEC 60850.

Since certain interference frequencies may be generated by the substation or by the rolling stock, or both, there may be ambiguity as to the source of these frequencies. This ambiguity shall be resolved.

Resonances and oscillations shall also be considered.

7.2 DC traction power supplies

DC traction power supplies are, due to their rectifiers, particularly likely to produce interference currents which can affect track circuits. Annex D briefly describes the interaction of interference currents between the rolling stock and the d.c. traction power supply.

7.2.1 Test procedure

7.2.1.1 Substations equipped with diodes only

The voltage ripple is mainly due to the rectifier bridge and to phase unbalance in the high voltage supply. As a first approach, the voltage ripple should be measured on board the rolling stock in the neighbourhood of the substation with the traction power system cut out. Additionally, in the case of major ambiguity, the voltage ripple shall be measured on a power resistive load after agreement between the railway infrastructure authority and the organisation conducting the tests.

7.2.1.2 Substation equipped with regulated converters

Additionally, the voltage ripple may be due to unbalances in the control system of the converters. The voltage ripple shall be characterised at no load and on a power resistive load.

7.3 AC traction power supplies

AC traction power supplies generally do not produce significant interference currents because they are supplied from a distribution system directly, through transformers or rotating converters. Some supplies are, however, particularly likely to produce interference currents which can affect track circuits due to power converters such as frequency converters or reactive power regulators. Annex E briefly describes the interaction of interference currents between the rolling stock and the a.c. traction power supply.

In the case of a.c. traction power supply, harmonic resonances may occur at certain frequencies mainly due to the combination of impedance of substation(s), contact line(s), trains and track, therefore interference from harmonic currents may be caused in track circuits according to the location on the line, even if the harmonics generated by the substation and/or the rolling stock are small. Countermeasures against harmonic resonance, if necessary, are given by additional filters installed in the traction power supply in order to shift resonance frequencies of the line, for example.

7.3.1 Test procedure

Harmonic currents are mainly due to the power converters and shall be characterised both at no load and at load of the traction units present in the feeding section, especially if a power converter is installed in the substation. Additionally, harmonic currents may be measured at the substation if necessary for the characterisation.

When countermeasures against the harmonic resonance are installed in the traction power supply, their effects shall be examined.

Annex A (informative)

Guidelines for the determination of susceptibility of train detection systems

A.1 Examples of system configurations

Some examples of train detection system configurations are shown below (see Figures A.1 to A.11). They are simplified and do not show, for example, structures bonded to the traction return rail. It is emphasised that these are not the only possible configurations; they are included as examples of the type of situation that should be considered.

A.2 “Normal” configuration

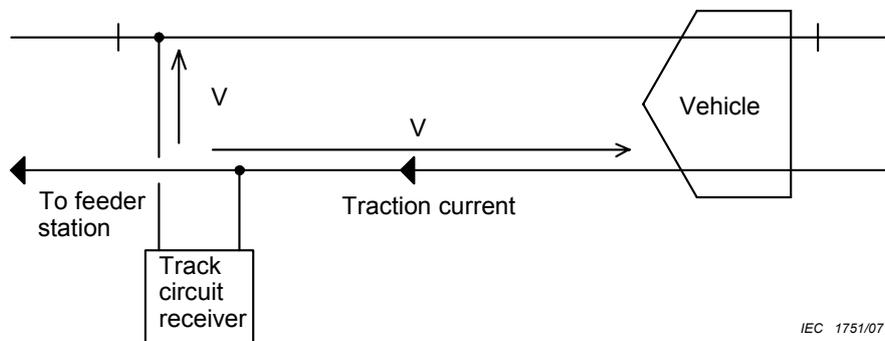


Figure A.1 – Interference mechanism with intact rails

The voltage drop along the length of traction return rail included within the track circuit appears across the track circuit receiver when the track circuit is occupied.

A.3 Interference mechanism with broken signal rail

With a break in the signal rail the track circuit will show occupied (a “self-revealing” fault). The circuit is as follows:

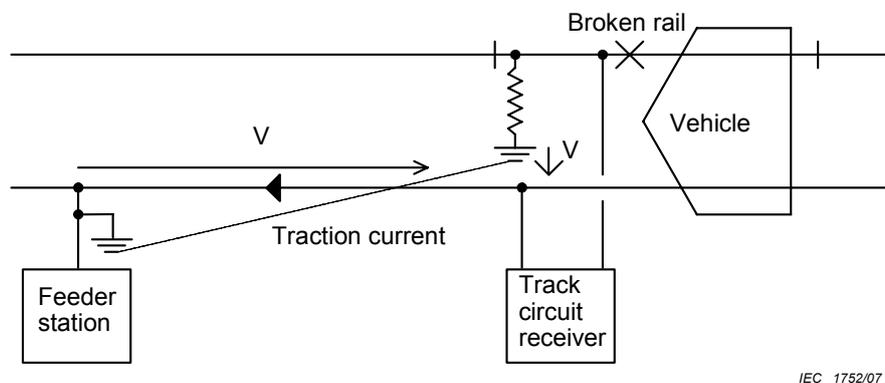


Figure A.2 – Interference mechanism with self-revealing broken rail

The voltage appearing at the receiver is now determined by the voltage drop between the vehicle and the feeder station, although the ballast resistance of the broken rail is in series with the input of the track circuit receiver. Since the broken rail causes the track circuit to show occupied, this situation should arise very infrequently.

A.4 Interference mechanism with broken return rail

In the case of an unrevealed break in a traction return rail, the circuit becomes:

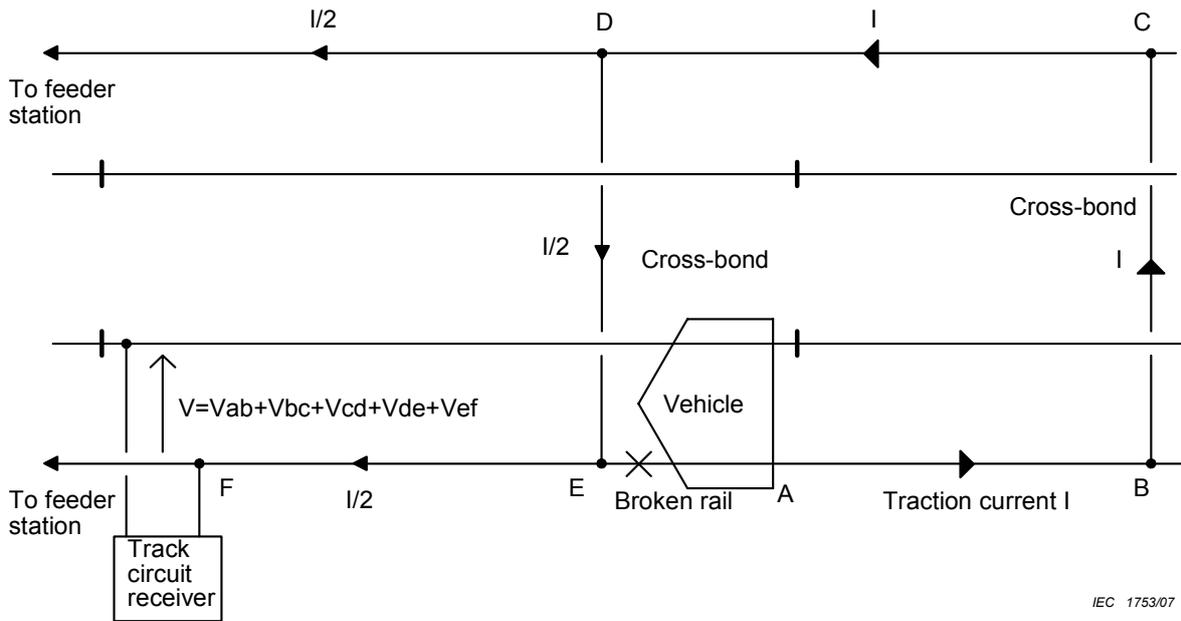


Figure A.3 – Interference mechanism with unrevealed broken rail

Since the traction current now has to take a longer return path to the feeder station (although a proportion will flow in the earth), the interference voltage at the receiver will be increased. The length of the return path depends on the spacing of the cross-bonds and the length of the track circuit.

A.5 Double rail track circuits

A typical configuration for a double rail track circuit is shown in Figure A.4.

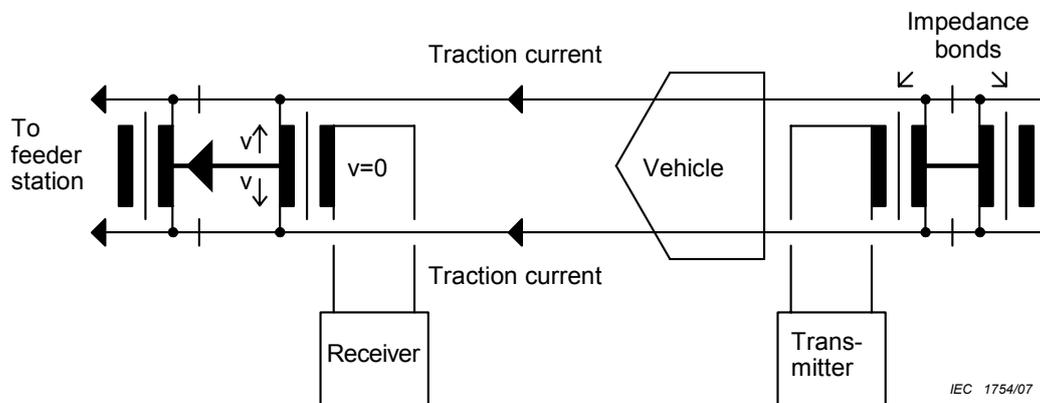


Figure A.4 – Double rail track circuit

In normal operation the traction return current in each rail is approximately the same and little voltage is developed at the track circuit equipment terminals. However, in the case of a broken rail or impedance bond, the return current will be totally unbalanced resulting in a transverse voltage, see Figure A.5.

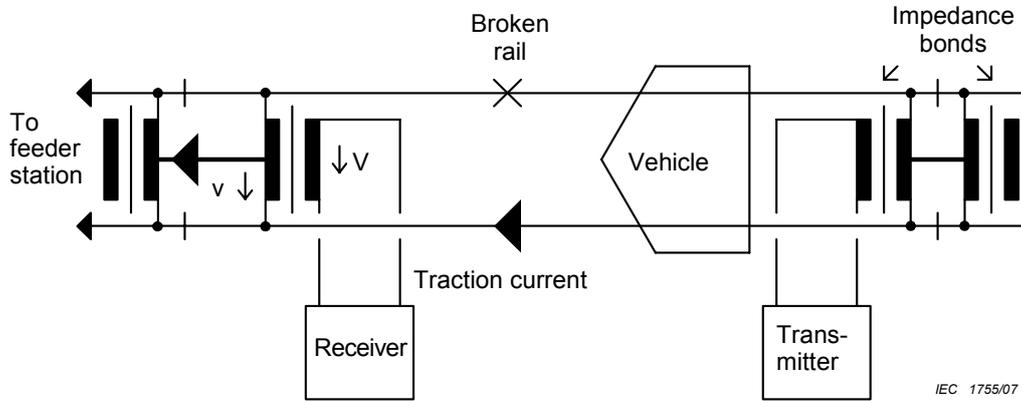


Figure A.5 – Double rail track circuit with broken rail

Such a break will normally cause the track circuit to show occupied (self-revealing) but depending on the type of track circuit it could be possible for the receiver to be falsely energised by interference before the train enters the track circuit, thereby permitting the train to proceed. The track circuit could then continue to show clear when it is occupied by the train.

A.6 Voltage between axes of rolling stock

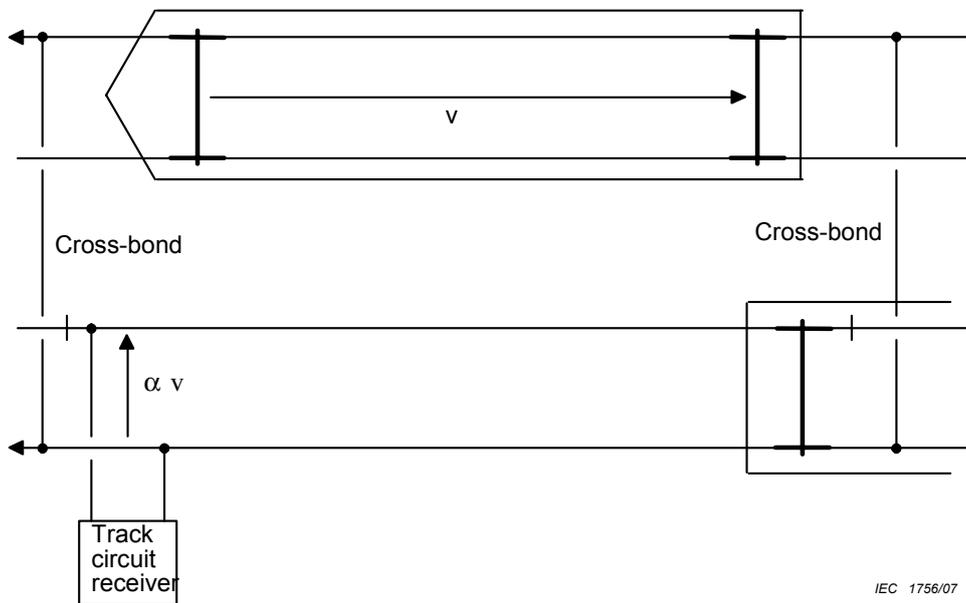


Figure A.6 – Interference mechanism due to voltage between axes – Case 1

If a voltage is generated between the axes of the train, a proportion α of this voltage may appear across the track circuit receiver. If the train length is similar to the track circuit length and to the cross-bond spacing, α may approach unity.

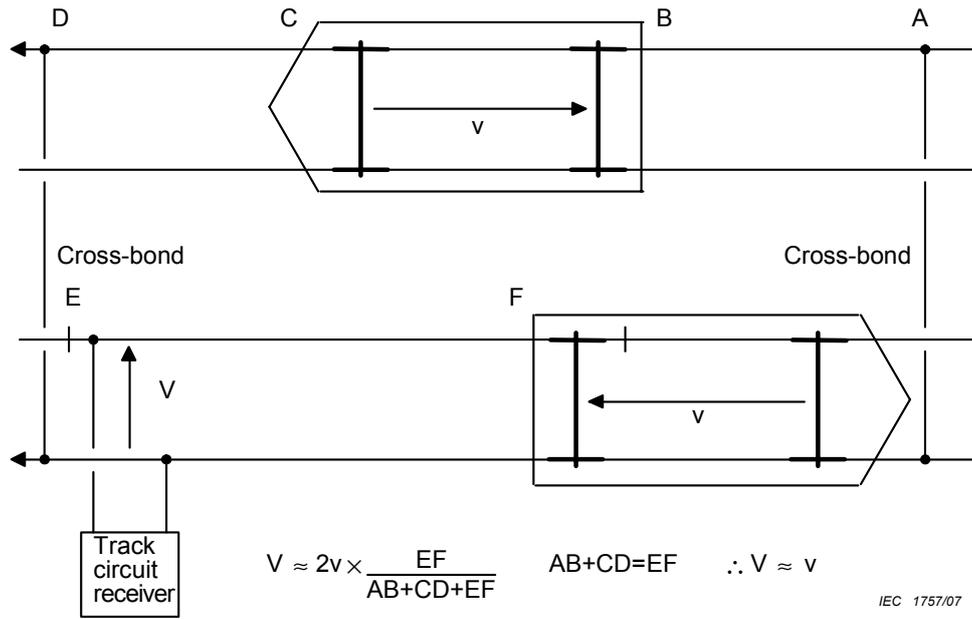
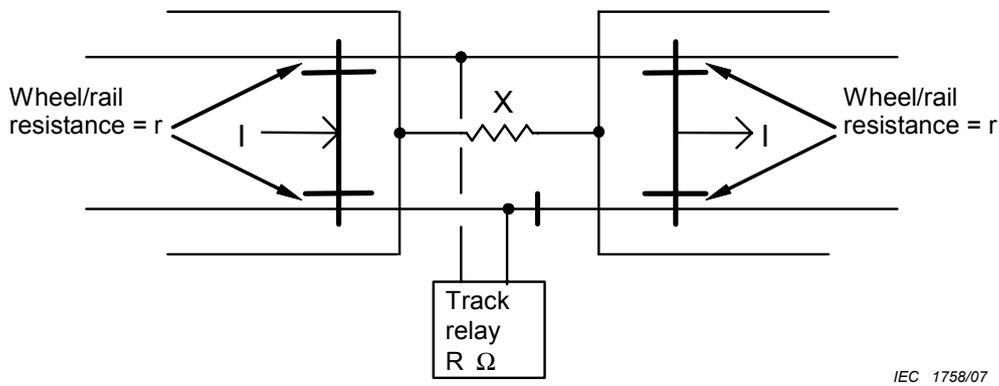


Figure A.7 – Interference mechanism due to voltage between axles – Case 2

If two trains contribute to the interference, the combined effect is similar to that for one train.

A.7 Effect of resistance between coupled vehicles



- Key
- r wheel/rail resistance
 - I return current between vehicles
 - X vehicle bonding (if fitted) resistance
 - R resistance of track relay

Figure A.8 – Effect of inter-vehicle current

This can be redrawn (ignoring rail resistance), see Figure A.9.

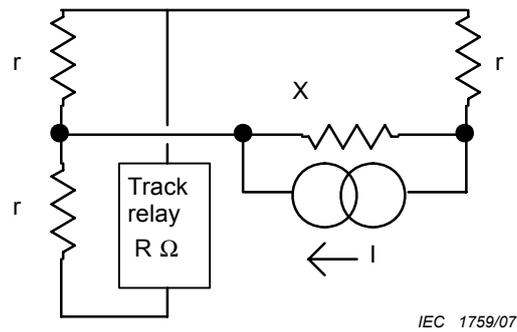


Figure A.9 – Equivalent circuit for Figure A.8

If all r are equal

and $R \gg r$

and $X \rightarrow \infty$ (either disconnected or not fitted)

then $V_R \rightarrow I \times r$.

If $X \approx r$

then $V_R \rightarrow (I \times r)/3$.

If the maximum tolerable V_R is 200 mV and I is 120 A, then

$$r_{\max} = 1,7 \text{ m}\Omega \text{ if } X \rightarrow \infty$$

or

$$r_{\max} = 5 \text{ m}\Omega \text{ if } X \approx r.$$

These values are very low.

A.8 Radiated interference

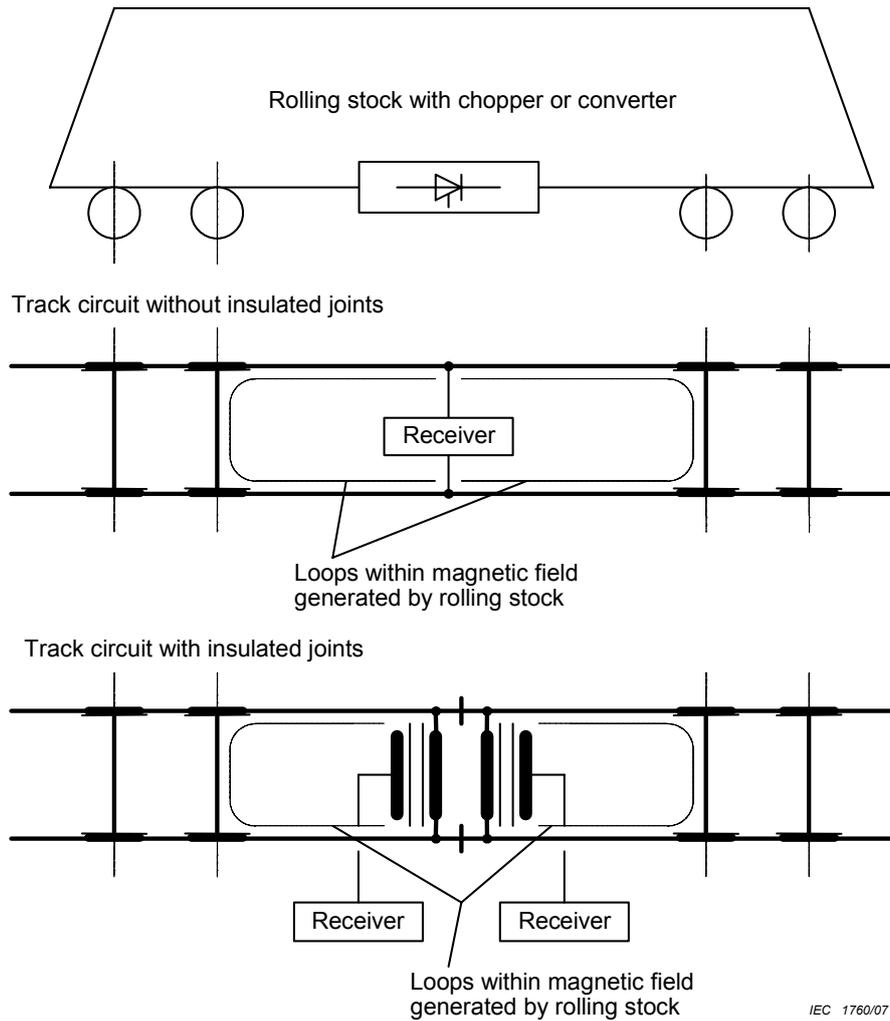
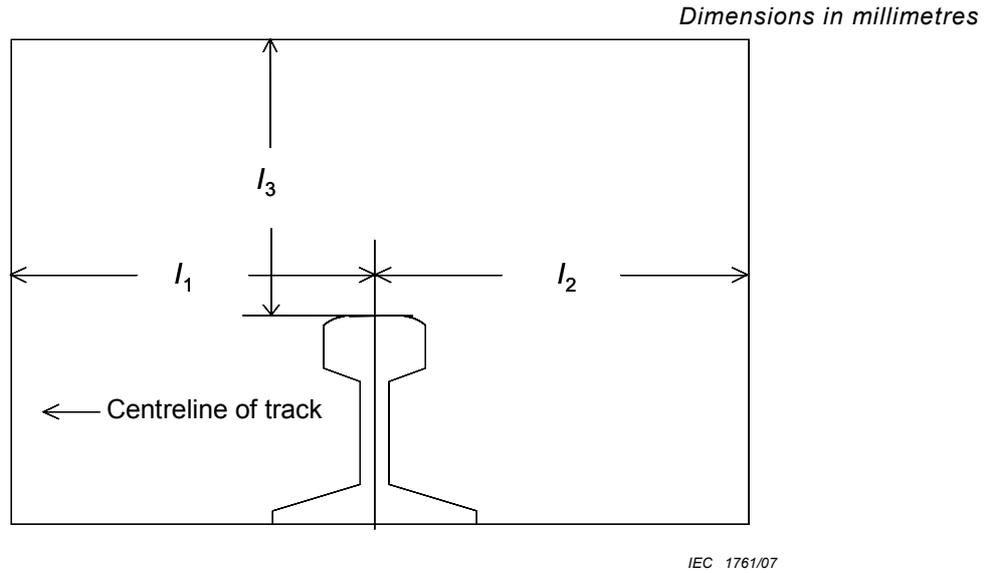


Figure A.10 – Example of radiated interference

A.9 Examples of the sensitive zone of wheel detectors

Wheel detectors are designed to detect the presence of wheels or wheel flanges. Other metal parts of the vehicle, which penetrate the neighbourhood of the cross-sectional area occupied by the passing wheel, may also have an influence on the wheel detectors. For this reason equipment and metal parts of the vehicle should be avoided in the sensitive zone shown in the Figure A.11.

When it is unavoidable to mount equipment in this area (e. g. magnetic track brakes), the influence of the dimensions and the location of the metallic parts on the wheel detectors must be documented and checked for possible compatibility problems. In the case of electrical equipment, the combination of the influence of the metal and possible EMI from the equipment must also be considered.



l_1	l_2	l_3	Note
300	200	100	European products
250	300	200	Japanese products

Figure A.11 – Sensitive zone of wheel detectors

A.10 Factor of safety

The consequences of an unsafe failure of a train detection system depend on the way the indication given by the system (track occupied or clear) is used in the interlocking. For example the effects of a false clearance could be greatly reduced by the use of sequential proving of track section occupation in the interlocking.

The value of the factor of safety is chosen according to the following considerations:

- accuracy of known information (e.g. track layouts, number of trains);
- possible background interference levels;
- accuracy of measurements;
- accuracy of predictions (e.g. computer models);
- “safe” or “unsafe” failure of the train detection system;
- the way the train detection system indication is processed in the interlocking;
- established national practices.

For these reasons it is not possible to specify in advance what factor of safety should be applied. It should be determined and justified as part of the compatibility case for each proposed application (see Clause 4). In countries where a fixed factor of safety is normally applied, this should be adopted, unless the compatibility case shows that a higher value is required.

Recommendations for factors of safety are given in UIC 737-3.

A.11 Multiple interference sources

The maximum number of interference sources that could affect a given train detection system at any one time should be determined from operational considerations. Summation rules should take into consideration the interdependence between multiple equipments.

ORE B108/1 established rules for the distribution of interference current from the traction equipment and from auxiliary converters, etc. depending on the position of the train in relation to the track circuit. These general rules are superseded by the specific transfer function established in this standard.

Annex B (informative)

Guidelines for the measurement of rolling stock characteristics

B.1 Example of a conceptual block diagram of a system used to measure interference currents

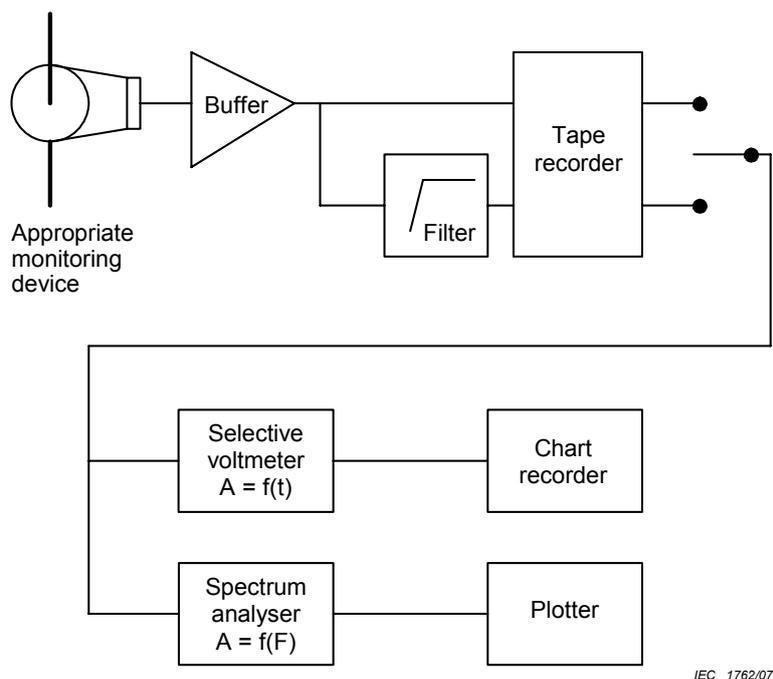


Figure B.1 – Example of a system for the measurement of interference currents

The choice of the interference current measuring point depends on the type of rolling stock:

- for electrical locomotives and electrical multiple units the measurements are taken as close as possible to the current collection equipment; pantograph or 3rd rail shoe gear. Exceptionally the measurement may be made elsewhere in the current path provided it can be demonstrated either theoretically or practically, that there will be no significant difference in the results;
- for diesel locomotives, the measurements are made on the high voltage auxiliary train line;
- for trailer equipment (for example a static inverter or battery charger) measurements are made either on the high voltage auxiliary train line, in the case of various elements connected in parallel, or at the equipment input if a single element is involved.

Transducers to be used for measurement are suitable for the type of supply (single phase a.c. or d.c.) and are specified with sufficient precision to allow the range of frequencies of interest to be adequately explored. The characteristic response of the measuring transducer is known from a calibration test record.

The equipment used in the instrument system processes the signal from the transducer to simulate the characteristic response of the susceptible track circuits. In particular:

- all relevant signals are recorded in a mass memory medium such as magnetic tape;
- the gain and pre-filtering of the system are adjusted to obtain the best dynamic range for the frequencies and levels to be investigated, taking into account the limitations on dynamic range of recorded signals;
- the interference current is signal processed by one or several instruments adapted to simulate the track circuit characteristics and output on to a graphic recorder or plotter. The signal processing may involve analogue, digital or a combination of both techniques and specific analysis, such as modulation between frequencies, which may be specified in the gabarit under investigation;
- the interference current is signal processed as function of frequency and recorded with one or more spectrum analysers;
- preferably the plotting of processed signals is done in real time as tests proceed, but if the signal processing required is too complex, post analysis of recordings may be the only alternative;
- a measurement of the overall background noise is made by routing the current supply outside the measurement transducer;
- the overall instrumentation system is tested by injecting signals of relevant frequencies and amplitude either directly into the measuring transducer or as close to the input of the instrumentation system as possible;
- environmental signals and signals indicating the operation condition of the trainset are recorded with the interference current signal. These normally include the supply parameters, the speed, the location, whether the trainset is motoring, braking or coasting, etc.

Annex C (informative)

Factors affecting rolling stock characteristics

C.1 Factors affecting compatibility

The factors which are known historically to be relevant are as follows:

- individual vehicle and overall train lengths;
- spacing between the individual wheelsets of each vehicle and between the outermost wheelset and the vehicle extremity;
- the construction of wheelsets and the method of train braking;
- the electrical bonding between the running surface of wheels and the vehicle bodyshell, also the electrical bonding between vehicles;
- the traction and auxiliary power circuits (including the train line return current); the filter values, return current paths, interaction between power circuit elements;
- the traction and auxiliary control packages; chopping frequencies, hardware and software control techniques, feedback transducers, fault detection;
- current collection equipment, distance between line contact points;
- interference current monitoring units and other equipment that may be used to monitor signalling interference related parameters;
- magnetic fields produced by vehicles;
- minimum maintenance requirements;
- different operating conditions and degraded modes of operation where the other factors listed may change.

Annex D (informative)

DC traction power supplies

D.1 General

A d.c. substation changes the a.c. supply from a public distribution system to d.c. by means of a transformer and a converter (usually a rectifier), sometimes with the addition of a filter.

Figure D.1 shows the rolling stock and substation system.

The traction current flowing in the rails contains interference currents generated by the rolling stock, and by the power supply system as described below.

D.2 Interference currents generated by the rolling stock

Figure D.2 gives an equivalent circuit diagram for interference currents flowing from the rolling stock, considered as a current source, to the substation, considered as a receiver, through the catenary and the return circuit. The maximum value of the interference current depends on

- the current ripple generated by the rolling stock,
- the input filter characteristic of the rolling stock,
- the impedance of the substation filter (= 0 if there is none),
- the impedance of other rolling stock,
- the impedance of the catenary or third rail,
- the impedance of the traction return system.

D.3 Interference currents generated by the traction power supply system

Figure D.3 gives an equivalent circuit diagram for the interference currents circulating from the substation, considered as a generator, to the rolling stock, considered as a receiver.

The maximum value of the interference current depends on

- the characteristics of the substation filter,
- the voltage ripple generated by the substation converter - the whole of this voltage ripple is present at the substation output if there is no filter,
- the input impedance of the rolling stock,
- the impedance of the catenary or third rail,
- the impedance of the traction return system.

The voltage ripple generated by the substation converter is mainly due to

- the public distribution system (voltage imbalances, loss of voltage, harmonics caused by other customers, etc.). The limits for these disturbances are given in established standards or regulations such as EN 50160,
- the transformer,

- the converter.

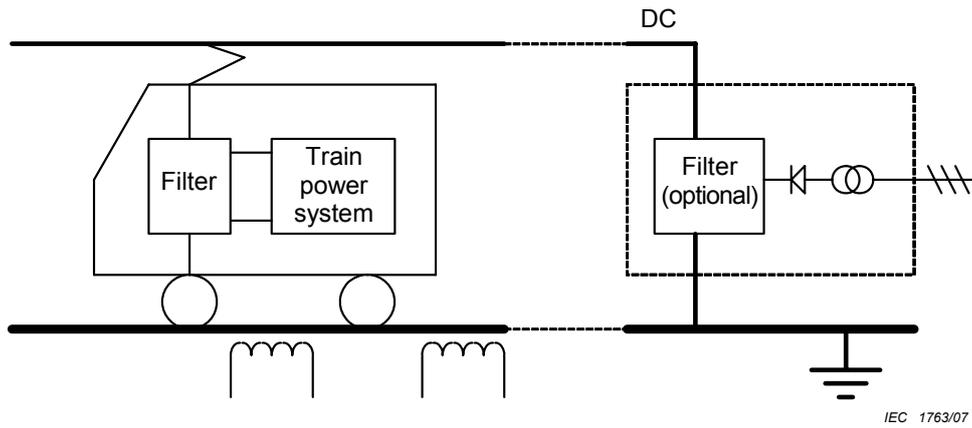


Figure D.1 – Rolling stock with DC supply

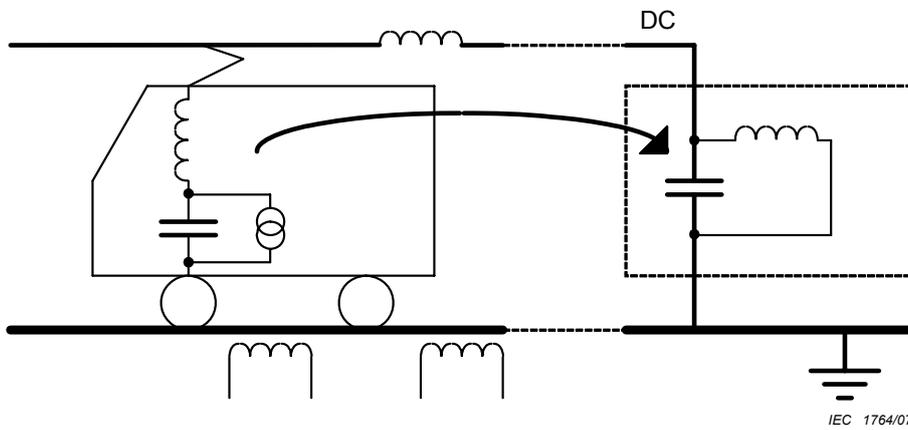


Figure D.2 – Circulation of interference current generated by rolling stock

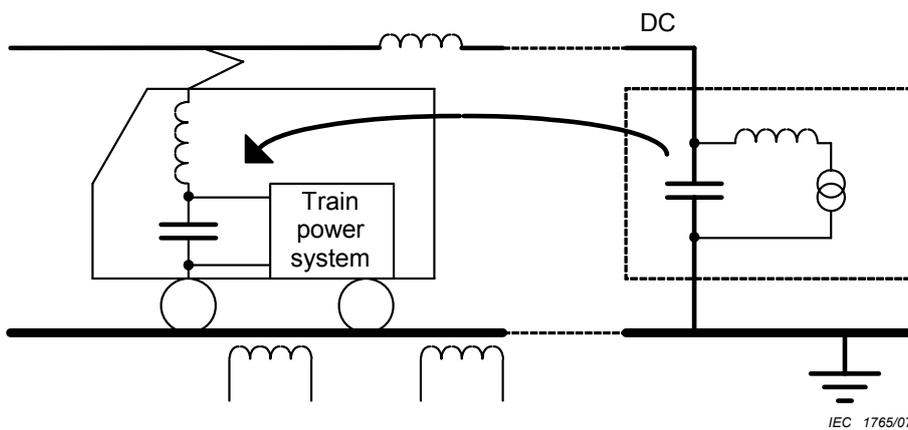


Figure D.3 – Circulation of interference current generated by the substation

Annex E (informative)

AC traction power supplies

E.1 General

An a.c. substation feeds the a.c. supply from a public distribution system either directly or by means of a transformer with or without power converter(s) depending on the necessity of frequency change or reactive power compensation, sometimes with the addition of a filter.

Figure E.1 shows the rolling stock and substation system without power converters and Figure E.2 shows the case with power converter(s).

The traction current flowing in the rails contains interference currents generated by the rolling stock, and by the power supply system as described below.

E.2 Interference currents generated by the rolling stock

Figure E.3 gives an equivalent circuit diagram for interference currents flowing from the rolling stock, considered as a current source, to the substation, considered as a receiver, through the catenary and the return circuit. The maximum value of the interference current depends on

- the harmonic currents generated by the rolling stock,
- the input filter characteristic of the rolling stock,
- the impedance of the substation filter (= 0 if there is none),
- the impedance of other rolling stock,
- the impedance of the catenary or third rail,
- the impedance of the traction return system.

E.3 Interference currents generated by the traction power supply system

Interference currents generated by the traction power supply system should be considered only in the case with power converters. Figure E.4 gives an equivalent circuit diagram for the interference currents circulating from the substation, considered as a generator, to the rolling stock, considered as a receiver.

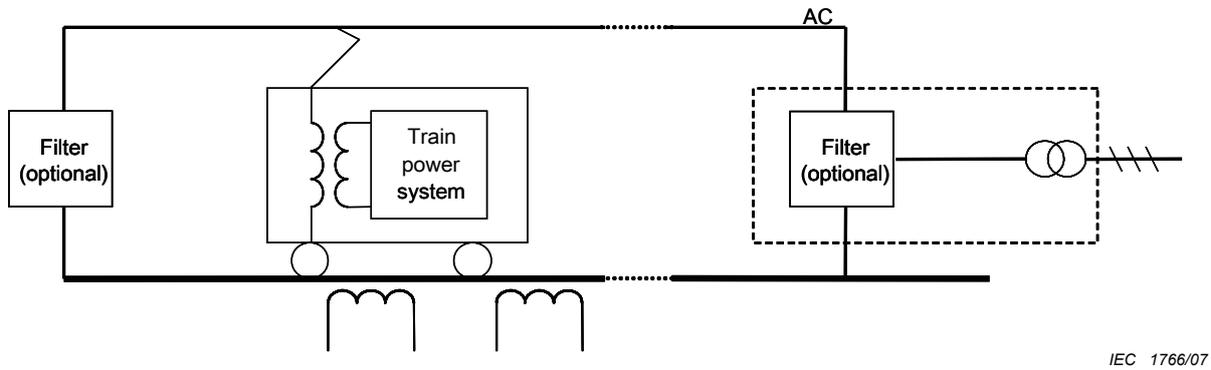
The maximum value of the interference current depends on

- the characteristics of the substation filter,
- the harmonic voltage generated by the substation converter - the whole of this harmonic voltage is present at the substation output if there is no filter,
- the input impedance of the rolling stock,
- the impedance of the catenary or third rail,
- the impedance of the traction return system.

The harmonic voltage generated by the substation converter is mainly due to

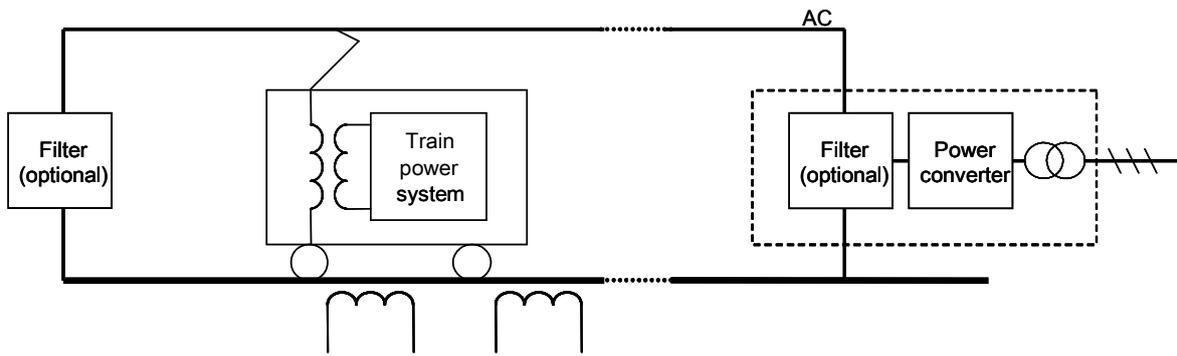
- the public distribution system (voltage imbalances, loss of voltage, harmonics caused by other customers, etc.). The limits for these disturbances are given in established standards or regulations such as EN 50160,

- the transformer,
- the converter.



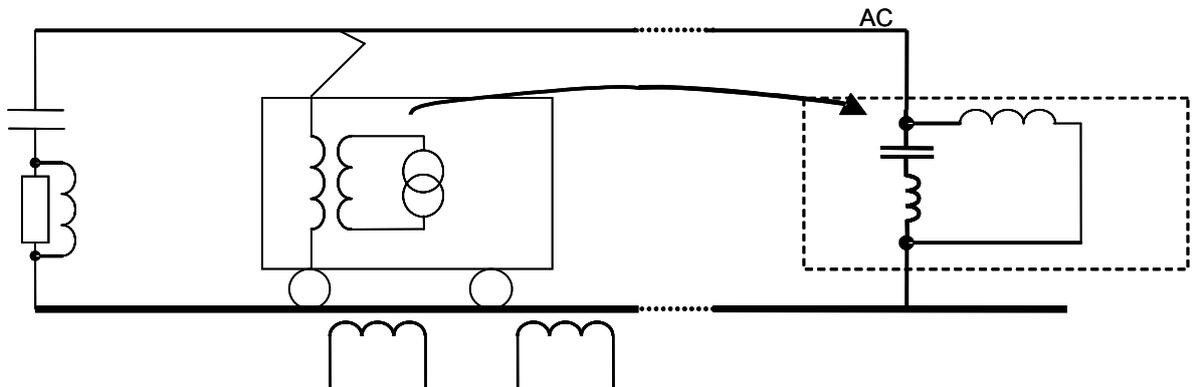
IEC 1766/07

Figure E.1 – Rolling stock and AC supply without power converter



IEC 1767/07

Figure E.2 – Rolling stock and AC supply with power converter



IEC 1768/07

Figure E.3 – Circulation of interference current generated by rolling stock

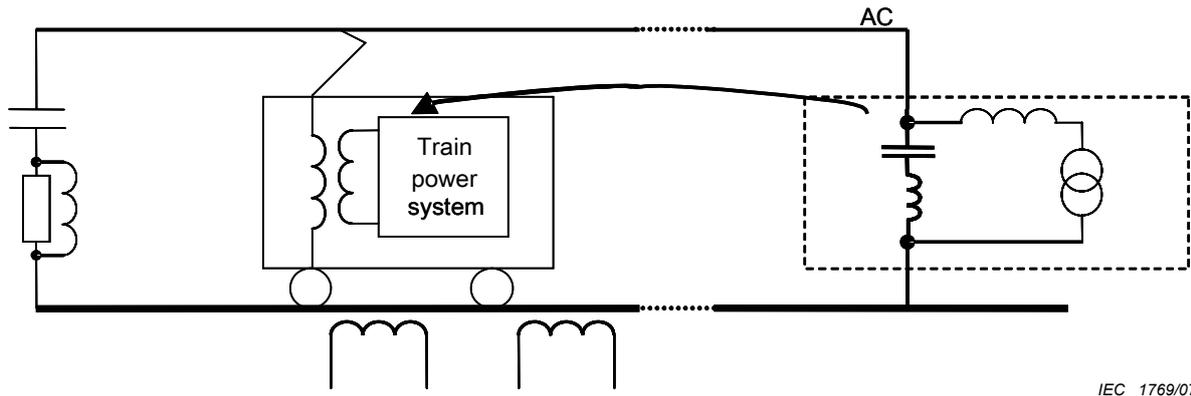


Figure E.4 – Circulation of interference current generated by the substation

Bibliography

IEC 62236 (all parts), *Railway applications – Electromagnetic compatibility*

ORE B108/1, *Unification of air-conditioning and electrical equipment in coaches*

UIC 737-3, *The application of thyristors in railway technology: Measures for the prevention of functional disturbances in signalling installations*

UIC 550, *Power supply installations for passenger stock*

EN 50160, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	48
INTRODUCTION.....	50
1 Domaine d'application	52
2 Références normatives.....	52
3 Termes et définitions	52
4 Procédure d'acceptation	55
4.1 Vue d'ensemble.....	55
4.2 Responsabilités.....	55
4.3 Procédure d'acceptation	56
4.4 Dossier de compatibilité	58
4.5 Gestion de la qualité	58
4.6 Identification de l'itinéraire.....	59
4.7 Caractérisation	59
4.8 Essais	59
4.9 Analyse de la compatibilité	59
4.10 Certificat d'acceptation	60
5 Caractérisation des systèmes de détection de train	61
5.1 Objectifs de la procédure	61
5.2 Compatibilité physique	61
5.3 Compatibilité électromagnétique.....	62
5.4 Coefficient de sécurité.....	65
5.5 Susceptibilité du circuit de voie	65
5.6 Susceptibilité du détecteur de roues.....	66
5.7 Gabarit du système de détection de train	66
5.8 Signal d'interférence généré par le matériel roulant et les sous-stations.....	67
5.9 Rapport de caractérisation	67
6 Caractérisation du matériel roulant.....	68
6.1 Objectifs de la procédure	68
6.2 Description du matériel roulant et des éléments affectant ses caractéristiques.....	69
6.3 Configuration (état de conception).....	69
6.4 Programme d'essai.....	69
6.5 Rapport d'essai	70
6.6 Archivage des résultats d'essai	71
7 Caractérisation des alimentations de traction	71
7.1 Objectifs.....	71
7.2 Alimentations de traction à courant continu	72
7.3 Alimentations de traction à courant alternatif.....	72
Annexe A (informative) Indications pour la détermination de la susceptibilité des systèmes de détection de train	74
Annexe B (informative) Indications pour la mesure des caractéristiques du matériel roulant	82
Annexe C (informative) Eléments affectant les caractéristiques du matériel roulant	84
Annexe D (informative) Alimentations de traction à courant continu	85

Annexe E (informative) Alimentations de traction à courant alternatif.....	87
Bibliographie.....	90
Figure 1 – Sources d'interférences électromagnétiques	50
Figure 2 – Entités concernées par la procédure d'acceptation.....	55
Figure 3 – Procédure d'acceptation.....	57
Figure 4 – Relation entre gabarit et interférence admissible.....	60
Figure A.1 – Interférence avec rails intacts	74
Figure A.2 – Interférence avec rail cassé auto-déecté.....	74
Figure A.3 – Interférence avec rail cassé non détecté.....	75
Figure A.4 – Circuit de voie à deux rails.....	75
Figure A.5 – Circuit de voie à deux rails avec rail cassé	76
Figure A.6 – Interférence due à la tension entre essieux – Cas n° 1	76
Figure A.7 – Interférence due à la tension entre essieux – Cas n° 2	77
Figure A.8 – Effet d'un courant inter-véhicule.....	77
Figure A.9 – Schéma équivalent à la Figure A.8.....	78
Figure A.10 – Exemple d'interférences rayonnées	79
Figure A.11 – Zone sensible d'un détecteur de roues.....	80
Figure B.1 – Exemple d'un système de mesure des courants d'interférence.....	82
Figure D.1 – Matériel roulant avec alimentation en courant continu.....	86
Figure D.2 – Circulation des courants d'interférence générés par le matériel roulant	86
Figure D.3 – Circulation des courants d'interférence générés par la sous-station.....	86
Figure E.1 – Matériel roulant et alimentation en courant alternatif sans convertisseur de puissance	88
Figure E.2 – Matériel roulant et alimentation en courant alternatif avec convertisseur de puissance	88
Figure E.3 – Circulation des courants d'interférence générés par le matériel roulant.....	88
Figure E.4 – Circulation des courants d'interférence générés par la sous-station	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ENTRE MATÉRIEL ROULANT ET SYSTÈMES DE DÉTECTION DE TRAIN

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 62427 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

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

FDIS	Rapport de vote
9/1058/FDIS	9/1088/RVD

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

Ce document est basé sur la norme européenne EN 50238.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

La présente Norme définit une procédure visant à obtenir l'assurance qu'un matériel roulant donné exploité sur un itinéraire donné n'interfère pas avec les systèmes de détection de train installés sur cet itinéraire.

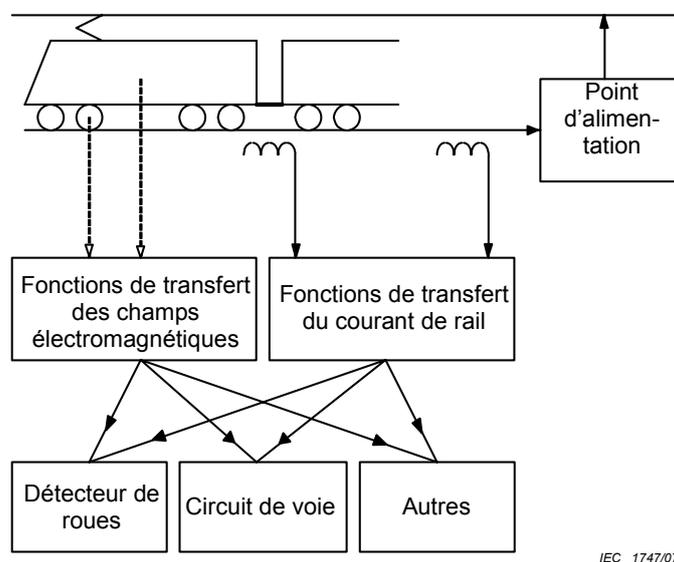
Les problèmes de compatibilité entre les systèmes de détection de train et les matériels roulants sont un obstacle majeur à l'acceptation mutuelle des matériels roulants en Europe. Il n'est malheureusement pas possible d'établir des règles générales pour les niveaux d'interférence maximaux autorisés qui sont valables dans chaque pays. Ceci est dû à la grande diversité des matériels roulants, des alimentations de traction et des systèmes de retour du courant, ainsi que des systèmes de détection de train actuellement en service en Europe. Cette diversité conduit à ne considérer le problème de la compatibilité d'un matériel roulant avec les systèmes de détection de train que sur un itinéraire donné, ceci afin d'éviter des spécifications inutilement restrictives.

La compatibilité est déterminée par des considérations à la fois physiques et électromagnétiques. Pour ce qui concerne la compatibilité électromagnétique, le besoin n'est pas de donner des valeurs globales pour les niveaux d'interférence maximaux autorisés, mais plutôt de donner des méthodes commodes pour spécifier ces niveaux afin de permettre une exploitation sur un itinéraire donné.

Les interférences peuvent être générées par:

- les courants dans les rails,
- les champs électromagnétiques,
- les différences de potentiel entre essieux,

comme le montre la Figure 1.



IEC 1747/07

Figure 1 – Sources d'interférences électromagnétiques

En pratique, la susceptibilité du système est déterminée par:

- la sensibilité des composants individuels du système,
- l'application de ces composants, c'est-à-dire la configuration du système.

Il s'ensuit que les problèmes relatifs aux circuits de voie, aux compteurs d'essieux et aux détecteurs de roues seront examinés séparément.

Pour caractériser la susceptibilité des systèmes de détection de train, il est proposé des procédures d'essai en laboratoire ou des simulations ainsi que des méthodes de réalisation d'essais sur "sites réels". La modélisation permet de simuler des conditions extrêmes. On utilise aussi des sites particuliers d'essai qui sont reconnus pour donner les résultats d'essai nécessaires. Puis, tout en tenant compte de l'expérience des réseaux de chemin de fer, il devient possible d'établir une méthode générale de détermination de la susceptibilité des systèmes de détection de train, méthode qui est décrite dans la présente norme.

Avant de procéder à la mesure des niveaux d'interférence sur un matériel roulant, il faut avoir assez d'information sur son schéma de puissance, en particulier les fréquences de fonctionnement des convertisseurs statiques embarqués, les types de régulations utilisés pour les convertisseurs de puissance, les fréquences de résonance de chaque filtre, les limites de fonctionnement sous haute et basse tensions, les modes dégradés de fonctionnement, etc.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – COMPATIBILITÉ ENTRE MATÉRIEL ROULANT ET SYSTÈMES DE DÉTECTION DE TRAIN

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit une procédure d'acceptation mutuelle des matériels roulants sur un itinéraire donné. Elle décrit les méthodes de mesure des courants d'interférence, les méthodes de mesure de la susceptibilité des systèmes de détection de train, la caractérisation des alimentations de traction ainsi que la procédure d'acceptation. Le résultat de cette procédure d'acceptation est un document de justification structuré appelé "dossier de compatibilité" qui atteste que les conditions de compatibilité sont bien satisfaites.

Cette procédure s'applique également aux modifications des matériels roulants, des alimentations de traction ou des systèmes de détection de train considérées comme de nature à affecter la compatibilité.

Le domaine d'application du dossier de compatibilité est limité à la démonstration de compatibilité entre un matériel roulant et la caractéristique d'un système de détection de train (dénommée gabarit). Dans la présente norme, le terme "système de détection de train" fait uniquement référence à un circuit de voie ou aux systèmes détecteurs de roues.

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 62278, *Applications ferroviaires – Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FDMS)*

CEI 60850, *Applications ferroviaires – Tensions d'alimentation des réseaux de traction*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

3 Termes et définitions

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

3.1

organisme d'acceptation

organisme responsable de l'évaluation du dossier de compatibilité et de la délivrance d'un certificat d'acceptation. Cette autorité est désignée par une loi nationale.

3.2

dossier de compatibilité

ensemble de documents attestant de la démonstration du degré de compatibilité entre le matériel roulant, les alimentations de traction et les systèmes de détection de train pour un itinéraire donné ou pour un réseau ferroviaire donné

3.3**certificat d'acceptation**

autorisation écrite de l'organisme d'acceptation attestant que le dossier de compatibilité est acceptable pour autoriser la mise en service de nouveaux systèmes ou de systèmes modifiés. Il convient que les relations avec la législation soient déterminées au niveau national.

3.4**modes dégradés**

modes de fonctionnement d'un matériel roulant en présence de défauts ayant été prévus lors de la conception. Les modes dégradés permettent normalement au matériel roulant de terminer sa mission

3.5**gabarit**

niveau maximal admissible de signal d'interférence, en fréquence et en durée, auquel un système de détection de train peut être soumis

3.6**administrateur d'infrastructure ferroviaire**

organisme responsable de la sécurité des voies et des systèmes de signalisation

3.7**défaut non contraire à la sécurité**

défaut d'un système de signalisation entraînant une condition plus restrictive pour l'exploitation que ce qu'il convient

3.8**exploitant de matériel roulant**

organisme responsable de l'exploitation et de la maintenance du matériel roulant

3.9**détecteur de roues**

capteur détectant le passage d'une roue. Il peut être utilisé comme constituant d'un compteur d'essieux ou comme une pédale

3.10**défaut contraire à la sécurité**

défaut d'un système de signalisation entraînant une condition moins restrictive pour l'exploitation que ce qu'il convient

3.11**coefficient de sécurité**

marge entre le niveau des émissions par train et la susceptibilité réelle du circuit de voie. Il s'applique à la sécurité ou à la disponibilité selon qu'il s'agit d'un mécanisme de défaut contraire ou non contraire à la sécurité.

3.12**système de signalisation**

ensemble de sous-systèmes et de composants connectés entre eux de manière organisée pour assurer une fonctionnalité de signalisation donnée, la détection de train en constituant un sous-système particulier désigné par le terme "système" dans le cadre de la présente norme

3.13**matériel roulant**

terme général couvrant tous les véhicules motorisés ou non. Pour les besoins de la présente norme, "matériel roulant" est équivalent à "unité d'influence".

[VEI 811-02-01, modifiée]

3.14 alimentation de traction

3.14.1 sous-station (de traction)

installation dont le rôle principal est d'alimenter un réseau de lignes de contact et dans laquelle la tension du réseau d'alimentation primaire et, dans certains cas la fréquence, sont transformées en tension et en fréquence de la ligne de contact

[CEI 62128-1]

3.14.2 poste (de traction) électrique

installation à partir de laquelle l'énergie électrique peut être distribuée à différents secteurs d'alimentation ou à partir de laquelle ces secteurs peuvent être alimentés, mis hors tension ou interconnectés

[CEI 62128-1]

3.14.3 section d'alimentation

section du réseau d'alimentation en énergie de traction qui peut être isolée des autres sections ou câbles d'alimentation du réseau à l'aide d'organes de sectionnement

[CEI 62128-1]

3.14.4 câble d'alimentation

câble électrique reliant la ligne de contact à une sous-station ou à un poste de traction

[CEI 62128-1]

3.14.5 point d'injection

point de liaison des câbles ou des lignes d'alimentation avec la ligne de contact

[CEI 62128-1]

3.14.6 ligne de contact

ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique, par l'intermédiaire d'organes de prise de courant

[VEI 811-33-01]

3.15 compteur d'essieux

système utilisant des points de comptage avec un détecteur de roues et un compteur destiné à détecter l'occupation d'une section de voie en comparant le nombre d'essieux entrant dans la section avec le nombre d'essieux qui en sortent, la concordance de ces nombres étant nécessaire pour donner l'indication de voie libre

[VEI 821-03-41, modifiée]

3.16 susceptibilité

inaptitude d'un dispositif, d'un appareil ou d'un système à fonctionner sans dégradation en présence d'une perturbation électromagnétique

[VEI 161-01-21, modifiée]

3.17 détection des trains

reconnaissance sécuritaire de la présence ou absence de tout train sur une section définie de voie ou en un point donné

[CEI 62290-1]

3.18 circuit de voie

circuit électrique dont font partie les rails d'une section de voie, comportant habituellement une source de courant à une extrémité et un dispositif de détection à l'autre et permettant de contrôler la libération ou l'occupation de cette section de voie par un véhicule

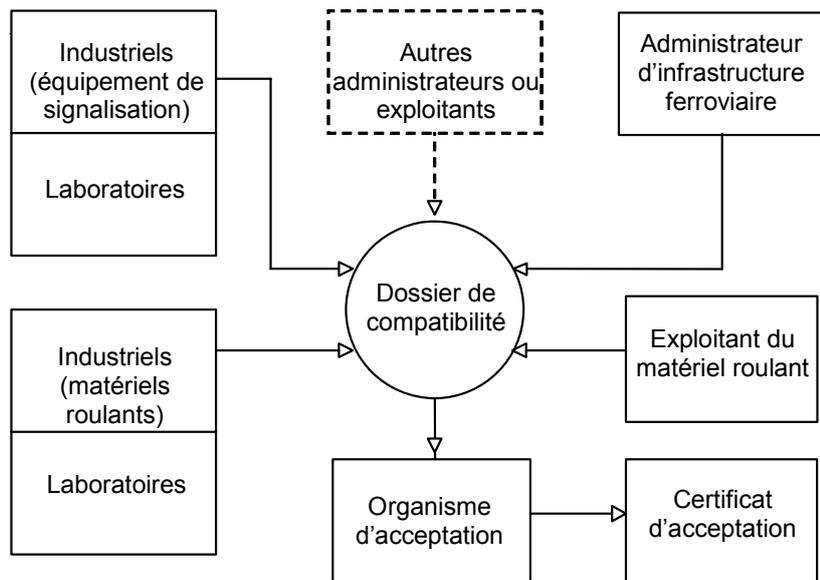
NOTE Dans un système de signalisation continue, le circuit de voie peut être utilisé pour transmettre des informations entre le sol et le train.

[VEI 821-03-01]

4 Procédure d'acceptation

4.1 Vue d'ensemble

Les entités concernées par la procédure d'acceptation sont représentées à la Figure 2.



IEC 1748/07

Figure 2 – Entités concernées par la procédure d'acceptation

4.2 Responsabilités

La responsabilité de la démonstration de compatibilité entre le matériel roulant, les alimentations de traction et les systèmes de détection de train, ainsi que la responsabilité de la maintenance de ces équipements tout au long de leur cycle de vie, sont partagées entre les entités responsables de l'infrastructure ferroviaire et du matériel roulant concernés. Les responsabilités spécifiques à un dossier de compatibilité, y compris l'entité ayant le rôle principal, doivent être assignées selon les pratiques nationales. La documentation, sous forme de dossier de compatibilité, doit être soumise à l'organisme d'acceptation et doit être réexaminée après chaque modification.

4.2.1 Administrateur d'infrastructure ferroviaire

Pour un itinéraire donné (l'application concernée), il convient que l'administrateur d'infrastructure ferroviaire caractérise tous les systèmes de détection de train et toutes les alimentations de traction.

4.2.2 Exploitant de matériel roulant

Il convient que l'exploitant du matériel roulant caractérise les interférences qui peuvent être générées et propagées par son matériel.

4.2.3 Organisme d'acceptation

L'organisme d'acceptation doit examiner les documents soumis et délivrer ensuite un certificat d'acceptation. Au cours du processus, il convient que l'organisme d'acceptation s'assure que le dossier de compatibilité est analysé et évalué par des experts ayant la qualification appropriée aux termes des pratiques nationales.

4.3 Procédure d'acceptation

La procédure d'acceptation est schématisée à la Figure 3.

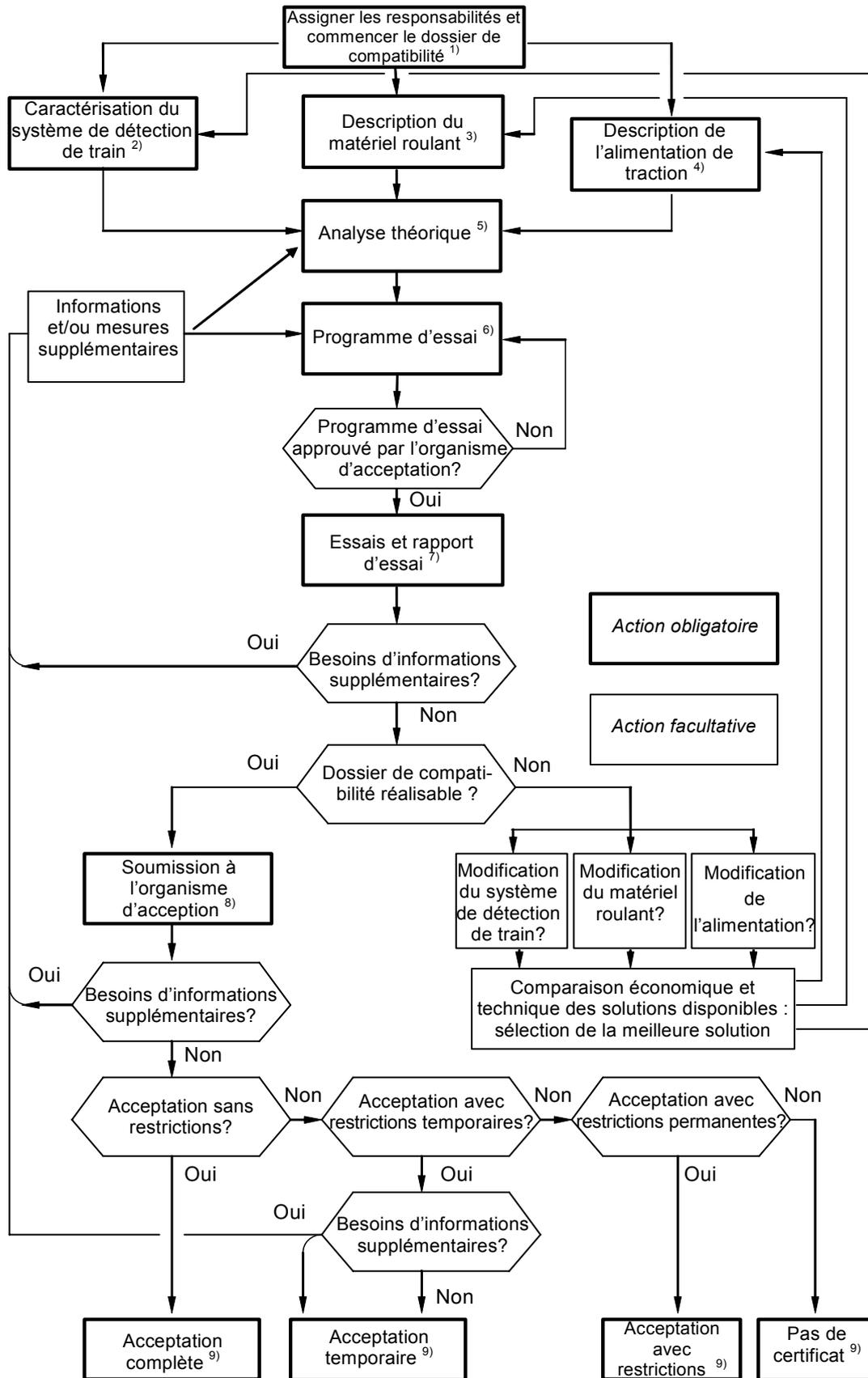


Figure 3 – Procédure d'acceptation

Notes de la Figure 3.

N°	Titre	Références	Responsable
1)	Assigner les responsabilités et commencer le dossier de compatibilité	4.4 Dossier de compatibilité 4.6 Identification d'itinéraire	Selon accord entre les parties définies en 4.1
2)	Caractérisation du système de détection de train	4.7 Caractérisation 5 Caractérisation des systèmes de détection de train	Gestionnaire d'infrastructure
3)	Description du matériel roulant	4.7 Caractérisation 6 Caractérisation du matériel roulant	Exploitant de matériel roulant
4)	Description de l'alimentation de traction	4.7 Caractérisation 7 Caractérisation des alimentations de traction	Gestionnaire d'infrastructure
5)	Analyse théorique	4.9 Analyse de compatibilité	Selon accord entre les parties définies en 4.1
6)	Programme d'essai	4.8 Essais 6.4 Programme d'essai 7.2.1 Procédure d'essai 7.3.1 Procédure d'essai	Selon accord entre les parties définies en 4.1
7)	Essais et rapport d'essai	4.8 Essais 6.5 Rapport d'essai	Selon accord entre les parties définies en 4.1
8)	Soumission à l'organisme d'acceptation		Selon accord entre les parties définies en 4.1
9)	Acceptation / Pas de certificat	4.10 Certificat d'acceptation	Organisme d'acceptation

4.4 Dossier de compatibilité

Le dossier de compatibilité qui doit être préparé doit contenir au moins les éléments suivants (liste non limitative):

- objet du dossier de compatibilité;
- identification de l'itinéraire;
- caractérisation des systèmes de détection de train;
- caractérisation des alimentations de traction;
- caractérisation du matériel roulant;
- hypothèses considérées;
- rapport d'essai;
- preuves de gestion de la qualité;
- dossiers connexes de compatibilité;
- évaluation de la compatibilité.

Le dossier de compatibilité doit être soumis à l'agrément d'un organisme d'acceptation.

4.5 Gestion de la qualité

Des systèmes de gestion de la qualité doivent être en place. Il convient de souligner l'importance d'une gestion de configuration.

Les configurations de l'infrastructure et du matériel roulant considérés (y compris les procédures et les plans de maintenance) doivent être enregistrées et référencées dans le dossier de compatibilité. Toute modification ultérieure de ces configurations doit entraîner un réexamen de la validité du dossier de compatibilité.

L'organisme responsable des essais doit pouvoir fournir les preuves de ses compétences en matière de mesures en environnement de traction dans le cadre des pratiques nationales reconnues. Il convient qu'il soit certifié de préférence selon l'ISO/IEC 17025, mais il doit, dans tous les cas, avoir un système qualité documenté selon une norme reconnue.

Dans un souci d'objectivité (par exemple dans le cas où les essais seraient menés par un constructeur sur un équipement de sa propre fabrication), il convient que l'organisme responsable des essais soit soumis à un audit de la part de l'organisme d'acceptation.

4.6 Identification de l'itinéraire

Pour l'acceptation d'un matériel roulant donné avec un itinéraire ou un réseau donné, on doit identifier tous les types et toutes les applications des systèmes de détection de train et des alimentations de traction sur l'itinéraire ou le réseau en question, ainsi que sur les itinéraires adjacents pouvant être concernés. Outre le ou les itinéraire(s) d'exploitation prévu(s), le ou les itinéraire(s) alternatif(s) qui peut/peuvent être utilisé(s) en cas de perturbation du trafic doit/doivent être également examiné(s).

4.7 Caractérisation

Les caractéristiques des systèmes identifiés doivent être obtenues conformément aux articles suivants:

- systèmes de détection de train : 5;
- matériel roulant : 6;
- alimentations de traction : 7.

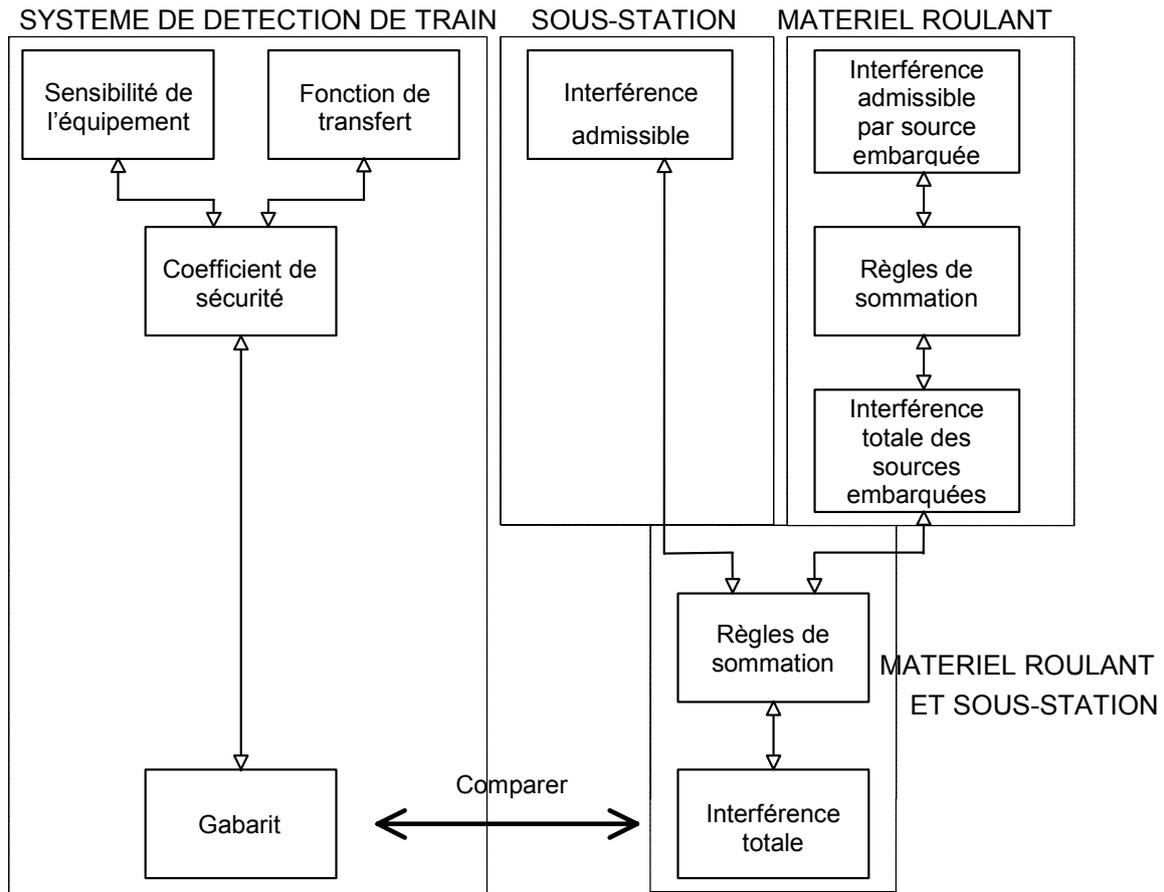
4.8 Essais

Un programme d'essai tel que celui décrit à la Figure 4 doit être préparé pour donner les critères de compatibilité et il doit être approuvé par l'organisme d'acceptation.

Les essais doivent être réalisés selon ce programme d'essai, et un rapport d'essai doit être rédigé pour documenter le dossier de compatibilité.

4.9 Analyse de la compatibilité

D'une manière générale, on doit démontrer que les caractéristiques du matériel roulant, pour ce qui concerne les interférences générées et propagées, sont compatibles avec le gabarit du système de détection de train considéré dans les conditions d'exploitation définies, en incluant les modes dégradés. Leur relation est présentée à la Figure 4. Les circulations des informations peuvent se faire dans l'une ou l'autre direction en fonction du système qui devra être changé.



IEC 1750/07

Figure 4 – Relation entre gabarit et interférence admissible

De plus, il doit être démontré que les caractéristiques physiques du matériel roulant sont compatibles avec celles des systèmes de détection de train.

L'analyse de la compatibilité est obligatoire et doit expliquer les principes techniques qui assurent cette compatibilité, en incluant (ou en donnant les références de) tout document probant, comme par exemple des notes de calcul, des programmes et des résultats d'essais, etc.

La méthode d'analyse des modes de défaillance doit être acceptée par les entités énumérées en 4.2. Pour les systèmes complexes, il peut être fait référence aux paragraphes 4.6 et 6.3 de la CEI 62278 si les entités le jugent nécessaire.

4.10 Certificat d'acceptation

L'organisme d'acceptation doit examiner le dossier de compatibilité et délivrer un certificat d'acceptation à l'entité qui demande la modification.

La caractérisation des interférences générées et propagées par le matériel roulant est reconnue comme étant un processus long pouvant nécessiter un nombre important d'essais en service dans le but d'affiner les caractéristiques. Une acceptation temporaire peut cependant être délivrée avant l'acceptation complète, sous réserve que les risques envers toutes les entités aient été reconnus comme acceptables. Ceci est aussi admis pour l'identification des facteurs n'ayant pas été pris en compte dans l'élaboration du dossier de compatibilité.

Toute acceptation temporaire doit être limitée dans le temps et être délivrée dans un but précis et accepté, tandis que sont mises en œuvre des mesures complémentaires pour identifier les interférences et atténuer les risques potentiels.

Dans le cas où l'évaluation identifie soit une incompatibilité avec le gabarit existant, soit une dégradation de celui-ci (par exemple une plus grande sensibilité), de sorte que la compatibilité du matériel roulant avec l'itinéraire existant n'est plus assurée, alors l'administration d'infrastructure et l'exploitant du matériel roulant doivent examiner en commun les modifications à mettre en œuvre sur l'infrastructure et/ou sur le matériel, et réinitialiser une procédure d'acceptation appropriée. Si ces modifications ne sont pas possibles ou si elles ne sont pas mises en œuvre, des restrictions permanentes doivent alors être appliquées. Les restrictions sont généralement contrôlées par le gestionnaire d'infrastructure ferroviaire (autorité) sauf exigences contraires de la pratique nationale.

5 Caractérisation des systèmes de détection de train

5.1 Objectifs de la procédure

Pour que les systèmes de détection de train puissent fonctionner correctement, leurs caractéristiques physiques et électromagnétiques doivent être vérifiées par rapport à celles des matériels roulants et des alimentations de traction.

5.2 Compatibilité physique

5.2.1 Circuits de voie

Les points suivants doivent être considérés pour la compatibilité physique (liste non limitative):

- longueur minimale du circuit de voie;
- longueur minimale du matériel roulant;
- distances maximale et minimale entre le premier et le dernier essieu du véhicule;
- caractéristiques de définition de limite du circuit de voie sans joints;
- vitesse maximale des trains;
- temps de réponse des circuits de voie;
- valeurs des shunts des circuits de voie;
- impédance du shunt des trains et fiabilité du shuntage dans toutes les conditions de service y compris l'influence des machoires de frein sur l'impédance de shuntage;
- masse à l'essieu des véhicules;
- distance entre essieux;
- porte-à-faux des caisses;
- caractéristiques de la voie;
- installation de mises à la terre des sous-stations.

5.2.2 Détecteurs de roues

Les points suivants doivent être considérés pour la compatibilité physique (liste non limitative):

- la géométrie de la roue,
- la vitesse des trains,
- le matériau de la roue,
- des équipements pouvant être détectés à tort comme des roues, par exemple des freins magnétiques ou des parties métalliques montés près de la partie supérieure du rail.

5.2.2.1 Matériaux et dimensions des roues

Les compteurs d'essieux et les pédales sont généralement spécifiés pour détecter de manière fiable des roues de type standard utilisées sur des véhicules de grandes lignes. D'autres types de véhicules peuvent nécessiter des réglages spécifiques de ces détecteurs.

5.2.2.2 Equipement interférant

Les équipements installés en proximité immédiate du rail peuvent interférer sur la fiabilité de la détection, soit par obstruction mécanique, soit à cause de leurs propriétés électromagnétiques (voir l'Annexe A).

Cet aspect de la compatibilité doit être évalué par des essais.

5.3 Compatibilité électromagnétique

Ce paragraphe décrit la mesure du gabarit d'un système de détection de train. Il définit la méthode d'approche globale à adopter, mais il ne peut pas décrire finement le processus car chaque installation est différente dans ses détails. Le dossier de compatibilité doit englober tous les paramètres et configurations crédibles. Quelques modèles et configurations sont donnés en exemple à l'Annexe A.

Les mesures requises sont les suivantes.

5.3.1 Sensibilité de l'équipement de détection de train (voir 5.3.3.1 pour les circuits de voie, et 5.3.4.1 pour les détecteurs de roues).

5.3.2 "Fonction de transfert" entre le signal d'interférence au niveau de l'équipement de détection et le signal d'interférence généré par le matériel roulant (voir 5.3.3.2 pour les circuits de voie, et 5.3.4.2 pour les détecteurs de roues).

Soit F la fonction de transfert;

I_{TDS} le signal d'interférence au niveau de l'équipement de détection;

I_{RS} le signal d'interférence généré par le matériel roulant.

Le signal d'interférence est alors donné par:

$$I_{TDS} = F \times I_{RS}$$

d'où

$$I_{RS} = I_{TDS} / F$$

La valeur maximale admissible pour le signal d'interférence au niveau de l'équipement de détection – I_{TDSmax} – est déterminée par la sensibilité de cet équipement. Soit I_{RStot} la valeur totale admissible pour le signal d'interférence généré par le matériel roulant. Ainsi:

$$I_{RStot} = I_{TDSmax} / F$$

Lorsque plusieurs sources peuvent contribuer à la génération du signal d'interférence total, le niveau d'interférence admissible par source doit en tenir compte (voir 5.8).

Il est à noter que le niveau d'interférence admissible aura deux valeurs déterminées par les critères suivants:

- le signal provoquant une indication de libération du système de détection de train alors que celui-ci est en fait occupé (défaut contraire à la sécurité, c'est-à-dire problème de sécurité);

- le signal provoquant une indication d'occupation du système de détection de train alors que celui-ci est en fait libre (défaut non contraire à la sécurité, c'est-à-dire problème de fiabilité). La conséquence sur la logique d'enclenchement doit toutefois être prise en considération.

5.3.3 Circuits de voie

5.3.3.1 Sensibilité et susceptibilité de l'équipement seul

La sensibilité de l'équipement circuit de voie doit être déterminée. En général, la susceptibilité du récepteur est plus importante que celle de l'émetteur et constitue le facteur déterminant pour le niveau d'interférence admissible; cependant, la susceptibilité de l'émetteur doit aussi être vérifiée.

Lorsque la sensibilité du circuit de voie est réglable, celle-ci doit être mesurée pour toutes les positions de réglage, et en particulier pour la plus défavorable.

La susceptibilité doit être déterminée comme suit.

5.3.3.1.1 Les paramètres (amplitudes, fréquences et durées) des tensions, courants ou champs électromagnétiques qui peuvent exciter le récepteur en l'absence de tout signal venant de l'émetteur, de sorte qu'une indication "circuit de voie libre" est donnée.

NOTE Certains types de récepteurs de circuits de voie qui sont conçus pour fonctionner avec un signal modulé en amplitude peuvent aussi être excités par une combinaison de fréquences non modulées, et certains types de récepteurs de circuits de voie qui sont conçus pour fonctionner avec un signal modulé en fréquence peuvent aussi être excités par une ou plusieurs fréquences modulées en amplitude.

5.3.3.1.2 Les paramètres (amplitudes, fréquences et durées) des tensions, courants ou champs électromagnétiques supplémentaires qui peuvent désexciter le récepteur ou influencer le signal de sortie de l'émetteur, de sorte qu'une indication "circuit de voie occupé" est donnée.

Les informations ci-dessus doivent être obtenues de la part des fabricants des équipements de circuits de voie. Si celles-ci ne sont pas disponibles (par exemple dans le cas d'une conception obsolète), elles doivent être obtenues par des mesures en laboratoire.

5.3.3.2 Fonction de transfert du circuit de voie installé

La fonction de transfert du circuit de voie installé par rapport au courant d'interférence doit être déterminée comme suit.

5.3.3.2.1 Déterminer le schéma électrique équivalent du circuit de voie et du système d'alimentation de traction dans la mesure où ce dernier peut affecter le circuit de voie. Lors de l'établissement de ce schéma, tous les conducteurs pertinents doivent être considérés, y compris les caténaires ou les rails conducteurs, les rails de roulement interconnectés, les conducteurs de retour, les connexions inductives, les transformateurs survolteurs-dévolteurs, les structures de mise à la terre, les retours par la terre, etc. La fonction de transfert du "cas le plus défavorable" correspond normalement au circuit de voie le plus long.

5.3.3.2.2 Etablir le schéma équivalent en utilisant un site d'essai réel ou un modèle matériel ou logiciel. Si un modèle est utilisé, il doit être vérifié par des essais comparatifs sur site.

5.3.3.2.3 Mesurer, aux bornes de l'équipement du circuit de voie, la tension ou le courant résultant d'un courant généré par le matériel roulant. La fonction de transfert s'exprime alors par le rapport entre la tension aux bornes du matériel du circuit de voie et le courant d'interférence.

NOTE 1 La valeur de la fonction de transfert dépend de la position du train par rapport au circuit de voie. Il convient de déterminer la valeur du cas le plus défavorable.

NOTE 2 Si le train possède plusieurs sources embarquées, si c'est une automotrice électrique, ou si ce matériel utilise les rails comme retour de courant pour les auxiliaires (voir la fiche UIC 550), il peut alors devoir être représenté par plusieurs sources de courant.

5.3.3.2.4 Répéter les essais ci-dessus en présence de conditions de défauts, comme par exemple rails cassés, connexion et conducteur de retour cassés. Des exemples sont donnés à l'Annexe A (voir 4.9). La fonction de transfert du "cas le plus défavorable" est définie comme le rapport entre la valeur la plus importante de la tension d'interférence observée aux bornes de l'équipement du circuit de voie en présence de défauts et le(s) courant(s) d'interférence.

La fonction de transfert du circuit de voie installé par rapport aux champs électromagnétiques doit être déterminée de manière similaire à celle se rapportant aux courants d'interférence, sauf que, pour obtenir des résultats concrets, des sites d'essai pratiques s'avéreront probablement plus appropriés que des modélisations par ordinateur. Un exemple est donné en Annexe A.

5.3.4 Détecteurs de roues

Les circuits des détecteurs de roues utilisés dans les systèmes de comptage d'essieux sont généralement isolés galvaniquement des courants qui circulent dans les rails.

Les compteurs d'essieux peuvent être perturbés par des interférences électromagnétiques au niveau des détecteurs de roues, et la sensibilité du compteur d'essieux dépend fortement de la susceptibilité aux interférences électromagnétiques du détecteur de roues utilisé. Selon la configuration, le compteur d'essieux peut aussi être perturbé par des interférences intervenant sur le circuit de transmission entre le bord de la voie et une unité d'évaluation dans un poste d'enclenchement.

Le courant de retour dans les rails (alternatif ou continu) peut interférer avec les détecteurs de roues inductifs ou à magnétisation permanente:

- soit directement par ses effets sur les capteurs,
- soit indirectement par ses effets sur la perméabilité du rail.

Les effets directs des interférences sont vraisemblablement les plus sévères à la fréquence de fonctionnement des capteurs inductifs. Les harmoniques des courants de rail doivent être pris en compte.

Les champs d'interférence électromagnétiques émis par les équipements des matériels roulants peuvent aussi affecter les détecteurs de roues. Les principales sources d'interférences sont:

- les transformateurs et les convertisseurs, surtout lorsqu'ils sont placés sous châssis donc près du rail. Le contenu harmonique de l'interférence doit être pris en compte,
- les freins magnétiques et les freins à courants de Foucault qui sont montés sur les véhicules directement au-dessus du rail. L'interférence peut dépendre de la vitesse du train et de la position en fonctionnement du frein,
- les antennes de transmission montées sur les véhicules, surtout lorsque celles-ci sont montées à proximité du rail,
- les opérations de commutation des caténaires ainsi que les ruptures ou corrosions des fils de contact, qui sont sources de courants transitoires dans les rails et qui peuvent perturber les détecteurs de roues ou leurs circuits de transmission.

En plus de leurs applications dans les compteurs d'essieux, les détecteurs de roues sont aussi utilisés dans des fonctions de commutation, comme par exemple pour la mise en ou hors service des systèmes de protection de passages à niveaux. Dans ces cas, l'effet des interférences transitoires peut ne pas être le même que dans l'application compteur d'essieux

et doit donc être traité séparément, mais la caractérisation du détecteur lui-même reste commune aux deux applications.

5.3.4.1 Sensibilité de l'équipement seul

La sensibilité de l'équipement détecteur de roues (y compris l'électronique de traitement du signal associée) doit être déterminée comme suit.

5.3.4.1.1 Les paramètres (incluant zone de sensibilité, amplitudes, fréquences et durées) des champs électromagnétiques et des courants dans le rail capables de mettre le détecteur dans un état tel que les passages de roues ne soient plus détectés.

5.3.4.1.2 Les paramètres (incluant zone de sensibilité, amplitudes, fréquences et durées) des champs électromagnétiques et des courants dans le rail capables de générer l'état "roue présente" du détecteur en l'absence de roue.

5.3.4.2 Susceptibilité des détecteurs de roues installés

La valeur admissible du signal d'interférence, à la fois continu ou transitoire, créé par des courants dans le rail ou par d'autres sources d'interférence, dépend de la valeur du signal interne qui enclenche le seuil de commutation de l'équipement électronique du détecteur de roues.

La fonction de transfert d'un détecteur de roues installé par rapport à un courant d'interférence ou à un champ électromagnétique d'interférence dépend du principe physique et de la disposition géométrique du détecteur et de son électronique de traitement du signal. De nombreux paramètres (tels que fréquence et amplitude des courants d'interférence, fréquence, amplitude et direction des champs électromagnétiques d'interférence) conditionnent la fonction de transfert. Une telle complexité, associée à une caractéristique non linéaire, fait que cette fonction de transfert n'est pas utilisable dans ce contexte.

A cause de la difficulté d'obtention d'un schéma électrique équivalent suffisamment complet pour un type de détecteur de roues, la susceptibilité de ces détecteurs doit être mesurée par des essais sur site ou des essais en laboratoire qui consistent à injecter des courants d'interférence dans le rail et à appliquer des champs électromagnétiques externes.

5.4 Coefficient de sécurité

Pour tenir compte des incertitudes dans les mesures et les simulations, la susceptibilité du système de détection de train telle que déterminée ci-dessus doit être augmentée d'un coefficient de sécurité. Les incertitudes doivent être évaluées et le coefficient de sécurité doit être suffisant pour les tolérer (voir l'Article A.10).

Il peut être nécessaire de prendre en compte dans le coefficient de sécurité, l'interférence due à la tension d'ondulation en courant continu à la sous-station.

5.5 Susceptibilité du circuit de voie

5.5.1 Signal d'interférence admissible pour défaut non contraire à la sécurité

La valeur admissible du signal d'interférence dans le cas d'un défaut du circuit de voie non contraire à la sécurité est déterminée sans aucun défaut dans le système de retour traction, car les circuits de voie ne sont pas conçus pour fonctionner normalement en présence de tels défauts.

Soit F_{norm} la valeur de la fonction de transfert dans ce cas.

Soit I_{TDSocc} la valeur du signal d'interférence provoquant l'occupation du circuit de voie lorsque celui-ci est libre.

Dans ce cas, la valeur totale admissible du courant d'interférence, soit $I_{RStot, occ}$, est donnée par:

$$I_{RStot, occ} = I_{TDSocc} / F_{norm}$$

pour toutes les combinaisons d'amplitude, de fréquence et de durée du signal d'interférence.

5.5.2 Signal d'interférence admissible pour défaut contraire à la sécurité

Pour les défauts contraires à la sécurité, on doit supposer le cas de défaut le plus défavorable dans le système de retour traction conduisant à la fonction de transfert "maximale" F_{max} .

Soit $I_{TDSclear}$ la valeur du signal d'interférence conduisant à la libération du circuit de voie alors que celui-ci est occupé.

Dans ce cas, la valeur totale autorisée du courant d'interférence, soit $I_{RStot, clear}$ est donnée par:

$$I_{RStot, clear} = I_{TDSclear} / F_{max}$$

pour toutes les combinaisons d'amplitude, de fréquence et de durée du signal d'interférence.

5.6 Susceptibilité du détecteur de roues

A cause du principe de détection discrète des roues passant devant un détecteur de roues, les interférences continues et transitoires peuvent être considérées comme un phénomène équivalent.

La susceptibilité des détecteurs de roues doit être déterminée en laboratoire dans les conditions suivantes.

- a) Faire un montage du détecteur tel que sur le terrain avec les conditions géométriques les plus défavorables (par exemple roues usées, roues de petit diamètre, profils de rails usés). Si cela n'est pas réalisable, une autre méthode électriquement équivalente peut être utilisée.
- b) Injecter un courant d'interférence défini dans le rail avec le détecteur de roues monté, ou appliquer un champ électromagnétique d'interférence défini représentant le matériel roulant (courant de traction et harmoniques), et mesurer la modification qui en résulte sur le signal interne (courant, tension ou fréquence) responsable de la fonction de commutation du détecteur de roues.

La fréquence des harmoniques doit inclure la fréquence de fonctionnement du détecteur de roues.

On doit mesurer la valeur du signal d'interférence externe qui est la cause d'une réaction non désirée du détecteur de roues, en présence et en l'absence d'un passage de roue.

Pour les compteurs d'essieux, il doit être démontré que la fiabilité du comptage sera maintenue en dépit des interférences prévues. Pour les défauts dus aux interférences, il n'est pas nécessaire de différencier défaut de comptage contraire à la sécurité et défaut de comptage non contraire à la sécurité.

5.7 Gabarit du système de détection de train

Le gabarit du système de détection de train est la valeur maximale admissible du signal d'interférence déterminé ci-dessus, diminuée du coefficient de sécurité (voir l'Article A.10).

5.8 Signal d'interférence généré par le matériel roulant et les sous-stations

Le signal d'interférence généré par le matériel roulant et les sous-stations dépend des paramètres suivants:

- signal d'interférence généré par chaque source;
- nombre de sources;
- règles de sommation des signaux d'interférence des différentes sources.

5.8.1 Signal d'interférence généré par chaque source: circuits de voie

Les circuits de voie sont affectés par les courants d'interférence suivants:

- les courants consommés par les matériels roulants:
 - avec les matériels roulants considérés comme des impédances passives, et
 - avec les tensions d'interférences de l'alimentation de traction superposées à la tension d'alimentation.

On peut limiter ces courants en fixant une valeur d'impédance minimale pour le matériel roulant et en limitant les niveaux d'interférence générés par la sous-station. Dans certaines circonstances, l'impédance du matériel roulant peut interagir avec celle de l'alimentation pour générer des interférences supplémentaires qui ne sont imputables à aucune source considérée seule; une valeur d'impédance minimale est mesurée conformément à la pratique établie. Toutes les hypothèses associées aux valeurs mesurées doivent être soigneusement documentées dans le cadre du dossier de compatibilité.

- les courants générés par le matériel roulant lorsque celui-ci est alimenté par une source de tension "pure" (continue ou alternative sinusoïdale sans distorsion). Ces courants comprennent:
 - les courants d'interférence générés par l'équipement de traction;
 - les courants d'interférence générés par les convertisseurs d'auxiliaires embarqués (il faut remarquer que le courant de retour de ces auxiliaires peut circuler dans les rails sous le train);
- des couplages non désirés avec les émetteurs d'autres circuits de voie.

5.8.2 Signal d'interférence généré par chaque source: détecteurs de roues

Les principales sources ont été définies en 5.3.4. L'effet des sources multiples d'interférence doit être considéré dans chaque cas particulier.

5.9 Rapport de caractérisation

Les essais et le contexte dans lequel ils sont réalisés doivent être présentés dans un rapport incluant ce qui suit.

NOTE Ces rapports couvrent les essais de compatibilité en plus de tout essai de conformité aux phénomènes environnementaux couverts par la CEI 62236.

5.9.1 Introduction

Présentation générale des systèmes en essai.

5.9.2 Organisation des essais

Présentation de l'organisme qui a effectué les essais ainsi que ses coordonnées.

5.9.3 Configuration

Définition de l'état de conception du système de détection de train, y compris les indices matériel et logiciel, listés dans un document traitant des éléments affectant les caractéristiques du système.

5.9.4 Documents de référence

Ils doivent inclure le programme d'essai, la description du système de détection de train, ainsi que le document listant les éléments qui affectent ses caractéristiques.

5.9.5 Application du programme d'essai

Cela comprend toutes les références des compromis ou des modifications au programme d'essai qui se sont avérés nécessaires, ainsi que les points suivants:

- conditions d'essai et caractéristiques techniques du site d'essai;
- instrumentation de mesure, avec un synoptique de l'équipement utilisé; l'emplacement des appareils de mesure, les liaisons entre eux, leur précision, leur réponse caractéristique, sensibilité, étalonnage, etc.;
- procédure d'essai, avec les calibres utilisés, la méthode de vérification du bruit environnant, les conditions opérationnelles du système en investigation durant les essais.

5.9.6 Résultats d'essai

Ils doivent comprendre:

- la sensibilité du système de détection de train seul,
- la fonction de transfert du système de détection de train installé,
- le schéma électrique équivalent du système de détection de train et du système d'alimentation de traction,
- une description du modèle (si utilisé),
- validation du modèle (si utilisé),
- les résultats d'essais, avec fonctions de transfert "normale" et "maximale",
- la liste des conditions de défaut considérées,
- le gabarit du système de détection de train,
- les règles de sommation (pour utilisation par l'opérateur du matériel roulant).

5.9.7 Commentaires

Evaluation des résultats, leur validité (par exemple raison du choix du site) et une comparaison avec les résultats attendus.

5.9.8 Archivage des résultats d'essai

Une campagne de mesures entraîne souvent l'accumulation d'une grande quantité d'enregistrements. Il n'est pas toujours réalisable de les reproduire et de les diffuser avec un rapport mais des dispositions doivent être prises pour leur archivage et le rapport d'essai doit indiquer comment obtenir l'accès à cette documentation.

6 Caractérisation du matériel roulant

6.1 Objectifs de la procédure

Des essais doivent être faits sur le matériel roulant pour vérifier les interférences générées ainsi que pour les raisons suivantes:

- obtenir des informations supplémentaires sur la caractérisation des circuits de puissance du matériel;
- comparer les niveaux d'interférence mesurés et calculés afin de confirmer l'appréhension des circuits de puissance du matériel.

Bien que les essais soient faits par rapport à un itinéraire donné sur lequel le matériel roulant est appelé à circuler, il convient que ces derniers soient définis, effectués, et les résultats documentés sans aucune ambiguïté, afin d'éviter des répétitions inutiles dans le cas où un nouvel itinéraire serait à prendre en considération.

L'acceptation sur un nouvel itinéraire d'un matériel roulant déjà accepté peut ne pas nécessiter d'essais supplémentaires, sous réserve que les caractéristiques de ce nouvel itinéraire soient similaires à celles d'un itinéraire déjà existant, comme par exemple le prolongement d'une ligne existante avec des systèmes de détection de train et des alimentations de traction similaires.

6.2 Description du matériel roulant et des éléments affectant ses caractéristiques

Les éléments sur lesquels repose la compatibilité entre matériel roulant et signalisation doivent être définis et documentés par le constructeur ou l'exploitant, et doivent inclure toutes les modifications pertinentes du matériel roulant. Les composants critiques pour la sécurité doivent être clairement identifiés.

L'Annexe C récapitule les éléments connus pouvant affecter la compatibilité entre matériel roulant et signalisation.

6.3 Configuration (état de conception)

Les mesures doivent être effectuées sur un ou des exemplaires représentatifs de la série du matériel roulant pour lequel l'acceptation est demandée. L'équipement doit être complètement développé et modifié, et doit être en état de fonctionnement; les indices matériel et logiciel des éléments affectant la compatibilité entre le matériel roulant et la signalisation doivent être connus et parfaitement documentés.

6.4 Programme d'essai

Le programme d'essai est un document qu'il convient de faire approuver par l'organisme d'acceptation comme moyen approprié de mesure des caractéristiques du matériel roulant. Il doit faire référence aux points suivants.

6.4.1 Site d'essai

Les mesures doivent être effectuées avec le matériel roulant en service sur des sections de ligne aussi représentatives que possible des itinéraires prévus. Il convient d'estimer jusqu'à quel point un site d'essai non entièrement représentatif pourra être utilisé pour réaliser la série d'essais listée en 6.4.3.

Le matériel doit être testé sur des lignes électrifiées équipées des différents types d'alimentation de traction avec lesquelles celui-ci sera amené à circuler.

Pour éviter toute ambiguïté sur les résultats, une attention particulière doit être portée à la part des niveaux d'interférence mesurés résultant des caractéristiques des alimentations de traction par rapport à ceux réellement générés par le matériel en essai.

6.4.2 Matériel de mesure

Le matériel de mesure et d'essai doit être spécifié et agréé (en particulier les capteurs, les analyseurs de spectre et les voltmètres sélectifs).

Le choix des appareils de mesure ainsi que leur installation doivent être tels que les mesures effectuées puissent être interprétées par rapport au(x) gabarit(s) de référence. Il convient de porter une attention particulière aux points suivants:

- la position des capteurs de mesure;
- la précision;
- la bande passante;
- la gamme dynamique;
- l'estimation des erreurs systématiques; par exemple bruit, intermodulation, etc.;
- la réponse du système pour l'analyse des signaux dans les domaines fréquentiel et temporel;
- la mesure des modulations entre fréquences, ou autres critères définis du gabarit;
- l'enregistrement de la vitesse, de la position, des paramètres de l'alimentation de traction et des autres éléments pouvant influencer sur le niveau des courants d'interférence générés;
- les vérifications des procédures d'étalonnage.

L'Annexe B donne des détails sur la manière dont les points ci-dessus ont été abordés historiquement.

6.4.3 Procédure d'essai

Les essais doivent être effectués dans toutes les conditions rencontrées en exploitation normale avec un nombre suffisant d'essais effectués pour que les caractéristiques réelles du matériel roulant soient mises en évidence. Les cas les plus défavorables doivent être examinés avec une attention particulière. Il convient d'effectuer les essais avec les conditions de fonctionnement suivantes:

- à l'arrêt;
- tout le long de la caractéristique effort/vitesse en traction et en freinage (y compris le freinage par récupération);
- à des vitesses constantes jusqu'à la vitesse maximale (en mode vitesse imposée ou manuel);
- en fonctionnement à effort réduit en fonction de la position du manipulateur;
- pendant les transitions de traction à marche sur l'erre et freinage;
- en modes de fonctionnement normal et dégradé;
- pendant les variations ou les perturbations typiques de la tension d'alimentation, (par exemple à cause de la présence d'autres trains dans le même secteur, de l'effacement d'une sous-station, des lacunes du rail de contact, de mauvaises conditions de captage du courant, etc.);
- avec des conditions d'environnement pouvant affecter le fonctionnement des équipements du matériel roulant (par exemple lors de patinages ou d'enrayages, etc.);
- pendant les régimes transitoires normaux et connus (par exemple lors des ouvertures/fermetures de disjoncteurs, des démarrages/arrêts de certains équipements du matériel roulant).

6.5 Rapport d'essai

Les essais et le contexte dans lequel ils sont réalisés doivent être présentés dans un rapport et il est recommandé qu'il inclue ce qui suit.

NOTE Ces rapports couvrent les essais de compatibilité en plus de tout essai de conformité aux phénomènes environnementaux couverts par la CEI 62236.

6.5.1 Introduction

Présentation générale des systèmes en essai (matériel roulant, alimentations de traction et systèmes de détection de train).

6.5.2 Organisation des essais

Présentation de l'organisme qui a effectué les essais ainsi que ses coordonnées.

6.5.3 Configuration

Définition de l'état de conception du matériel roulant, y compris les indices matériel et logiciel, listés dans un document traitant des éléments affectant ses caractéristiques.

6.5.4 Documents de référence

Ceci comprend le programme d'essai, la description du matériel roulant, ainsi que le document listant les éléments qui affectent ses caractéristiques.

6.5.5 Application du programme d'essai

Ceci comprend toutes les références des compromis ou des modifications au programme d'essai qui se sont avérés nécessaires, ainsi que les points suivants:

- conditions d'essai et caractéristiques techniques du site d'essai;
- instrumentation de mesure, avec un synoptique de l'équipement utilisé, l'emplacement des capteurs de mesure, les liaisons entre les appareils, leur précision, réponse caractéristique, sensibilité, étalonnage, etc.;
- procédure d'essai, avec les calibres utilisés, la méthode de vérification du bruit environnant, le nombre d'essais effectué, les conditions opérationnelles du matériel en investigation durant les essais.

6.5.6 Résultats d'essai

Analyse et résumé des mesures effectuées avec exemples d'enregistrements typiques.

6.5.7 Commentaires

Evaluation des résultats, leur validité et une comparaison avec les résultats attendus.

6.6 Archivage des résultats d'essai

Une campagne de mesures entraîne souvent l'accumulation d'une grande quantité d'enregistrements qu'il n'est pas très pratique de reproduire ni de joindre au rapport d'essai. Il n'est pas toujours réalisable de les reproduire et de les diffuser avec un rapport mais des dispositions doivent être prises pour leur archivage et le rapport d'essai doit indiquer comment obtenir l'accès à cette documentation.

7 Caractérisation des alimentations de traction

7.1 Objectifs

L'objectif est de déterminer l'influence du système d'alimentation de traction sur les caractéristiques du matériel roulant.

Les éléments pertinents incluent notamment (liste non limitative):

- tolérances sur la tension;
- tolérances sur la fréquence;

- contenu harmonique;
- transitoires;
- puissance maximale (MVA);
- impédance de la sous-station;
- impédance de la caténaire ou du/des rail(s) conducteur(s);
- impédance du système de retour;
- fonctionnement en mode normal et dégradé.

La CEI 60850 définit les caractéristiques de l'alimentation.

Puisque certaines fréquences interférentes peuvent être générées par la sous-station, par le matériel roulant, ou par les deux, il peut y avoir ambiguïté quant à leur origine. Cette ambiguïté doit être levée.

Les phénomènes de résonance et oscillatoires doivent également être examinés.

7.2 Alimentations de traction à courant continu

A cause des redresseurs dont elles sont équipées, les alimentations de traction à courant continu sont particulièrement susceptibles de produire des courants d'interférence qui peuvent perturber les circuits de voie. L'Annexe D décrit brièvement le mécanisme d'interaction des courants d'interférence entre le matériel roulant et les alimentations de traction à courant continu.

7.2.1 Procédure d'essai

7.2.1.1 Sous-stations équipées seulement de diodes

L'ondulation de tension est principalement due au pont de redressement et au déséquilibre des phases de l'alimentation haute tension. En première approche, il convient de mesurer l'ondulation de tension à bord du matériel roulant, aux abords de la sous-station, avec l'équipement de traction coupé. En plus, dans le cas d'une ambiguïté majeure, l'ondulation de tension doit être mesurée sur une charge résistive de puissance après entente entre l'administrateur d'infrastructure ferroviaire et l'organisme responsable des essais.

7.2.1.2 Sous-stations équipées de convertisseurs de régulation

En outre, l'ondulation de tension peut être due à des déséquilibres dans le système de commande des convertisseurs. L'ondulation de tension doit être caractérisée à vide et sur une charge résistive de puissance.

7.3 Alimentations de traction à courant alternatif

Les alimentations de traction à courant alternatif ne produisent généralement pas de courants d'interférence importants car elles sont alimentées par un réseau de distribution directement, via des transformateurs ou des convertisseurs tournants. Certaines alimentations sont cependant particulièrement susceptibles de produire des courants d'interférence qui peuvent affecter les circuits de voie à cause des convertisseurs de puissance comme les convertisseurs de fréquence ou les régulateurs de puissance réactive. L'Annexe E décrit brièvement le mécanisme d'interaction des courants d'interférence entre le matériel roulant et les alimentations de traction à courant alternatif.

Dans le cas d'une alimentation de traction à courant alternatif, des résonances harmoniques peuvent apparaître à certaines fréquences principalement à cause de la combinaison de l'impédance des sous-stations, des lignes de contact, des trains et de la voie, c'est la raison pour laquelle une interférence due aux courants harmoniques peut se produire dans les circuits de voie en fonction du point kilométrique même si les harmoniques générés par la

sous-station et/ou le matériel roulant sont faibles. Si nécessaire, des contre-mesures contre la résonance harmonique sont possibles grâce des filtres supplémentaires dans l'alimentation de traction afin de décaler les fréquences de résonance de la ligne, par exemple.

7.3.1 Procédure d'essai

Les courants harmoniques sont principalement dus aux convertisseurs de puissance et doivent être caractérisés à la fois à vide et avec la charge des unités de traction présentes dans la section d'alimentation, en particulier si un convertisseur de puissance est installé dans la sous-station. De plus, les courants harmoniques peuvent être mesurés au niveau de la sous-station si cela est nécessaire pour la caractérisation.

Si des contre-mesures contre la résonance harmonique sont installées dans l'alimentation de traction, leurs effets doivent être examinés.

Annexe A (informative)

Indications pour la détermination de la susceptibilité des systèmes de détection de train

A.1 Exemples de configurations

Des exemples de configurations de systèmes de détection de train sont présentés ci- après (voir Figures A.1 à A.11). Ceux-ci sont simplifiés et ne montrent pas, par exemple, les structures liées au rail de retour traction. Ces configurations ne sont pas les seules possibles; elles sont données à titre d'exemples de situations qu'il convient de considérer.

A.2 Configuration "normale"

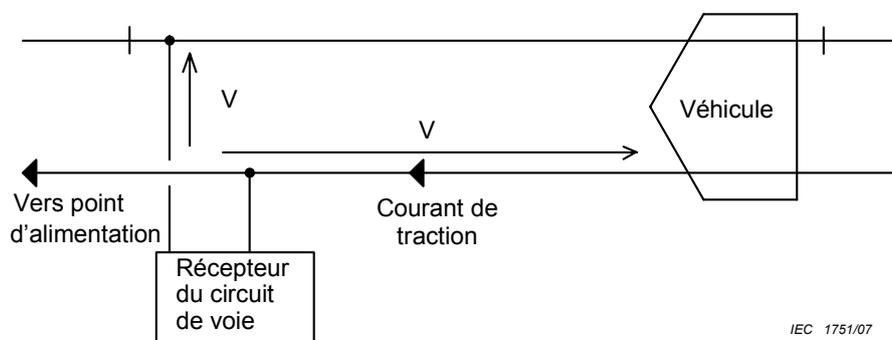


Figure A.1 – Interférence avec rails intacts

La chute de tension sur la longueur du rail de retour traction incluse dans le circuit de voie apparaît aux bornes du récepteur du circuit de voie lorsque ce dernier est occupé.

A.3 Interférence avec rail isolé cassé

En cas de cassure au rail à joints isolants, le circuit de voie sera occupé (défaut "auto-déecté"). Le circuit est le suivant:

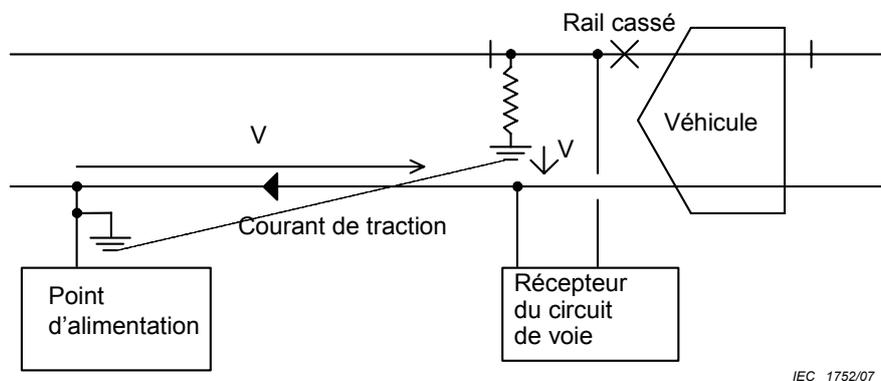


Figure A.2 – Interférence avec rail cassé auto-déecté

La tension qui apparaît au niveau du récepteur est maintenant déterminée par la chute de tension entre le véhicule et le point d'alimentation bien que la résistance de ballast du rail cassé soit en série avec l'entrée du récepteur du circuit de voie. Puisque le rail cassé entraîne une occupation du circuit de voie, il convient que cette situation ne se produise que très rarement.

A.4 Interférence avec rail de retour cassé

En cas de cassure non détectée du rail de retour traction, le circuit est le suivant:

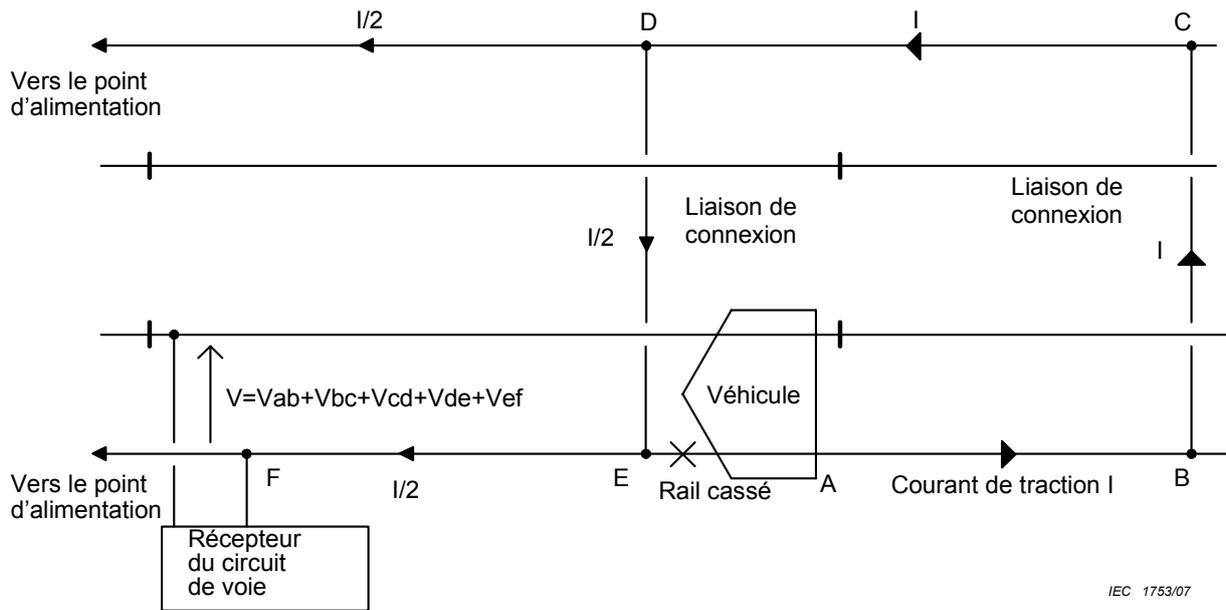


Figure A.3 – Interférence avec rail cassé non détecté

Puisque le courant de traction doit maintenant parcourir un chemin plus long pour revenir au point d'alimentation (bien qu'une certaine partie s'écoule à la terre), la tension d'interférence aux bornes du récepteur sera supérieure. La longueur du circuit de retour dépend de l'espacement entre les liaisons de connexion ainsi que de la longueur du circuit de voie.

A.5 Circuits de voie à deux rails

La Figure A.4 représente la configuration typique d'un circuit de voie à deux rails.

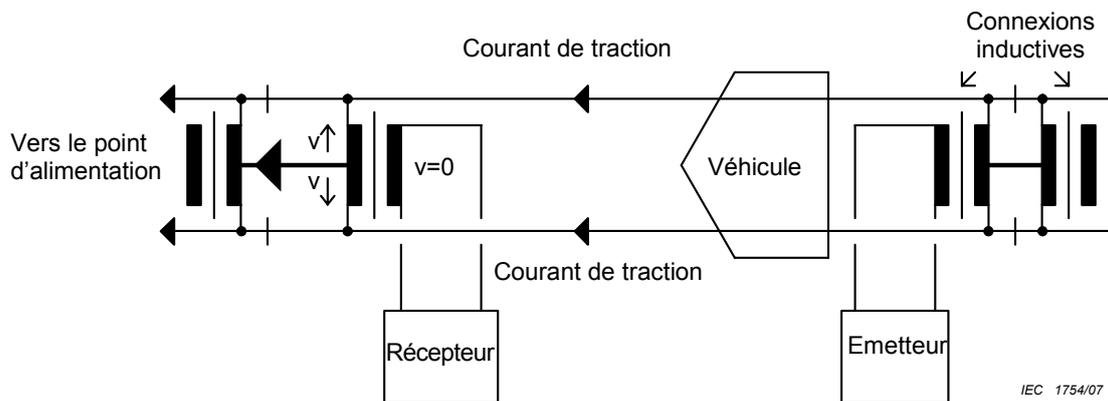


Figure A.4 – Circuit de voie à deux rails

En fonctionnement normal, le courant de retour traction est à peu près le même dans chaque rail et une très petite tension se retrouve aux bornes de l'équipement du circuit de voie. Cependant, dans le cas d'un rail cassé ou d'une connexion inductive coupée, le courant de retour sera alors complètement déséquilibré et il apparaîtra une tension transversale, voir Figure A.5.

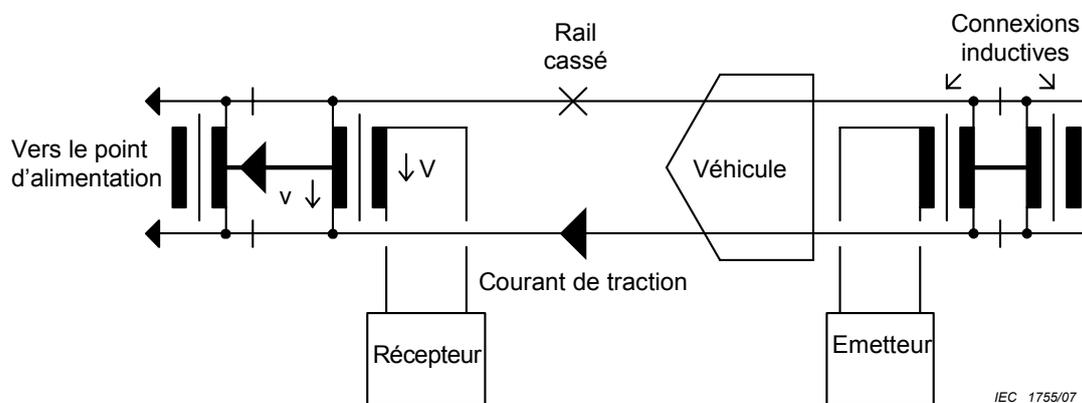


Figure A.5 – Circuit de voie à deux rails avec rail cassé

Une telle cassure entraîne normalement la présentation de l'indication "voie occupée" par le circuit de voie (défaut "auto-détecté"), mais, selon le type de circuit de voie, il pourrait être possible que le récepteur soit faussement excité par des interférences avant que le train ne pénètre dans le circuit de voie, autorisant ainsi celui-ci à poursuivre sa marche. Le circuit de voie pourrait alors continuer à présenter l'indication "voie libre" alors que ce dernier est occupé par le train.

A.6 Tension entre essieux d'un matériel roulant

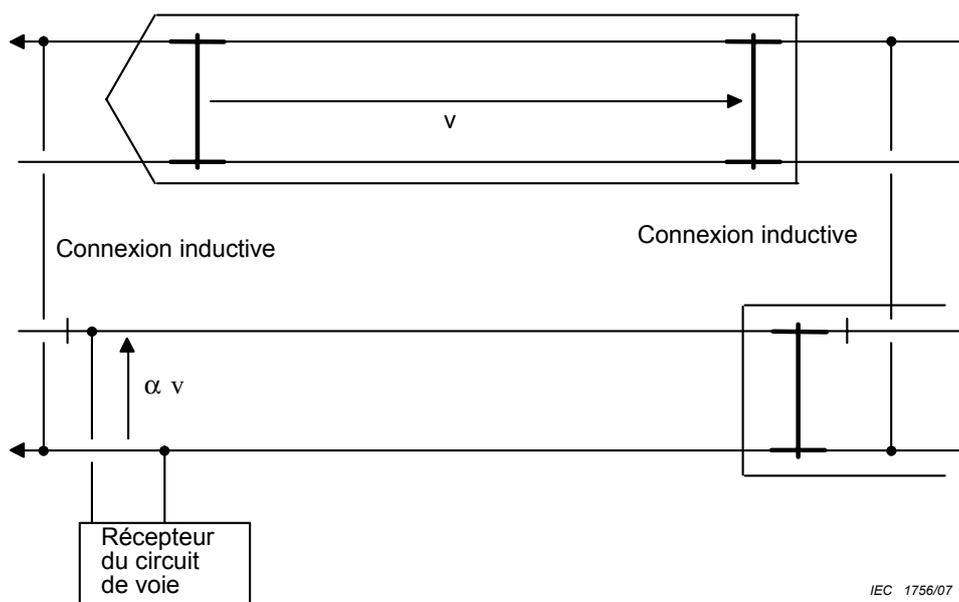


Figure A.6 – Interférence due à la tension entre essieux – Cas n° 1

Si une tension est générée entre les essieux d'un train, une proportion α de cette tension peut apparaître aux bornes du récepteur du circuit de voie. Si la longueur du train est similaire à

celle du circuit de voie et à l'espacement entre les liaisons de connexion, la valeur de α peut être proche de l'unité.

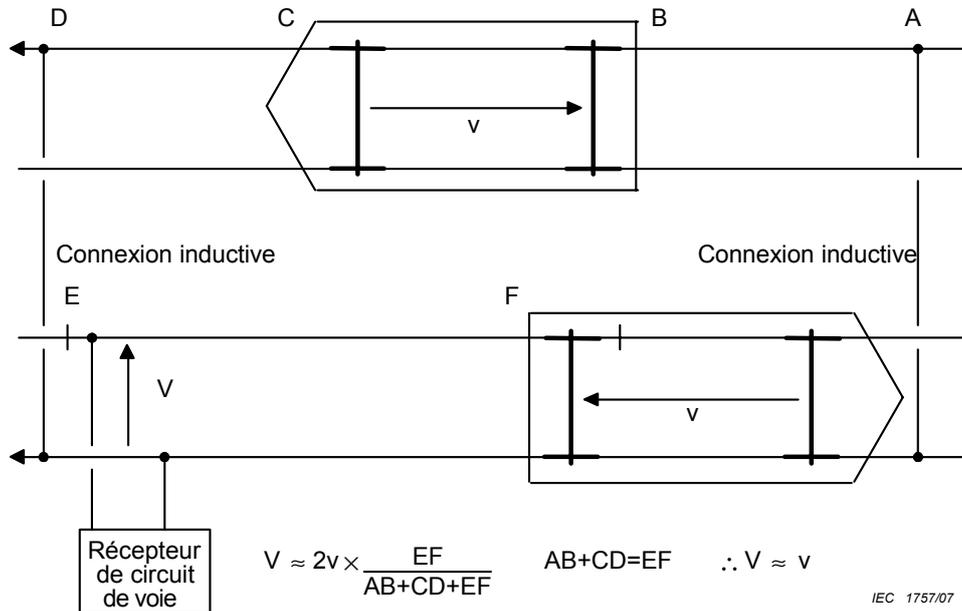
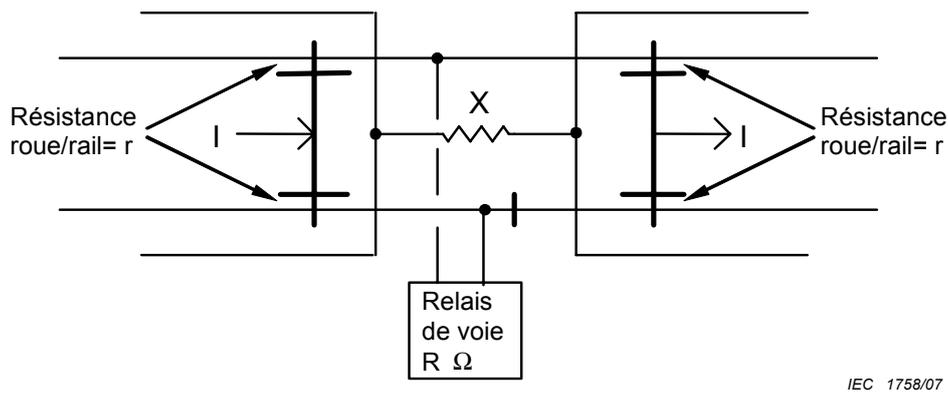


Figure A.7 – Interférence due à la tension entre essieux – Cas n° 2

Si deux trains contribuent à la génération de l'interférence, l'effet combiné sera le même que dans le cas d'un seul train.

A.7 Effet de la résistance entre véhicules accrochés



Légende

- r résistance roue/rail
- I courant de retour entre véhicules
- X résistance de connexion du véhicule (si installé)
- R résistance du relais de voie

Figure A.8 – Effet d'un courant inter-véhicule

Le schéma peut être redessiné de la manière suivante (en négligeant la résistance du rail), voir Figure A.9.

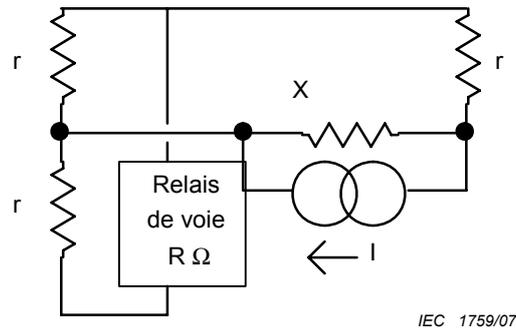


Figure A.9 – Schéma équivalent à la Figure A.8

Si toutes les résistances r sont égales,

et $R \gg r$,

et $X \rightarrow \infty$ (soit déconnecté soit non installé)

dans ce cas: $V_R \rightarrow I \times r$.

Si $X \approx r$

dans ce cas: $V_R \rightarrow (I \times r)/3$.

Si la valeur maximale admissible pour V_R est de 200 mV et de 120 A pour I , alors

$$r_{\max} = 1,7 \text{ m}\Omega \text{ si } X \rightarrow \infty$$

soit

$$r_{\max} = 5 \text{ m}\Omega \text{ si } X \approx r.$$

Ces valeurs sont très faibles.

A.8 Interférences rayonnées

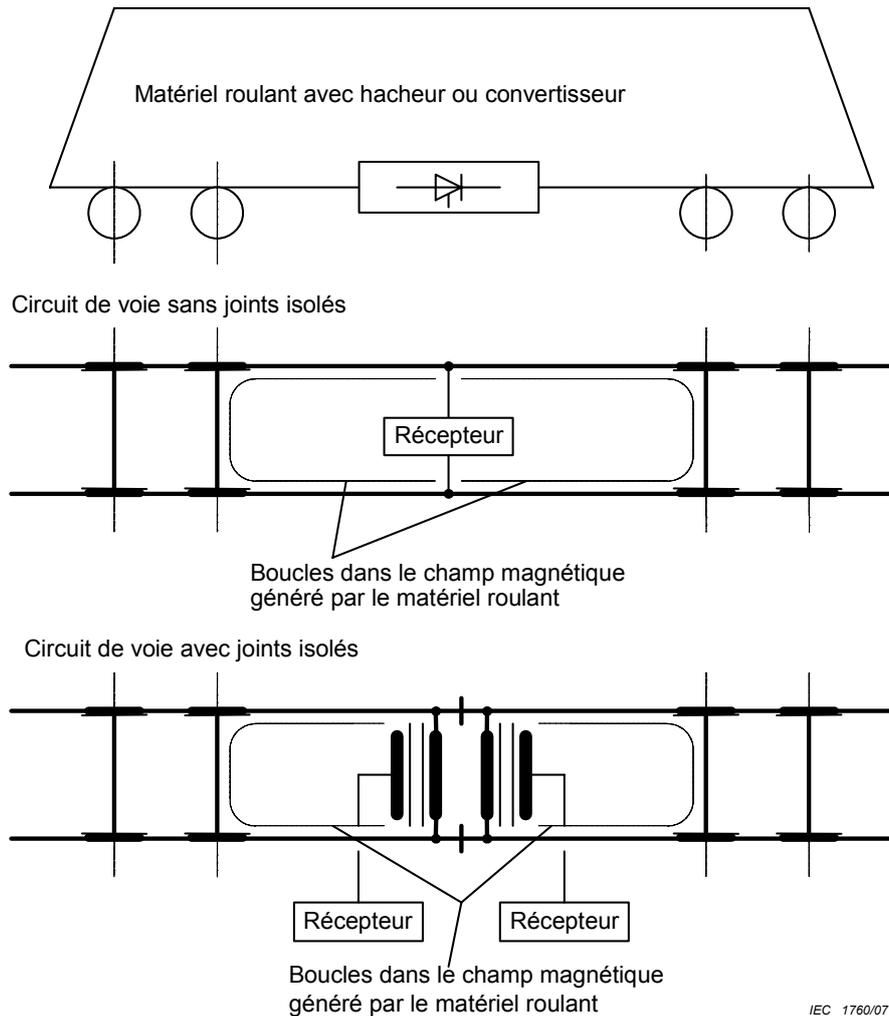


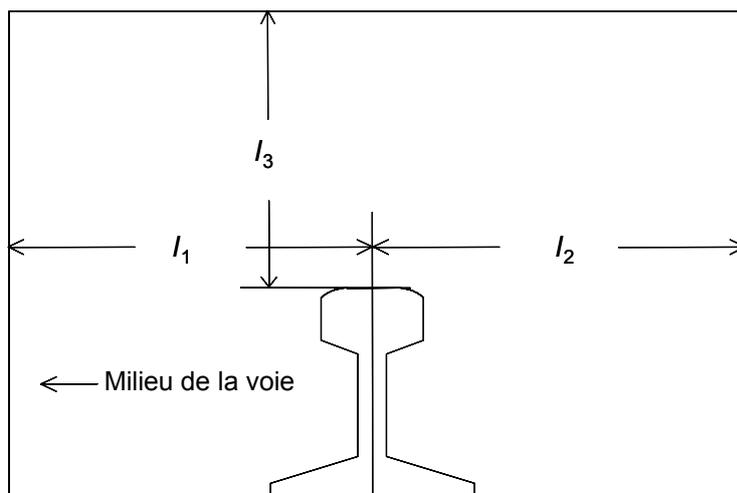
Figure A.10 – Exemple d'interférences rayonnées

A.9 Exemples de zone sensible des détecteurs de roues

Les détecteurs de roues sont conçus pour détecter la présence de roues ou de flasques de roues. D'autres parties métalliques du véhicule qui pénètrent le voisinage de la section occupée par le passage de roue peuvent également avoir une influence sur les détecteurs de roues. C'est pour cette raison qu'il convient d'éviter d'avoir des équipements et des parties métalliques du véhicule dans la zone sensible indiquée à la Figure A.11.

Lorsqu'il n'est pas possible d'éviter le montage d'équipements dans cette zone (par exemple freins magnétiques de voie), il faut que l'influence des dimensions et l'emplacement des parties métalliques sur les détecteurs de roues soient documentés et vérifiés pour identifier les problèmes éventuels de compatibilité. Dans le cas d'équipements électriques, il faut également prendre en compte la combinaison de l'influence du métal et du brouillage électromagnétique potentiel.

Dimensions en millimètres



IEC 1761/07

l_1	l_2	l_3	Note
300	200	100	Produits européens
250	300	200	Produits japonais

Figure A.11 – Zone sensible d'un détecteur de roues

A.10 Coefficient de sécurité

Les conséquences d'un défaut contraire à la sécurité sur un système de détection de train dépendent de la manière dont l'indication donnée par le système (voie libre ou occupée) est utilisée dans le processus d'enclenchement. Par exemple, les conséquences d'une fausse libération peuvent être réduites de manière significative en utilisant, dans le processus d'enclenchement, un système d'établissement séquentiel de l'occupation de la portion de voie.

La valeur du coefficient de sécurité est choisie en tenant compte des points suivants:

- précision des informations connues (par exemple diagramme des voies, nombre de trains);
- niveaux d'interférence du bruit de fond possible;
- précision des mesures;
- validité des prédictions (par exemple modèles informatiques);
- défaut "sécuritaire" ou "non sécuritaire" du système de détection de train;
- manière dont l'indication de détection est traitée dans le processus d'enclenchement;
- habitudes nationales instituées.

Pour toutes ces raisons, il n'est pas possible de spécifier par avance le coefficient de sécurité qu'il convient d'appliquer. Il convient de déterminer et de justifier sa valeur pour chaque application dans le dossier de compatibilité (se référer à l'Article 4). Dans les pays où un coefficient de sécurité de valeur fixe est normalement appliqué, il convient de l'adopter, sauf si le dossier de compatibilité démontre qu'une valeur supérieure est nécessaire.

Des recommandations sur le coefficient de sécurité sont données dans la fiche UIC 737-3.

A.11 Sources multiples d'interférences

Il convient de déterminer, à partir des conditions opérationnelles, le nombre maximal de sources d'interférences pouvant perturber un système de détection de train donné à un instant donné. Il convient que les règles de sommation tiennent compte de l'interdépendance entre les multiples équipements.

L'ORE B108/1 a établi des règles de répartition des courants d'interférence entre les équipements de traction et les équipements auxiliaires, etc., en fonction de la position du train sur le circuit de voie. Ces règles générales sont remplacées par les fonctions de transfert spécifiques établies dans la présente norme.

Annexe B (informative)

Indications pour la mesure des caractéristiques du matériel roulant

B.1 Exemple de synoptique d'un système de mesure des courants d'interférence

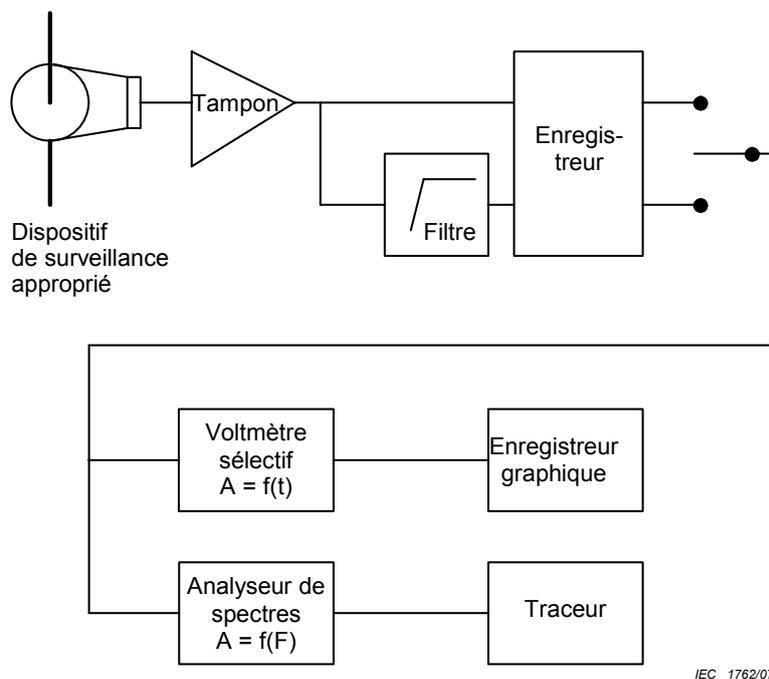


Figure B.1 – Exemple d'un système de mesure des courants d'interférence

Le choix du point de mesure des courants d'interférence dépend du type de matériel roulant:

- pour les locomotives électriques et les automotrices, la mesure est prise aussi près que possible de l'équipement de captage du courant; pantographe ou frotteur de troisième rail. Exceptionnellement, la mesure peut être prise ailleurs dans le circuit sous réserve qu'il soit démontré théoriquement ou pratiquement que les résultats ne seront pas altérés de façon significative;
- pour les locomotives diesel, la mesure est prise sur la ligne de train haute tension des auxiliaires;
- pour les équipements des remorques (par exemple convertisseurs statiques ou chargeurs batterie), la mesure est prise soit sur la ligne de train haute tension des auxiliaires dans le cas d'équipements en parallèle, soit à l'entrée de l'équipement si celui-ci est seul.

Les capteurs à utiliser sont adaptés au type de courant à mesurer (alternatif monophasé ou continu) et leur précision est suffisante pour permettre une exploration de la bande de fréquences requise. La réponse caractéristique des capteurs de mesure est mesurée à partir de l'enregistrement d'un essai d'étalonnage.

Les équipements du système d'instrumentation traitent le signal à partir du capteur afin de simuler la réponse caractéristique du circuit de voie. En particulier:

- tous les signaux pertinents sont enregistrés dans une mémoire de masse type bande magnétique;
- le gain et le pré-filtrage du système sont ajustés pour obtenir la meilleure gamme dynamique pour les fréquences et les niveaux à analyser, en tenant compte des limites de la gamme dynamique des signaux enregistrés;
- le courant d'interférence est traité par un ou plusieurs appareils simulant la caractéristique du circuit de voie, et la sortie est branchée sur un enregistreur graphique ou sur un traceur. Ce traitement peut se faire en technologie analogique ou numérique, ou bien il peut faire intervenir une combinaison de ces deux technologies, ainsi que des analyses spécifiques telles que la modulation de fréquences qui peut être spécifiée dans le gabarit étudié;
- le signal correspondant au courant d'interférence est décomposé en fréquence et enregistré au moyen d'un ou plusieurs analyseurs de spectre;
- il est recommandé que les signaux traités soient tracés en temps réel pendant le déroulement des essais, mais, si le traitement requis est trop complexe, l'analyse après enregistrement peut être la seule solution;
- le bruit environnant est mesuré en faisant passer le courant d'alimentation en dehors du capteur de mesure;
- le système de mesure est testé dans son intégralité par l'envoi de signaux d'amplitudes et de fréquences appropriés soit directement dans le capteur, soit aussi près que possible de l'entrée du système de mesure;
- les signaux environnants et les signaux indiquant les conditions opérationnelles du train sont enregistrés en même temps que le signal d'interférence. Ils comprennent en général l'alimentation, la vitesse, le point kilométrique, l'indication du mode traction, freinage ou marche sur l'erre, etc.

Annexe C (informative)

Eléments affectant les caractéristiques du matériel roulant

C.1 Eléments affectant la compatibilité

Les éléments pertinents connus historiquement sont les suivants:

- longueur des trains et des véhicules;
- distance entre essieux de chaque véhicule, et entre le dernier essieu et l'extrémité du véhicule;
- technologie des essieux et du système de freinage;
- liaisons électriques entre la surface de roulement des roues et le châssis du véhicule, ainsi que les liaisons électriques entre véhicules;
- schéma de traction et des auxiliaires (y compris le courant de retour de la ligne de train); valeurs des filtres, cheminement du courant de retour, interaction entre éléments du circuit de puissance;
- circuits de commande de la traction et des auxiliaires; fréquences de découpage, techniques de commande matériel et logiciel, capteurs de mesure, détection des défauts;
- équipements de captage, distance entre ces équipements;
- modules de surveillance des courants d'interférence et autres équipements pouvant être utilisés pour surveiller les paramètres relatifs aux interférences vis-à-vis de la signalisation;
- champs magnétiques produits par les matériels;
- exigences minimales vis-à-vis de la maintenance;
- conditions opérationnelles différentes et modes dégradés de fonctionnement où les éléments cités peuvent se modifier.

Annexe D (informative)

Alimentations de traction à courant continu

D.1 Généralités

Une sous-station à courant continu convertit le courant alternatif d'un réseau public de distribution en courant continu au moyen d'un transformateur et d'un convertisseur (généralement un redresseur) associé parfois à un filtre.

La Figure D.1 montre le matériel roulant et la sous-station d'alimentation.

Le courant de traction qui circule dans les rails contient des courants d'interférence générés par le matériel roulant et par le système d'alimentation, comme cela est décrit ci-après.

D.2 Courants d'interférence générés par le matériel roulant

La Figure D.2 donne un schéma équivalent pour les courants d'interférence circulant depuis le matériel roulant, considéré comme une source de courant, jusqu'à la sous-station, considérée comme un récepteur, par la caténaire et le circuit de retour. La valeur maximale du courant d'interférence dépend des paramètres suivants:

- ondulation du courant généré par le matériel roulant,
- caractéristiques du filtre d'entrée du matériel roulant,
- impédance du filtre de la sous-station (= 0 si inexistant),
- impédance des autres matériels roulants,
- impédance de la caténaire ou du troisième rail,
- impédance du système de retour traction.

D.3 Courants d'interférence générés par le système d'alimentation de traction

La Figure D.3 donne un schéma équivalent pour les courants d'interférence circulant depuis la sous-station, considérée comme générateur, jusqu'au matériel roulant, considéré comme récepteur.

La valeur maximale du courant d'interférence dépend des paramètres suivants:

- caractéristiques du filtre de la sous-station;
- ondulation de tension générée par le convertisseur de la sous-station (la totalité de cette ondulation se retrouvant à la sortie de la sous-station s'il n'y a pas de filtre);
- impédance d'entrée du matériel roulant;
- impédance de la caténaire ou du troisième rail,
- impédance du système de retour traction.

L'ondulation de tension générée par le convertisseur de la sous-station est principalement due:

- au système de distribution public de l'électricité (déséquilibres de tension, coupures de tension, harmoniques générés par les autres consommateurs, etc.). Les limites de ces perturbations sont données dans des normes ou des règlements tels que l'EN 50160,
- au transformateur ,
- au convertisseur.

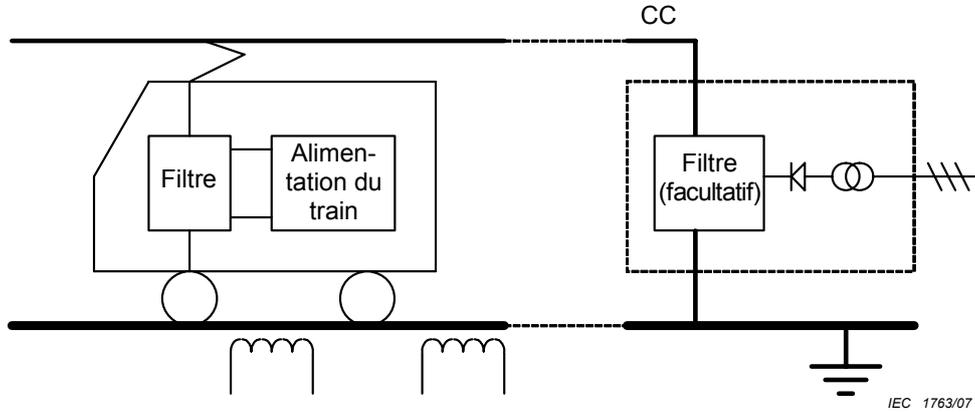


Figure D.1 – Matériel roulant avec alimentation en courant continu

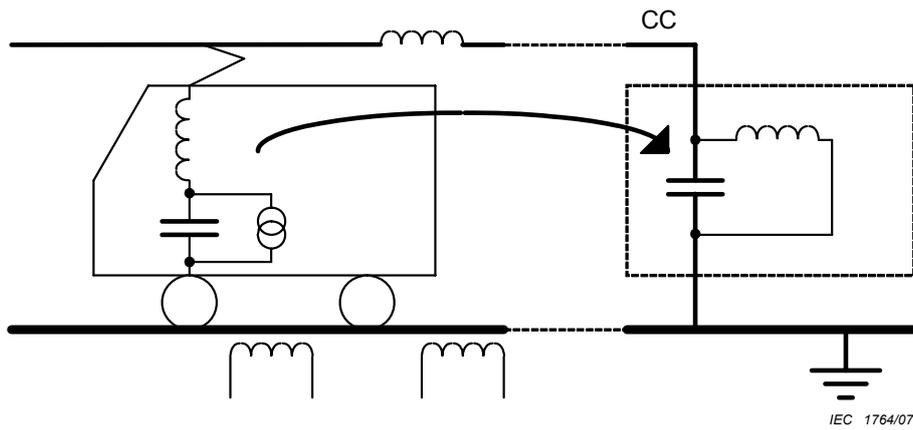


Figure D.2 – Circulation des courants d'interférence générés par le matériel roulant

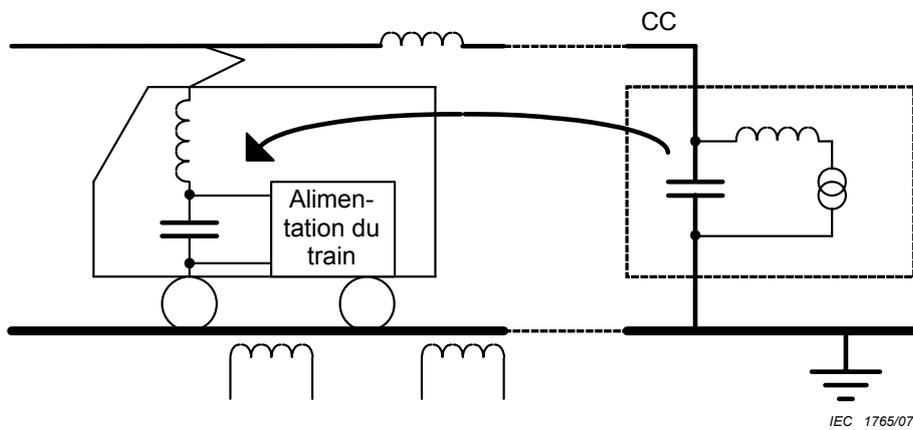


Figure D.3 – Circulation des courants d'interférence générés par la sous-station

Annexe E (informative)

Alimentations de traction à courant alternatif

E.1 Généralités

Une sous-station à courant alternatif alimente en courant alternatif à partir du réseau public de distribution soit directement soit au moyen d'un transformateur avec ou sans convertisseur(s) de puissance en fonction de la nécessité de changer la fréquence ou de compenser la puissance réactive, associée parfois à un filtre.

La Figure E.1 représente le matériel roulant et la sous-station d'alimentation sans convertisseurs de puissance et la Figure E.2 représente le cas avec convertisseur(s) de puissance.

Le courant de traction qui circule dans les rails contient des courants d'interférence générés par le matériel roulant et par le système d'alimentation, comme cela est décrit ci-après.

E.2 Courants d'interférence générés par le matériel roulant

La Figure E.3 donne un schéma équivalent pour les courants d'interférence circulant depuis le matériel roulant, considéré comme une source de courant, jusqu'à la sous-station, considérée comme un récepteur, par la caténaire et le circuit de retour. La valeur maximale du courant d'interférence dépend des paramètres suivants:

- les courants harmoniques générés par le matériel roulant,
- les caractéristiques du filtre d'entrée du matériel roulant,
- l'impédance du filtre de la sous-station (= 0 si inexistant),
- l'impédance des autres matériels roulants,
- l'impédance de la caténaire ou du troisième rail,
- l'impédance du système de retour traction.

E.3 Courants d'interférence générés par le système d'alimentation de traction

Il convient que les courants d'interférence générés par le système d'alimentation de traction soient pris en compte uniquement dans le cas où des convertisseurs de puissance sont utilisés. La Figure E.4 donne un schéma équivalent pour les courants d'interférence circulant depuis la sous-station, considérée comme générateur, jusqu'au matériel roulant, considéré comme récepteur.

La valeur maximale du courant d'interférence dépend des paramètres suivants:

- les caractéristiques du filtre de la sous-station,
- la tension harmonique générée par le convertisseur de la sous-station - la totalité de cette tension harmonique se retrouvant à la sortie de la sous-station s'il n'y a pas de filtre,
- l'impédance d'entrée du matériel roulant,
- l'impédance de la caténaire ou du troisième rail,
- l'impédance du système de retour traction.

La tension harmonique générée par le convertisseur de la sous-station est principalement due:

- au système de distribution public de l'électricité (déséquilibres de tension, coupures de tension, harmoniques générés par les autres consommateurs, etc.). Les limites de ces perturbations sont données dans des normes ou des règlements tels que l'EN 50160,
- au transformateur,
- au convertisseur.

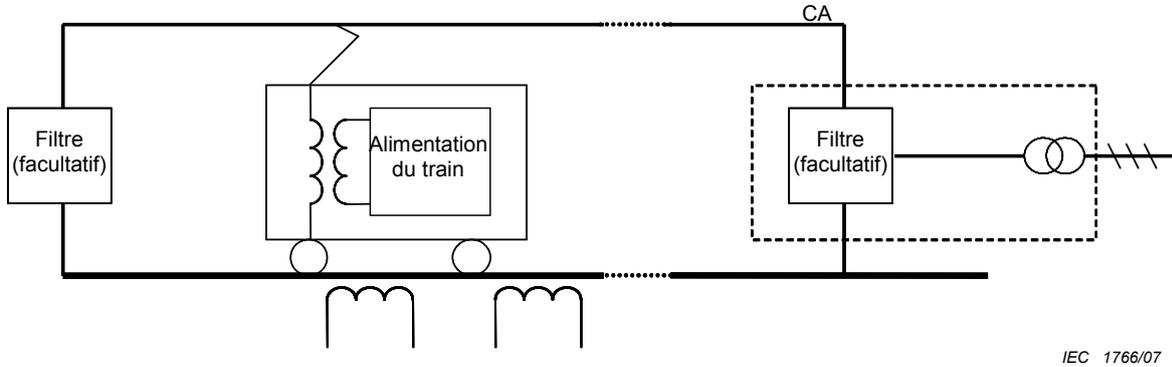


Figure E.1 – Matériel roulant et alimentation en courant alternatif sans convertisseur de puissance

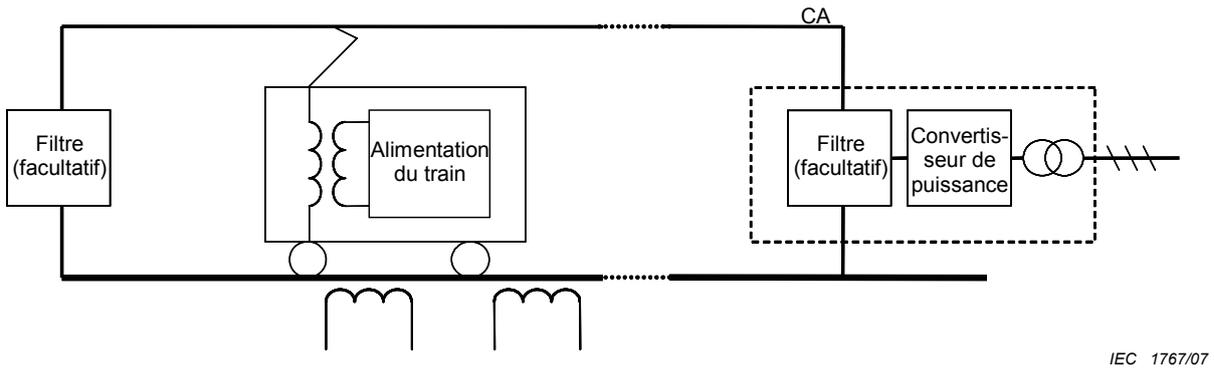


Figure E.2 – Matériel roulant et alimentation en courant alternatif avec convertisseur de puissance

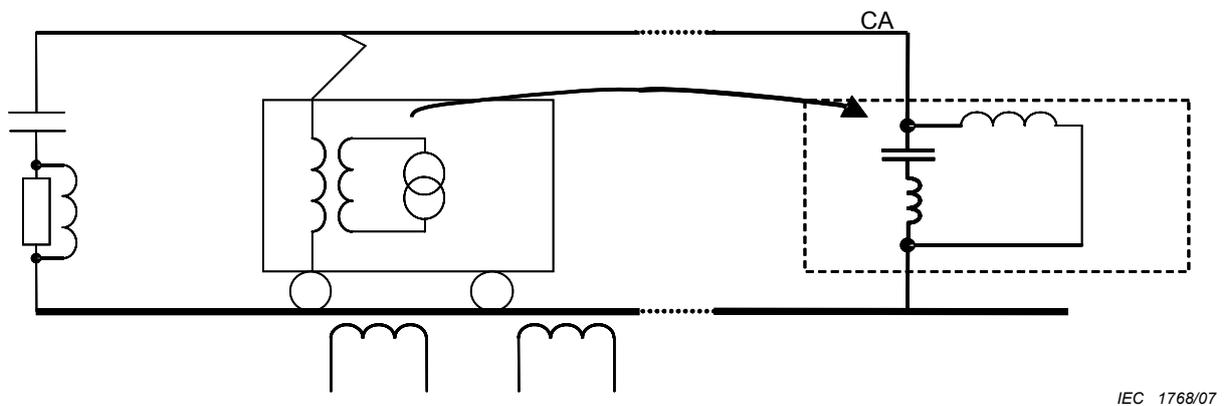
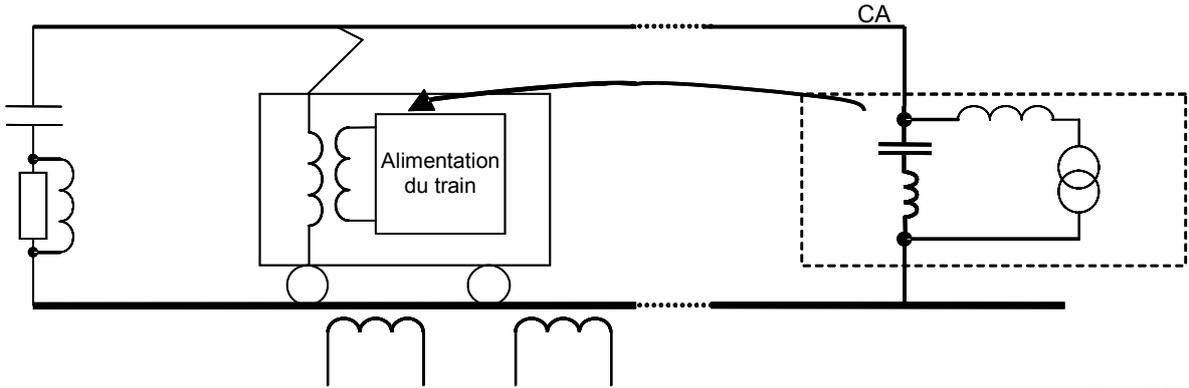


Figure E.3 – Circulation des courants d'interférence générés par le matériel roulant



IEC 1769/07

Figure E.4 – Circulation des courants d’interférence générés par la sous-station

Bibliographie

CEI 62236 (toutes les parties), *Applications ferroviaires – Compatibilité électromagnétique*

ORE B108/1, *Unification of air-conditioning and electrical equipment in coaches*

UIC 737-3, *Utilisation des thyristors en technique ferroviaire: disposition pour éviter les dérangements des installations de signalisation*

UIC 550, *Installations pour l'alimentation en énergie électrique du matériel à voyageurs*

EN 50160, *Caractéristiques de tension fournies par les réseaux de distribution publique*

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
P.O. 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