

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62128-2

Première édition
First edition
2003-02

**Applications ferroviaires –
Installations fixes –**

**Partie 2:
Mesures de protection contre les effets
des courants vagabonds issus de la traction
électrique à courant continu**

**Railway applications –
Fixed installations –**

**Part 2:
Protective provisions against the effects
of stray currents caused by d.c. traction
systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62128-2:2003

Numérotation des publications

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

Editions consolidées

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

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Service clients

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

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

Publication numbering

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

Consolidated editions

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

Further information on IEC publications

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

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

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

- IEC Just Published

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

- Customer Service Centre

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

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62128-2

Première édition
First edition
2003-02

**Applications ferroviaires –
Installations fixes –**

**Partie 2:
Mesures de protection contre les effets
des courants vagabonds issus de la traction
électrique à courant continu**

**Railway applications –
Fixed installations –**

**Part 2:
Protective provisions against the effects
of stray currents caused by d.c. traction
systems**

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

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Généralités	18
5 Système d'alimentation de traction	20
6 Système de voie.....	20
6.1 Système de rail.....	20
6.2 Autres parties du système de voie.....	24
7 Structures influencées.....	26
7.1 Généralités	26
7.2 Structures de tunnel.....	26
7.3 Ponts, viaducs et plates-formes de voie renforcées.....	28
7.4 Dépôts et ateliers.....	28
7.5 Câbles, canalisation et alimentation de l'extérieur.....	30
8 Méthodes de protection appliquées aux structures métalliques.....	30
 Annexe A (informative) Mesure de la conductance par unité de longueur des rails de roulement.....	32
Annexe B (informative) Exemples de méthodes de protection appliquées aux structures métalliques.....	40
Annexe C (informative) Estimation de la tension longitudinale dans des structures ferroviaires en béton armé.....	44
 Bibliographie	46
 Figure A.1 – Mesure de la résistance du rail pour un rail de 10 m de longueur.....	34
Figure A.2 – Dispositif de mesure de la conductance par unité de longueur G'_{RT} entre les rails et le tunnel.....	36
Figure A.3 – Détermination de la conductance par unité de longueur G'_{RE} pour des sections de voie en plein air	38
Figure B.1 – Drainage électrique polarisé	40
Figure B.2 – Drainage forcé.....	40
Figure B.3 – Protection cathodique de courant imposé.....	42
 Tableau 1 – Conductance par unité de longueur recommandée G' pour des sections à voie unique.....	22

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 General	19
5 Traction power supply system	21
6 Track system	21
6.1 Rail system	21
6.2 Other parts of the track system	25
7 Influenced structures	27
7.1 General	27
7.2 Tunnel structures	27
7.3 Bridges, viaducts and reinforced trackbed	29
7.4 Depots and workshops	29
7.5 Cables, pipework and power supply from outside	31
8 Protection methods applied to metallic structures	31
Annex A (informative) Measurement of the conductance per unit length of the running rails	33
Annex B (informative) Examples for protection methods applied to metallic structures	41
Annex C (informative) Estimation of the longitudinal voltage in reinforced concrete railway structures	45
Bibliography	47
Figure A.1 – Measurement of the rail resistance for a rail of 10 m length	35
Figure A.2 – Measuring arrangement for the conductance per unit length G'_{RT} between rails and tunnel	37
Figure A.3 – Determination of the conductance per unit length G'_{RE} for track sections in open air	39
Figure B.1 – Polarised electric drainage	41
Figure B.2 – Forced drainage	41
Figure B.3 – Impressed current cathodic protection	43
Table 1 – Recommended conductance per unit length G' for single track sections	23

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES –

Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62128-2 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériel électrique ferroviaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/719/FDIS	9/736/RVD

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

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

La CEI 62128 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Applications ferroviaires – Installations fixes*:

Partie 1: Mesures de protection relatives à la sécurité électrique et à la mise à la terre

Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
FIXED INSTALLATIONS –****Part 2: Protective provisions against the effects
of stray currents caused by d.c. traction systems**

FOREWORD

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

International Standard IEC 62128-2 has been prepared by IEC technical committee 9: Electric railway equipment.

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

FDIS	Reports on voting
9/719/FDIS	9/736/RVD

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

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

IEC 62128 consists of the following parts, under the general title *Railway applications – Fixed installations*:

Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing

Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2008. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62128-2:2003

Withd 2003

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2008. At this date, the publication will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62128-2:2003

Withdrawn

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES –

Partie 2: Mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus de la traction électrique à courant continu

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62128 spécifie les prescriptions relatives aux mesures de protection contre les effets des courants vagabonds issus du fonctionnement des systèmes de traction à courant continu.

L'expérience acquise depuis de nombreuses années n'ayant pas démontré d'effets corrosifs évidents dus aux systèmes de traction à courant alternatif et les recherches actuelles n'étant pas terminées, la présente norme traite uniquement des courants vagabonds issus des systèmes de traction à courant continu.

La présente norme s'applique à toutes les installations fixes métalliques qui font partie du système de traction ainsi qu'à tout autre composant métallique placé au sol quelle que soit sa position et qui peut transporter des courants vagabonds issus de l'exploitation du réseau ferroviaire.

La présente norme s'applique à toute nouvelle électrification d'un réseau ferroviaire à courant continu. Ses principes peuvent également s'appliquer aux systèmes électrifiés existants lorsqu'il est nécessaire de tenir compte des effets des courants vagabonds.

La gamme d'application comprend:

- les voies ferrées;
- les systèmes de transport en commun guidés tels que: les tramways, les chemins de fer aériens et souterrains, les chemins de fer de montagne, les systèmes de trolleybus et les systèmes à sustentation magnétique;
- les systèmes de transport de marchandises.

La présente norme ne s'applique pas:

- a) aux systèmes de traction miniers utilisés dans les mines souterraines;
- b) aux grues, transbordeurs et équipements similaires sur rail, aux structures provisoires (par exemple des structures pour expositions) dans la mesure où ces équipements ne sont pas directement alimentés par le système de lignes de contact et ne sont pas menacés par le système d'alimentation de traction;
- c) aux téléphériques, télécabines;
- d) aux funiculaires;
- e) aux travaux de maintenance.

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).

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS –

Part 2: Protective provisions against the effects of stray currents caused by d.c. traction systems

1 Scope

This part of IEC 62128 specifies requirements for protective provisions against the effects of stray currents which result from the operation of d.c. traction systems.

As the experience of several decades has not shown evident corrosion effects from a.c. traction systems and actual investigations are not completed, this standard only deals with stray currents flowing from a d.c. traction system.

This standard applies to all metallic fixed installations which form part of the traction system, and also to any other metallic components located in any position in the earth, which may carry stray currents resulting from the operation of the railway system.

This standard applies to all new electrification of a d.c. railway system. The principles may also be applied to existing electrified systems where it is necessary to consider the effects of stray currents.

The range of application includes:

- railways;
- guided mass transport systems such as: tramways, elevated and underground railways, mountain railways, trolleybus systems and magnetic levitated systems;
- material transportation systems.

This standard does not apply to:

- a) mine traction systems in underground mines;
- b) cranes, transportable platforms and similar transportation equipment on rails, temporary structures (for example exhibition structures) in so far as these are not supplied directly from the contact line system and are not endangered by the traction power supply system;
- c) suspended cable cars;
- d) funicular railways;
- e) maintenance work.

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.

CEI 60050-826, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 826: Installations électriques des bâtiments*

CEI 62128-1, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Partie 1: Mesures de protection relatives à la sécurité électrique et à la mise à la terre*

ISO/CD 15589, *Industries du pétrole et du gaz naturel – Protection cathodique pour systèmes de transport par conduites*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 62128, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1

courant vagabond

courant qui suit des itinéraires autres que les itinéraires prévus

3.2

zone de courant vagabond

zone dans laquelle des courants peuvent être échangés entre un système de traction à courant continu et des structures métalliques ou la terre

NOTE Il est admis qu'une zone de courant vagabond s'étende sur une distance de quelques kilomètres.

3.3

corrosion

réaction chimique ou électrochimique d'un métal avec son environnement, entraînant sa dégradation ou sa destruction progressive

NOTE La présente norme traite de la corrosion par réaction électrochimique.

3.4

protection cathodique

méthode de protection d'un métal contre les attaques dues à la corrosion en faisant circuler un courant continu de son environnement électrolytique dans l'ensemble de la surface du métal

3.4.1

drainage électrique polarisé

drainage polarisé

forme de drainage des courants vagabonds dans laquelle la connexion entre une structure protégée et un système de traction comprend un ou plusieurs dispositifs unidirectionnels tels qu'un redresseur ou un relais et un contacteur

3.4.2

drainage forcé

forme de drainage dans laquelle la connexion entre une structure protégée et un système de traction comprend une source de courant continu indépendante

3.4.3

installation à courant imposé

redresseur ou autre source de courant continu alimentant une structure protégée afin d'obtenir le potentiel de protection nécessaire

3.5

potentiel de protection

niveau le plus négatif auquel le potentiel d'une structure métallique, par rapport à une électrode de référence spécifiée dans un environnement électrolytique, doit être abaissé pour assurer une protection cathodique de la structure

IEC 60050-826, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 826: Electrical installations of buildings*

IEC 62128-1, *Railway Applications – Fixed installations – Part 1: Protective provisions relating to electrical safety and earthing*

ISO/CD 15589, *Petroleum and natural gas industries – Cathodic protection for pipeline transportation systems*

3 Definitions

For the purposes of this part of IEC 62128, the following definitions apply:

3.1

stray current

current which follows paths other than the intended paths

3.2

stray current zone

zone in which currents may be exchanged between a d.c. traction system and metallic structures or earth

NOTE Such a stray current zone may extend over a distance of a few kilometres.

3.3

corrosion

chemical or electrochemical reaction of a metal with its environment, resulting in its progressive degradation or destruction

NOTE This standard deals with corrosion by electrochemical reaction.

3.4

cathodic protection

method to protect a metal from corrosive attack by causing a direct current to flow from its electrolytic environment into the entire metal surface

3.4.1

polarised electric drainage

polarised drainage

form of drainage of stray currents in which the connection between a protected structure and a traction system includes a unidirectional device or devices such as a rectifier or a relay and contactor

3.4.2

forced drainage

form of drainage in which the connection between a protected structure and a traction system includes an independent source of direct current

3.4.3

impressed current installation

rectifier or other d.c. source supplying direct current to a protected structure in order to achieve the necessary protection potential

3.5

protection potential

most negative level to which the potential of a metallic structure, with respect to a specified reference electrode in an electrolytic environment, has to be depressed in order to effect cathodic protection of the structure

3.6

circuit de retour

ensemble des conducteurs qui constituent l'itinéraire prévu pour le courant de retour de traction et le courant dans des conditions de défaut

NOTE Les conducteurs peuvent être par exemple:

- les rails de roulement;
- les rails de retour de courant;
- les conducteurs de retour;
- les câbles de retour.

3.7

système à retour par la voie

système dans lequel les rails de roulement de la voie constituent une partie du circuit de retour

3.8

conducteur de retour

conducteur acheminé parallèlement à la voie et relié aux rails de roulement à intervalles réguliers

3.9

rail de retour de courant

rail de contact utilisé pour le courant de retour de traction en lieu et place des rails de roulement

3.10

câble de retour

conducteur de retour isolé faisant partie du circuit de retour et reliant le reste du circuit de retour à la sous-station

3.11

barre collectrice du câble de retour

barre collectrice située dans les sous-stations et à laquelle se terminent les câbles de retour

3.12

sous-station (de traction) à courant continu

installation dont la principale fonction est d'alimenter un système de ligne de contact et dans laquelle la tension d'un système d'alimentation primaire est convertie à la tension de la ligne de contact

3.13

courant de retour de traction

somme des courants de traction retournant à la source d'alimentation

NOTE Il est admis que la source d'alimentation soit un véhicule régénérateur.

3.14

connexion électrique de rails

conducteur ayant pour but d'assurer la continuité électrique des rails au droit d'un joint

3.15

éclisse isolante

joint mécanique des rails les séparant galvaniquement dans le sens longitudinal

3.16

connexion croisée inter-rails

connexion électrique qui relie les rails de roulement de la même voie

3.6**return circuit**

all conductors which form the intended path for the traction return current and the current under fault conditions

NOTE The conductors may be for example:

- running rails;
- return conductor rails;
- return conductors;
- return cables.

3.7**track return system**

system in which the running rails form a part of the return circuit

3.8**return conductor**

conductor, which parallels the track and which is connected to the running rails at periodic intervals

3.9**return conductor rail**

conductor rail used instead of the running rails for the traction return current

3.10**return cable**

insulated return conductor forming part of the return circuit and connecting the rest of the return circuit to the substation

3.11**return cable busbar**

busbar in substations at which return cables terminate

3.12**d.c. (traction) substation**

installation the main function of which is to supply a contact line system, at which the voltage of a primary supply system is converted to the voltage of the contact line

3.13**traction return current**

sum of the traction currents returning to the supply source

NOTE The supply source may be a regenerating vehicle.

3.14**rail joint bond**

conductor ensuring the electrical continuity of a rail at a joint

3.15**insulated rail joint**

mechanical rail joint which longitudinally separates the rail electrically

3.16**rail-to-rail cross bond**

electrical bond that interconnects the running rails of the same track

3.17

connexion croisée inter-voies

connexion électrique qui relie des voies entre elles

3.18

terre

masse conductrice de la terre, dont le potentiel électrique en chaque point est pris, par convention, égal à zéro

[VEI 826-04-01]

3.19

prise de terre

corps conducteur, ou ensemble de corps conducteurs en contact intime avec le sol et assurant une liaison électrique avec celui-ci

[VEI 826-04-02]

3.20

terre de tunnel

interconnexion électrique des tiges de renfort de tunnels en béton armé et, dans le cas d'autres modes de construction, interconnexion conductrice des parties métalliques du tunnel

3.21

terre de structure

interconnexion électrique des tiges de renfort de structures et, dans le cas d'autres modes de construction, interconnexion conductrice des parties métalliques

NOTE Les structures ferroviaires armées telles que ponts, viaducs et plates-formes de voie renforcées en sont des exemples.

3.22

résistance rail-terre

résistance électrique entre les rails de roulement et la terre

NOTE 1 Pour des systèmes de traction à courant continu en tunnel, la mesure est effectuée entre les rails de roulement et la terre du tunnel.

NOTE 2 Sauf indication contraire et explicite, dans la présente norme, la résistance rail-terre fait référence à une installation à voie unique.

3.23

conductance par unité de longueur

valeur inverse de la résistance rail-terre par unité de longueur

NOTE Sauf indication contraire et explicite, dans la présente norme, la conductance par unité de longueur fait référence à une installation à voie unique.

3.24

liaison équipotentielle

liaison électrique mettant au même potentiel, ou à des potentiels voisins, des masses et des éléments conducteurs

[VEI 826-04-09]

3.25

conducteur d'équipotentialité

conducteur de protection assurant une liaison équipotentielle

[VEI 826-04-10]

3.17**track-to-track cross bond**

electrical bond that interconnects tracks

3.18**earth**

conductive mass of the earth, whose electric potential at any point is conventionally taken as zero

[IEV 826-04-01]

3.19**earth electrode**

conductive part or a group of conductive parts in intimate contact with and providing an electrical connection with the earth

[IEV 826-04-02]

3.20**tunnel earth**

electrical interconnection of the reinforcing rods of reinforced concrete tunnels, and in the case of other modes of construction, the conductive interconnection of the metallic parts of the tunnel

3.21**structure earth**

electrical interconnection of the reinforcing rods of structures, and in the case of other modes of construction, the conductive interconnection of the metallic parts

NOTE Examples are reinforced railway structures such as bridges, viaducts and reinforced track beds.

3.22**rail to earth resistance**

electrical resistance between the running rails and the earth

NOTE 1 For d.c. traction systems in tunnels, the measurement is made between the running rails and tunnel earth.

NOTE 2 In this standard, the rail to earth resistance refers to a single-track installation, unless otherwise explicitly specified.

3.23**conductance per unit length**

reciprocal value of the rail to earth resistance per unit of length

NOTE In this standard, the conductance per unit length refers to a single-track installation, unless otherwise explicitly specified.

3.24**equipotential bonding**

electrical connection putting various exposed conductive parts and extraneous conductive parts at a substantially equal potential

[IEV 826-04-09]

3.25**equipotential bonding conductor**

protective conductor for ensuring equipotential bonding

[IEV 826-04-10]

3.26

potentiel du rail

tension apparaissant dans des conditions d'exploitation, lorsque les rails de roulement sont utilisés pour transporter le courant de retour de traction ou, dans des conditions de défaut, entre les rails de roulement et la terre

3.27

tension de contact (équivalente)

tension apparaissant, dans des conditions de défaut, entre des parties touchées simultanément

NOTE La valeur de la tension de contact équivalente peut être substantiellement affectée par l'impédance de la personne en contact avec ces parties.

3.28

tension accessible

dans des conditions d'exploitation, partie du potentiel du rail qui peut être pontée par des personnes, le trajet conducteur étant conventionnellement d'une main aux deux pieds à travers le corps ou d'une main à l'autre (distance horizontale d'un mètre par rapport à une partie accessible)

3.29

plate-forme fermée

zone où le niveau supérieur des rails de roulement est au même niveau que la surface

3.30

plate-forme ouverte

zone où les rails de roulement sont posés au-dessus de la surface

3.31

autorité ferroviaire

personne ou organisme qui possède ou est responsable de la gestion globale de l'infrastructure ferroviaire concernée

3.32

validation

processus démontrant par des essais et des analyses que le système considéré satisfait à tous égards aux spécifications relatives au dit système

3.33

vérification

processus destiné à déterminer pour chaque phase du cycle de vie de sécurité que le produit résultant satisfait à tous égards aux objectifs et prescriptions établis pour la phase spécifique, comme par exemple une traçabilité proactive depuis la spécification des besoins en passant par chaque étape de la documentation de conception jusqu'à la conception finale

NOTE Il est admis que la vérification comprenne des essais.

3.34

mise à la terre

connexion des parties conductrices à une prise de terre appropriée

3.35

mise à la terre du système de traction ouvert

connexion des parties conductrices au système à retour par la voie ou connexion du système à retour par la voie à la terre au moyen d'un dispositif de limitation de la tension ou par des disjoncteurs, qui réalise une liaison conductrice soit temporaire soit permanente si la valeur limite de la tension est dépassée

3.26**rail potential**

voltage occurring under operating conditions when the running rails are utilised for carrying the traction return current, or under fault conditions, between running rails and earth

3.27**(effective) touch voltage**

voltage under fault conditions between parts when touched simultaneously

NOTE The value of the effective touch voltage may be appreciably influenced by the impedance of the person in contact with these parts.

3.28**accessible voltage**

that part of the rail potential under operating conditions which can be bridged by persons, the conductive path being conventionally from hand to both feet through the body or from hand to hand (horizontal distance of 1 m to a touchable part)

3.29**closed formation**

area where the top of the running rails is at the same level as the surface

3.30**open formation**

area where the running rails are laid above the surface

3.31**railway authority**

person or organisation who owns or is responsible for the overall management of the relevant railway infrastructure

3.32**validation**

process of demonstrating by test and analysis that the system under consideration meets in all respects the specification for that system

3.33**verification**

process of determining for each phase of the safety lifecycle that the output meets in all respects the objectives and requirements set for the specific phase, for example, forward traceability from the requirements specification through each stage of the design documentation to the final design

NOTE Verification may include testing.

3.34**earthing**

connection of conductive parts to an appropriate earth electrode

3.35**open traction system earthing**

connection of conductive parts to the track return system or the track return system to earth by a voltage-limiting device or by circuit-breakers, which make a conductive connection either temporarily or permanently if the limited value of the voltage is exceeded

4 Généralités

4.1 Les systèmes de traction à courant continu peuvent générer des courants vagabonds qui pourraient nuire aux équipements dans ou hors de l'emprise de la voie ferrée. Afin de déterminer l'étendue du problème, une étude d'évaluation doit être menée en coopération avec les parties intéressées. Les résultats de cette étude seront utiles à l'étape de conception afin d'établir une gamme optimale de solutions pour tout effet identifiable. Toute disposition adoptée pour contrôler les effets des courants vagabonds doit faire l'objet d'une validation et d'une vérification conformément aux dispositions de la présente norme. Si aucun effet/remède spécifique n'est déterminé, la mise en place d'un système régulier de vérification doit être envisagée.

Toutes les connexions aux systèmes à retour par la voie doivent être approuvées par les autorités ferroviaires.

Des mesures de protection contre les chocs électriques doivent être prioritaires par rapport aux dispositions contre les effets des courants vagabonds. Se reporter à la CEI 62128-1.

NOTE Les principaux effets des courants vagabonds peuvent être les suivants:

- corrosion avec endommagement des structures métalliques aux endroits où les courants vagabonds quittent les structures métalliques;
- risque de surchauffe, d'amorçage d'arc, d'incendie et les dangers qui en résultent pour les équipements et les personnes qui ne sont pas nécessairement sous la responsabilité directe des autorités ferroviaires;
- influence sur les systèmes non protégés de signalisation et de communication;
- influence sur les installations de protection cathodique indépendantes;
- influence sur les systèmes d'alimentation à courant continu et à courant alternatif indépendants.

4.2 Les systèmes suivants susceptibles de générer des courants vagabonds doivent être envisagés:

- les systèmes de traction à courant continu utilisant des rails de roulement transportant le courant de retour de traction y compris les sections de voie d'autres systèmes de traction connectées aux voies des systèmes de traction à courant continu;
- les systèmes de trolleybus à courant continu qui partagent la même alimentation avec un système utilisant les rails de roulement transportant le courant de retour de traction;
- les systèmes de traction à courant continu n'utilisant pas de rails de roulement transportant le courant de retour de traction.

4.3 Tous les systèmes susceptibles d'être affectés par des courants vagabonds doivent être considérés, tels que:

- les canalisations métalliques;
- les câbles à blindage métallique et/ou écran métallique;
- les réservoirs et les récipients;
- les systèmes de mise à la terre;
- les constructions en béton contenant du métal;
- les structures métalliques enterrées;
- les installations de protection cathodique indépendantes;
- les systèmes de signalisation et de télécommunication.

4 General

4.1 DC traction systems may cause stray currents which could adversely affect both the railway and/or outside interests. In order to determine the extent of the problem, an assessment study shall be carried out in co-operation with the affected parties. The outcome of this action will assist at the design stage to establish the optimum range of solutions for any identifiable effects. Any provisions adopted to control the effects of stray currents shall be subjected to validation and verification according to the provisions of this standard. If no specific effect/remedy is determined, consideration shall be given to the establishment of a regime of periodical checks.

All connections to the track return systems shall be approved by the railway authority.

Protective provisions against electric shock shall take precedence over provisions against the effects of stray currents. See IEC 62128-1.

NOTE The major effects of stray currents can be:

- corrosion and subsequent damage of the metallic structures where stray currents leave the metallic structures;
- the risk of overheating, arcing and fire and subsequent danger to equipment and persons not necessarily within the railway authority's area of responsibility;
- influence on non-immunised signalling and communication systems;
- influence on unrelated cathodic protection installations;
- influence on unrelated a.c. and d.c. power supply systems.

4.2 The following systems which may produce stray currents shall be considered:

- d.c. traction systems using running rails carrying the traction return current including track sections of other traction systems bonded to the tracks of d.c. traction systems;
- d.c. trolleybus systems which share the same power supply with a system using the running rails carrying the traction return current;
- d.c. traction systems not using running rails carrying the traction return current.

4.3 All systems which may be affected by stray currents shall be considered, such as:

- metallic pipeworks;
- cables with metal armour and/or metal shield;
- tanks and vessels;
- earthing systems;
- concrete constructions containing metal;
- buried metallic structures;
- unrelated cathodic protection installations;
- signalling and telecommunication systems.

5 Système d'alimentation de traction

5.1 Le système d'alimentation de traction, le circuit de retour et le système de mise à la terre doivent faire l'objet d'une étude. Afin de pouvoir évaluer les effets des courants vagabonds, l'étude doit inclure les aspects suivants:

- la distance entre les sous-stations;
- la disposition locale relative entre les sous-stations et les rails de roulement;
- la liaison de circuit de retour;
- l'isolation des rails et autres structures de la terre;
- les mesures correctrices supplémentaires (se reporter aux articles 6 et 7).

5.2 Si nécessaire, la distance entre les sous-stations doit être étudiée et la tension de sortie de chaque sous-station doit être réglée afin de réduire les effets des courants vagabonds.

5.3 Si les trolleybus et les tramways reçoivent leur courant de traction de la même sous-station, l'un des fils de contact du trolley peut être connecté au système à retour par la voie à un ou plusieurs points à condition que le système à retour par la voie assure le passage continu du courant. Dans ce cas, on doit s'assurer que les mesures de protection des tramways prises pour réduire les effets des courants vagabonds, sont toujours suffisantes.

5.4 Les barres collectrices du câble de retour dans les sous-stations et dans des installations similaires doivent être mises en place de manière à être isolées de la terre. Lorsque cela est nécessaire pour des raisons de sécurité, un dispositif automatique de limitation de la tension reliant la barre collectrice du câble de retour et la terre doit être fourni conformément à 7.2.6. Pour les sous-stations dans les dépôts et les ateliers, se reporter à 7.4.

5.5 Les câbles de retour doivent avoir une gaine extérieure isolante. Les conducteurs de retour et les rails de retour de courant doivent être isolés de la terre.

NOTE Lorsqu'il y a risque de dommage mécanique, il convient de prévoir une protection supplémentaire pour les câbles de retour.

6 Système de voie

6.1 Système de rail

NOTE 1 Afin de réduire le courant vagabond généré par un système de traction à courant continu, les dispositions les plus efficaces sont celles qui ont pour but de confiner le courant de retour de traction à l'intérieur de son circuit de retour métallique prévu. Ceci peut être obtenu soit en fournissant un conducteur destiné au courant de retour de traction (quatrième rail), soit, lorsque les rails de roulement sont utilisés comme partie du circuit de retour, en assurant un haut niveau d'isolation des rails de roulement et de l'ensemble du circuit de retour par rapport à la terre. Des améliorations supplémentaires peuvent être obtenues en réduisant la résistance longitudinale du circuit de retour.

NOTE 2 Lorsque la distribution préexistante du courant à la terre représente un problème, il est important d'assurer un haut niveau d'isolation des rails de roulement par rapport à la terre en limitant, grâce aux nouvelles structures ferroviaires, les perturbations de la distribution préexistante du courant à la terre.

6.1.1 Isolation rail-terre

6.1.1.1 Valeurs pour conductance par unité de longueur

Pour des zones où il existe des risques d'effets graves des courants vagabonds, la conductance par unité de longueur doit être suffisamment basse pendant la construction pour pouvoir conserver les valeurs données dans le tableau 1 pendant l'exploitation normale.

5 Traction power supply system

5.1 The traction power supply system, the return circuit and the earthing system shall be considered by a study. In order to allow the assessment of the stray current effects, the study shall include aspects such as:

- distance between the substations;
- relative local disposition between substations and running rails;
- return circuit bonding;
- insulation of the rails and other structures from earth;
- additional corrective provisions (see clauses 6 and 7).

5.2 Where required, the distance between substations shall be considered and the output voltage of individual substations shall be adjusted in order to minimize stray current effects.

5.3 If trolleybuses and tramways receive their traction current from the same substation, one of the trolley contact wires may be connected with the track return system at one or several points provided that the track return system allows the continuous passage of current. In this case, it shall be checked to determine whether the protective provisions for tramways to minimise stray current effects are still sufficient.

5.4 The return cable busbars in substations and similar installations shall be operated so that they are insulated from earth. Where required for safety reasons, an automatic voltage-limiting device to connect between the return cable busbar and earth shall be provided in accordance with 7.2.6. For substations in depots and workshops, see 7.4.

5.5 Return cables shall have an insulating outer sheath. Return conductors and return conductor rails shall be insulated from earth.

NOTE Where mechanical damage is likely, return cables should have an additional protection.

6 Track system

6.1 Rail system

NOTE 1 In order to minimise stray current caused by a d.c. traction system, the most effective provisions are those which aim at confining the traction return current inside their intended metallic return circuit. This can be achieved either by providing a dedicated conductor for the traction return current (fourth rail), or, when the running rails are used as part of the return circuit, by assuring a high level of insulation of the running rails and of the whole return circuit from earth. Additional improvements can be attained by decreasing the longitudinal resistance of the return circuit.

NOTE 2 When pre-existing earth current distribution is a concern, a high level of insulation of the running rails from earth is also important in limiting the disturbance of the pre-existing earth current distribution by the new railway structures.

6.1.1 Rail to earth insulation

6.1.1.1 Values for conductance per unit length

For areas where there is a risk of serious stray current effects, the conductance per unit length shall be sufficiently low during construction so that the values given in Table 1 are maintained during normal operation.

Tableau 1 – Conductance par unité de longueur recommandée G' pour des sections à voie unique

Système de traction	Plein air S/km	Tunnel S/km
Voie ferrée	0,5	0,5
Système de transport en commun en plate-forme ouverte	0,5	0,1
Système de transport en commun en plate-forme fermée	2,5	–

NOTE 1 Les valeurs données dans le tableau 1 sont fondées sur deux rails de roulement par voie.

NOTE 2 Les dispositions pour obtenir les valeurs pour les voies ferrées et les systèmes de transport en commun en plate-forme ouverte et fermée sont:

- un ballast épuré ;
- des traverses en bois ou en béton avec des systèmes de fixation isolés ;
- un espacement adéquat entre les rails de roulement et le ballast ;
- un drainage de l'eau efficace.

NOTE 3 Les dispositions pour obtenir des valeurs améliorées (plus basses) pour les systèmes en plate-forme fermée sont par exemple:

- l'encastrement des rails de roulement dans un lit de résine isolant ;
- l'application de couches isolantes entre les voies et la structure de support.

NOTE 4 Afin de démontrer la conformité avec les valeurs du tableau 1, il convient d'utiliser une méthode de mesure reconnue comme celle donnée dans l'Annexe A.

6.1.1.2 Passages à niveau

Aux passages à niveau où les rails de roulement sont disposés en plate-forme fermée, on doit veiller à éviter d'augmenter de manière significative la conductance par unité de longueur par rapport à la valeur représentative de la voie adjacente.

6.1.1.3 Zones herbeuses

Des dispositions particulières doivent être prises pour les voies situées dans des zones herbeuses afin d'atteindre et de maintenir le niveau d'isolation (conformément au tableau 1).

6.1.1.4 Systèmes à quatrième rail

Dans le cas de systèmes de rail de retour de courant (quatrième rail), les deux rails de contact doivent posséder le niveau d'isolation correspondant aux tensions maximales par rapport à la terre applicables aux rails.

6.1.1.5 Evaluations des courants vagabonds

Lorsque les courants vagabonds doivent être évalués pendant un certain temps, une méthode reconnue doit être utilisée. L'Annexe A présente une méthode de détermination des valeurs de conductance par unité de longueur.

NOTE Pour des mesures successives, il convient d'utiliser la même méthode que celle utilisée pour la première valeur ou la valeur de référence.

6.1.2 Résistance de circuit de retour

La résistance longitudinale du système à retour par la voie doit être faible; les rails doivent donc être soudés ou raccordés par des connexions électriques de rails à faible résistance de sorte que la résistance longitudinale totale des rails n'augmente pas de plus de 5 %.

Table 1 – Recommended conductance per unit length G' for single track sections

Traction system	Open air S/km	Tunnel S/km
Railway	0,5	0,5
Mass transportation system in open formation	0,5	0,1
Mass transportation system in closed formation	2,5	–

NOTE 1 The values given in Table 1 are based on two running rails per track.

NOTE 2 Provisions to achieve the values for railways and mass transportation systems in open and closed formation are:

- clean ballast;
- wooden sleepers or concrete sleepers with insulated fastening systems;
- adequate clearance between running rails and ballast;
- effective water drainage.

NOTE 3 Provisions to achieve the improved (lower) values for closed formation systems are for instance:

- embedding the running rails in an insulating resin bed;
- interposing insulating layers between the tracks and the supporting structure.

NOTE 4 In order to demonstrate compliance with Table 1, a recognised measurement method should be used such as that given in Annex A.

6.1.1.2 Level crossings

At level crossings, where the running rails are laid in a closed formation, care shall be taken to avoid increasing the conductance per unit length significantly above the typical value of the adjoining track.

6.1.1.3 Grassed areas

For tracks in grassed areas, special provisions shall be taken to achieve and maintain the level of insulation (according to Table 1).

6.1.1.4 Fourth rail systems

In the case of return conductor rail systems (fourth rail), both conductor rails shall be effectively insulated from earth at a level commensurate with the maximum voltages to ground that can be applied to the rails.

6.1.1.5 Stray current assessments

When stray current assessments are to be made over a period of time, a recognised method shall be used. Annex A shows a method of determining the value of conductance per unit length.

NOTE Successive measurements should use the same method as used for the first value or the reference value.

6.1.2 Return circuit resistance

The longitudinal resistance of the track return system shall be low; therefore rails shall be welded or connected by rail joint bonds of low resistance such that the overall longitudinal resistance of the rails is not increased by more than 5 %.

NOTE La résistance longitudinale peut être réduite par:

- l'utilisation de rails de roulement de section carrée plus grande;
- la permutation des rails de roulement et/ou des voies (lorsque les conditions de signalisation le permettent);
- des câbles supplémentaires connectés parallèlement aux voies (lorsque les conditions de signalisation le permettent).

6.2 Autres parties du système de voie

6.2.1 Aucune partie du circuit de retour de traction ne doit avoir de connexions conductrices directes avec des installations, des composants ou des structures qui ne sont pas isolés de la terre.

Si la connexion avec un circuit de retour est inévitable pour des raisons de protection contre les chocs électriques, des dispositions doivent être prises pour réduire les effets des courants vagabonds. Celles-ci peuvent être par exemple:

- la mise à la terre d'un système de traction ouvert. Dans ce cas, le dispositif de limitation de la tension doit être conforme aux prescriptions données en 7.2.6;
- l'isolation des équipements ou des composants connectés aux rails de roulement par rapport aux massifs de fondation ou composants qui sont mis à la terre;
- l'isolation de la structure par rapport à la terre.

6.2.2 L'isolation des rails de roulement doit être réalisée en coordination avec d'autres dispositions pour s'assurer que les tensions accessibles dues aux courants de retour de traction et les tensions de contact dues aux courants dans des conditions de défaut ne dépassent pas les valeurs admissibles données dans la CEI 62128-1.

6.2.3 Les équipements et les installations électriques mobiles et fixes qui sont connectés au circuit de retour ne doivent pas être directement alimentés depuis un réseau public basse tension du système TN. (Pour les solutions, se reporter à 6.2.4.3 de la CEI 62128-1.)

6.2.4 Les voies des systèmes de traction à courant continu ne doivent pas avoir de connexions conductrices directes avec les sections de voie d'autres systèmes de traction.

NOTE Les sections de voie d'autres systèmes de traction peuvent, si nécessaire, être connectées dans des cas exceptionnels au circuit de retour si elles satisfont aux prescriptions données en 6.1.

Cependant, pour certaines interfaces, notamment celles qui se situent entre les systèmes de traction à courant continu et les systèmes de traction à courant alternatif, des dispositions supplémentaires doivent être prises pour réduire le courant vagabond de la voie commune qui constitue une partie du circuit de retour pour les deux systèmes.

Toute disposition supplémentaire ne doit pas affecter les autres critères de sécurité, particulièrement les limites de tension accessible et le fonctionnement des protections d'alimentation, les circuits de voie et les systèmes de communication.

6.2.5 Les connexions croisées inter-rails, les connexions croisées inter-voies et les autres connexions susceptibles d'entrer en contact avec la terre doivent être isolées de la terre.

6.2.6 Lorsque des systèmes de traction à courant continu sont situés à proximité de tuyaux ou de câbles enterrés, on doit s'efforcer de maintenir les parties métalliques le plus éloigné possible pour éviter des courants vagabonds.

NOTE A cet effet, une distance minimale de 1 m entre les rails de roulement et les canalisations de câbles enterrés est recommandée.

NOTE The longitudinal resistance can be reduced by:

- use of running rails with a greater square section;
- cross bonding of the running rails and/or the tracks (where signalling considerations allow);
- additional cables connected in parallel with the tracks (where signalling considerations allow).

6.2 Other parts of the track system

6.2.1 No part of the traction return circuit shall have direct conductive connections to installations, components or structures which are not insulated from earth.

If the connection with a return circuit is unavoidable for reasons of protection against electric shock, provisions shall be taken to reduce the stray current effects. These can be for example:

- open traction system earthing. In this case, the voltage-limiting device shall conform to the requirements given in 7.2.6;
- insulation of the equipment or components that are connected to the running rails, relative to foundations or components that are earthed;
- insulation of the structure from earth.

6.2.2 Insulation of the running rails shall be co-ordinated with other provisions to ensure that accessible voltages due to the traction return currents and touch voltages due to currents under fault conditions do not exceed the admissible values given in IEC 62128-1.

6.2.3 Stationary and portable electrical installations and equipment which are connected to the return circuit shall not be supplied directly from a public low-voltage network of the TN system. (For solutions, see 6.2.4.3 of IEC 62128-1).

6.2.4 The tracks of d.c. traction systems shall not have any direct conductive connection to track sections of other traction systems.

NOTE Track sections of other traction systems can, if necessary, be connected in special cases to the return circuit if they fulfil the requirements given in 6.1.

However at certain interfaces, particularly those between a.c. and d.c. traction systems, additional provisions shall be made in order to minimise stray current from the common track that forms part of the return circuit for both systems.

Any additional provisions shall not affect other safety criteria, particularly accessible voltage limits, and the operation of power supply protection, track circuits and communication systems.

6.2.5 Rail-to-rail cross bonds, track-to-track cross bonds and other bonds which may come in contact with earth shall be insulated from earth.

6.2.6 Where d.c. traction systems approach buried pipes or cables, efforts shall be made to ensure that the metal parts are kept as far away as practicable to avoid stray currents.

NOTE A minimum distance of 1 m between running rails and cables pipes laid in the soil has been found to be adequate for this purpose.

7 Structures influencées

7.1 Généralités

La résistance entre les structures conductrices qui ne sont pas isolées de la terre et le système à retour par la voie doit être élevée. En particulier, une connexion directe n'est pas permise sauf dans le cas de dépôts ou d'ateliers (se reporter à 7.4). Une connexion directe à la terre peut être également autorisée dans certains systèmes industriels avec une traction à courant continu, en tenant compte des conditions ambiantes particulières.

7.2 Structures de tunnel

7.2.1 Dans une structure de tunnel comprenant des composants conducteurs, il peut être nécessaire de prendre des dispositions pour limiter les effets possibles des courants vagabonds. Les prescriptions pour la protection contre les chocs électriques doivent être prises en compte.

NOTE Les dispositions pour réduire les effets des courants vagabonds dans les structures de tunnel avec des composants conducteurs peuvent dépendre des conditions suivantes:

- si la source prédominante du courant vagabond est à l'intérieur ou à l'extérieur du tunnel;
- si la priorité est de protéger les structures métalliques du tunnel ou de protéger d'autres structures métalliques externes au tunnel et à la voie ferrée.

7.2.2 A la sortie des tunnels où les courants vagabonds affectent sérieusement les structures renforcées selon les critères de la note 1 de 7.2.3, des échisses isolantes doivent être installées sur chaque rail de roulement. Dans ce cas, une alimentation de traction du tunnel indépendante est nécessaire et la caténaire du tunnel doit être séparée électriquement de celle située à l'extérieur du tunnel.

7.2.3 Pour des tunnels à structures en béton armé ou autres structures conductrices, il est possible que des courants vagabonds circulent dans de telles structures et par voie de conséquence influencent d'autres structures conductrices à l'extérieur du tunnel. Dans ce cas, les effets d'une telle influence doivent être réduits au moyen de liaisons équipotentielles dans la partie basse de chaque section du tunnel ou d'autres structures conductrices. A cet effet, un nombre suffisant de barres de renfort, de mâts reliés ensemble, d'autres parties de structures conductrices et si nécessaire de conducteurs supplémentaires de section efficace appropriée posés dans le tunnel, doit être utilisé.

NOTE 1 Les mesures directes des courants vagabonds n'étant pas réalisables, le potentiel des structures par rapport à la terre est pris pour l'évaluation. L'expérience a montré qu'il n'y avait aucun problème si la valeur moyenne du déplacement du potentiel aux heures de plus grand trafic ne dépasse pas +100 mV.

Afin d'éviter les effets inadmissibles des courants vagabonds au niveau de la structure du tunnel et des structures à l'extérieur du tunnel, il convient de calculer la tension longitudinale entre deux points quelconques de la structure du tunnel. Pour des exemples de calculs, se reporter à l'Annexe C. Il s'agit d'une procédure conservatrice qui assure que les valeurs réelles du potentiel du tunnel par rapport à la terre seront plus basses.

NOTE 2 Dans des cas particuliers, certaines sections de tunnel peuvent ne pas avoir de liaison équipotentielle avec le reste du tunnel. La liaison équipotentielle des autres sections du tunnel peut être obtenue au moyen d'un câble isolé s'étendant sur la section séparée du tunnel.

NOTE 3 Il est possible, uniquement pour des courants vagabonds, d'obtenir une conductivité électrique adéquate des barres de renfort au moyen d'une connexion par enroulement conventionnelle.

7.2.4 Dans des zones où l'influence des courants vagabonds sur des structures à l'extérieur du tunnel n'est pas significative et lorsque qu'une valeur suffisamment élevée de la résistance rail-terre ne peut être obtenue (du fait de l'humidité ou du ballast insuffisamment épuré), il faut principalement considérer la corrosion des structures métalliques du tunnel.

7 Influenced structures

7.1 General

The resistance between conductive structures which are not insulated from earth and the track return system shall be high. In particular a direct connection is not allowed, except in the case of depots and workshops (see 7.4). A direct connection to earth may also be allowed in certain industrial systems with d.c. traction, taking into consideration the particular surrounding conditions.

7.2 Tunnel structures

7.2.1 In a tunnel structure which incorporates conductive components, it may be necessary to make provisions to limit the possible effects of stray currents. The requirements for protection against electric shock shall be taken into account.

NOTE The provisions to reduce the stray current effects in tunnel structures with conductive components can depend on:

- whether the predominant source of the stray current is internal or external to the tunnel;
- whether the main priority is to protect the tunnel metallic structures, or to protect other metallic structures external to the tunnel and the railway.

7.2.2 At the end of tunnels where stray currents adversely affect reinforced structures according to the criteria of Note 1 of 7.2.3, insulated rail joints shall be installed in each running rail. In this case, a separate tunnel traction power supply is necessary and the overhead contact line of the tunnel shall be electrically segregated from that outside the tunnel.

7.2.3 In the case of tunnels with reinforced concrete structures or other conductive structures, it is possible that stray currents can flow into such structures and from there cause influence to other conductive structures outside the tunnel. In this case, the effect of such influence shall be reduced by means of equipotential bonding in the lower part of the individual tunnel sections or other conductive structures. For this purpose, a sufficient number of reinforcing bars, masts connected together, other conductive structural parts and if necessary, additional conductors of appropriate cross section laid within the tunnel shall be used.

NOTE 1 As a direct measurement of stray currents is impractical, the potential of the structures against earth is taken for the assessment. Experience has shown that there is no cause for concern, if the average value of the potential shift in the hour of highest traffic does not exceed +100 mV.

In order to avoid inadmissible stray current effects in the tunnel structure and in structures outside of the tunnel, the longitudinal voltage between any two points of the tunnel structure should be calculated. As an example for calculation, see Annex C. This is a conservative procedure which ensures that the actual values for the tunnel potential against earth will be lower.

NOTE 2 Individual tunnel sections in particular cases may be excepted from the equipotential bonding of the rest of the tunnel. The equipotential bonding of the other tunnel sections may be achieved by means of an insulated cable extending over the segregated tunnel section.

NOTE 3 For stray current purposes only, it is possible to achieve adequate electrical conductivity of reinforcing bars by means of conventional steel wire wrapping.

7.2.4 In areas where the influence of stray currents on structures outside the tunnel is not significant and when a sufficiently high value of rail to earth resistance cannot be achieved (due to humidity or ballast which is not sufficiently clean), the main consideration shall be the corrosion of the tunnel metallic structures.

Les structures en béton armé du tunnel doivent être divisées en sections longitudinales par des joints isolés lorsque des courants vagabonds d'autres systèmes adjacents peuvent circuler le long de la structure du tunnel, provoquant ainsi une liaison électrique indésirable entre des zones urbaines différentes et très éloignées les unes des autres.

NOTE 1 Si la résistance entre ces structures et la terre est relativement élevée, comme par exemple dans des tunnels en pierre, les structures en béton armé du tunnel peuvent également être divisées en sections longitudinales par des joints isolés.

S'il existe un risque de tension inadmissible entre des parties accessibles simultanément, se reporter à la CEI 62128-1.

Pour les essais, des bornes doivent être prévues entre chaque section au niveau des joints annulaires. Une liaison électrique sûre doit être réalisée entre ces bornes et les barres de renfort longitudinales.

NOTE 2 Normalement, aucune connexion ne sera réalisée entre les bornes des sections adjacentes.

7.2.5 Les renforcements des tunnels en béton armé et en acier et les composants des tunnels en fer ne doivent pas avoir de connexion conductrice avec les canalisations et les câbles situés à l'extérieur du tunnel ou avec le circuit de retour ou tout autre système adjacent non isolé de la terre. Les connexions des renforcements du tunnel à ses propres fils de connexion à la terre sont autorisées afin de satisfaire aux prescriptions de mise à la terre pour des mesures de protection.

7.2.6 Si les dispositifs de limitation de la tension entre le circuit de retour et les composants métalliques de la structure du tunnel sont fournis comme mesure de protection pour prévenir des tensions inadmissibles conformément à la CEI 62128-1, les conditions suivantes doivent être satisfaites:

Si le dispositif de limitation de la tension s'est déclenché, il doit être automatiquement réinitialisé après un maximum de 10 s ou, à défaut, une procédure doit être établie pour consigner et remédier rapidement à la cause d'un tel événement.

Le dispositif de limitation de la tension doit être conçu pour fonctionner, dans des conditions de défaut, avec la valeur envisagée la plus élevée du courant. Une fois fermé, il ne doit pas s'ouvrir tant que ce courant n'est pas revenu à une valeur de sécurité (plus faible que le courant coupé assigné au dispositif).

7.2.7 Dans les structures de tunnel qui ont des connexions conductrices avec les bâtiments adjacents (par exemple les gares ferroviaires, les magasins), le contrôle du potentiel du système à retour par la voie du système de traction à courant continu doit être envisagé de manière à pouvoir détecter l'apparition de connexions conductrices à faible résistance entre le circuit de retour et la structure. Ces connexions doivent être éliminées immédiatement.

7.3 Ponts, viaducs et plates-formes de voie renforcées

Pour de telles structures, les principes doivent être les mêmes que ceux appliqués aux tunnels.

7.4 Dépôts et ateliers

Si, contrairement à la définition générale de 7.1, une connexion directe entre la structure conductrice et le circuit de retour est appropriée, les dispositions suivantes doivent être prises:

Les rails de roulement dans les dépôts ou les ateliers doivent être séparés de la voie principale par des éclisses isolantes et l'alimentation de traction doit être fournie par des redresseurs indépendants ou par d'autres moyens (se reporter à la CEI 62128-1).

Reinforced concrete tunnel structures shall be divided into longitudinal sections by insulated joints in the case where stray currents from other adjacent systems can flow along the tunnel structure, thus causing an undesirable electrical connection between different and very distant city areas.

NOTE 1 If the resistance between these structures and earth is relatively high, for example in rock tunnels, the reinforced concrete tunnel structures may also be divided into longitudinal sections by insulated joints.

If there is any risk of an inadmissible voltage between simultaneously accessible parts, refer to IEC 62128-1.

At ring joints between each section, terminals shall be provided for test purposes. A reliable electrical connection shall be made between these terminals and the longitudinal reinforcing bars.

NOTE 2 Normally, no connection will be made between the terminals of adjacent sections.

7.2.5 The reinforcement of steel-reinforced concrete tunnels and tunnel components in iron materials shall not have any conductive connection to pipes and cables located outside the tunnel or to the return circuit or to any adjacent systems which are not insulated from earth. Connections of the tunnel reinforcement to its own earth leads in order to satisfy earthing requirements for protective provisions is permissible.

7.2.6 If the voltage-limiting devices between the return circuit and the metallic components of the tunnel structure are provided as a protective provision to prevent inadmissible voltages in accordance with IEC 62128-1, the following conditions shall be satisfied:

If the voltage-limiting device has operated, either it shall automatically reset after a maximum of 10 s or, if it is not reset, a procedure shall be established to note and to rectify the cause of such event rapidly.

The voltage-limiting device shall be designed to operate under the highest envisaged value of current under fault conditions. Once closed, it shall not open until this current has reduced to a safe value (lower than the rated breaking current of the device).

7.2.7 In tunnel structures which have conductive connections to adjacent buildings (for example railway stations, shops), consideration shall be given to monitor the potential of the track return system of the d.c. traction system so that appearance of low-resistance conductive connections between the return circuit and the structure can be detected. Such connections shall be removed without delay.

7.3 Bridges, viaducts and reinforced trackbed

For such structures, the same principles shall be applied as for tunnels.

7.4 Depots and workshops

If contrary to the general statement in 7.1, a direct connection between the conductive structure and the return circuit is appropriate, provisions shall be taken as follows:

The running rails in depots or workshops shall be separated from the main line by insulated rail joints and the traction power shall be supplied by separate rectifiers or other means (see IEC 62128-1).

7.5 Câbles, canalisation et alimentation de l'extérieur

A l'entrée des structures ferroviaires en béton armé ou métalliques (telles que les viaducs, les dépôts et les ateliers), toutes les canalisations métalliques, les conduites hydrauliques, les gaines de câbles (que ce soit des câbles de télécommunication ou d'alimentation) et les connexions à la terre (par exemple à des fins de protection) venant de l'extérieur doivent être séparées électriquement de la structure afin d'éviter toute connexion conductrice entre la terre de structure et les prises de terre externes. Les canalisations en métal à l'intérieur du tunnel ne doivent pas contourner les joints annulaires isolés.

NOTE 1 Ceci peut être obtenu:

- en adaptant des éléments isolants dans les canalisations ou en réalisant l'isolation complète de la terre de structure;
- en installant des transformateurs avec des enroulements indépendants ou en utilisant les systèmes TT ou IT conformément à la CEI 62128-1.

NOTE 2 Lorsque cela est nécessaire pour des raisons de sécurité, il est admis de connecter chaque section de canalisation métallique à la structure métallique.

8 Méthodes de protection appliquées aux structures métalliques

Les dispositions de la présente norme ont pour but de réduire les courants vagabonds et leurs effets corrosifs. Des méthodes de protection classiques contre la corrosion naturelle peuvent être utilisées si elles sont considérées comme nécessaires. Si des méthodes de protection supplémentaires sont prises en compte, le concept global de protection doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées et doit être conforme aux normes pertinentes relatives à la protection contre la corrosion.

Des exemples de méthodes de protection pour des structures considérées en défaut sont donnés dans l'Annexe B.

NOTE Il convient de ne pas connecter les systèmes de drainage non polarisés (direct) au système de traction.

7.5 Cables, pipework and power supply from outside

At the entrance of reinforced concrete or metallic railway structures (such as viaducts, depots and workshops), all metallic pipework, hydraulic lines, cable sheaths (either power or telecommunication cables) and connections to earth (e. g. for protective purposes) coming from outside shall be separated electrically from the structure in order to avoid any conductive connection between structure earth and external earth electrodes. Metal pipework inside the tunnel shall not bypass insulated ring joints.

NOTE 1 This may be achieved by:

- fitting of insulation parts in the pipes or alternatively complete insulation from the structure earth;
- installation of transformers with separate windings or by the use of the TT or IT systems in accordance with IEC 62128-1.

NOTE 2 When necessary for safety reasons, every section of metal pipe may be connected to the metallic structure.

8 Protection methods applied to metallic structures

The provisions in this standard are intended to reduce stray currents and their corrosive effects. Conventional protection methods against natural corrosion can be used if they are considered to be necessary. If additional protection methods are taken into account, the overall protection concept shall be agreed with affected parties and comply with the relevant standards concerning corrosion protection.

Examples for protection methods for offended structures are given in Annex B.

NOTE Non-polarised (direct) drainage systems should not be connected to the traction system.

Annexe A (informative)

Mesure de la conductance par unité de longueur des rails de roulement

A.1 Généralités

La mesure de la résistance des rails est nécessaire pour obtenir la relation entre le courant du rail et la tension résultante pour la détermination ultérieure de la conductance par unité de longueur.

NOTE Le courant continu mesuré I est régulièrement appliqué (on) et coupé (off) afin de vérifier d'autres effets pendant la période de coupure. La tension résultante est appelée:

$$\Delta U = U_{\text{on}} - U_{\text{off}}$$

Il convient de prendre en compte la variation des valeurs de lecture par plusieurs mesures. Il convient d'analyser les différences significatives résultant du changement de polarité du circuit mesuré.

La méthode est valide uniquement si les mesures sont réalisées sans aucun courant de traction. Lorsque cela n'est pas réalisable, il convient d'effectuer les mesures en même temps afin d'éliminer les effets des courants autres que celui mesuré.

Il convient que les points de mesure au niveau des rails de roulement soient au moins distants d'1 m des points d'injection.

A.2 Mesure de la résistance des rails

Pour mesurer la résistance des rails, la méthode illustrée à la Figure A.1 est recommandée.

La chute de tension longitudinale U_A et U_B est mesurée pour chacune des deux sections adjacentes du rail. La résistance du rail 1 et du rail 2 est calculée conformément aux équations de la Figure A.1.

Les mesures supposent qu'aucune connexion croisée inter-rails ou connexion croisée inter-voies n'est connectée à l'intérieur de la zone mesurée.

Annex A (informative)

Measurement of the conductance per unit length of the running rails

A.1 General

The measurement of the rail resistance is necessary to get the relation between the rail current and the resulting voltage for the subsequent determination of the conductance per unit length.

NOTE The measuring d.c. current I is periodically to be switched on and off in order to check other effects during the off-period. The resulting voltage is called:

$$\Delta U = U_{\text{on}} - U_{\text{off}}$$

Variation of reading values should be taken into account by several measurements. Significant differences resulting from changed polarity of the measuring circuit should be investigated.

The method is valid only if these measurements are performed without any traction current. Where this is not practical, the measurements should be made at the same time in order to eliminate the effect of currents other than the measuring current.

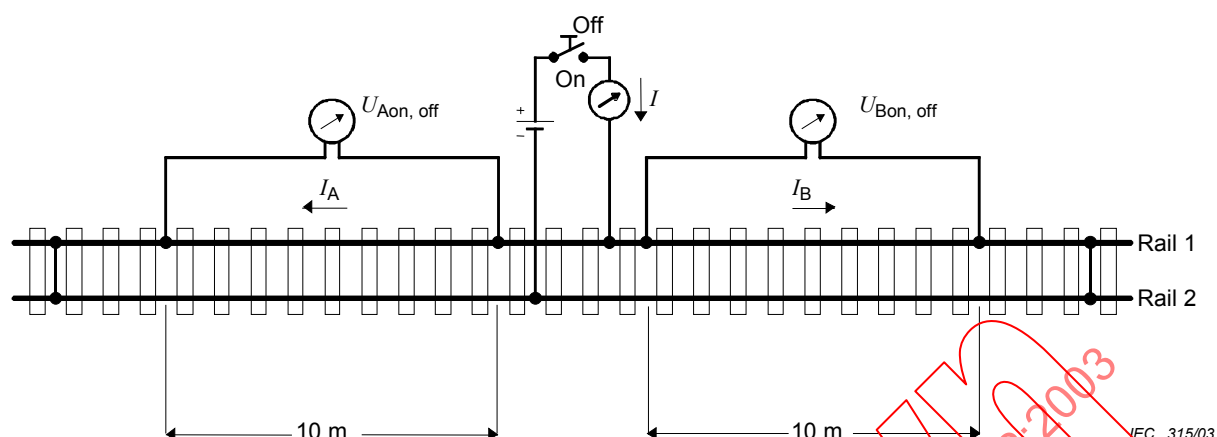
The measuring points at the running rails should be at least 1 m away from the injection points.

A.2 Measurement of the rail resistance

For the measurement of the rail resistance, the method shown in Figure A.1 is recommended.

The longitudinal voltage drop U_A and U_B is measured for each of the two adjacent sections of rail. The resistance of rail 1 and rail 2 is calculated according to the equations in Figure A.1.

The measurement postulates that no rail-to-rail crossbonds or track-to-track crossbonds are connected within the measuring area.



$$R_{R10m} = \frac{(U_{Aon} - U_{Aoff}) + (U_{Bon} - U_{Boff})}{I}$$

où

$R_{R 10 m}$ est la résistance longitudinale d'une section de 10 m du rail 1 en Ω ; ou du rail 2 respectivement

I est le courant d'injection, en A

$U_{on, off}$ est la chute de tension dans le rail 1 en V, avec ou sans courant d'injection; ou dans le rail 2 respectivement

Figure A.1 – Mesure de la résistance du rail pour un rail de 10 m de longueur

A.3 Détermination de la conductance par unité de longueur entre les rails de roulement et le tunnel

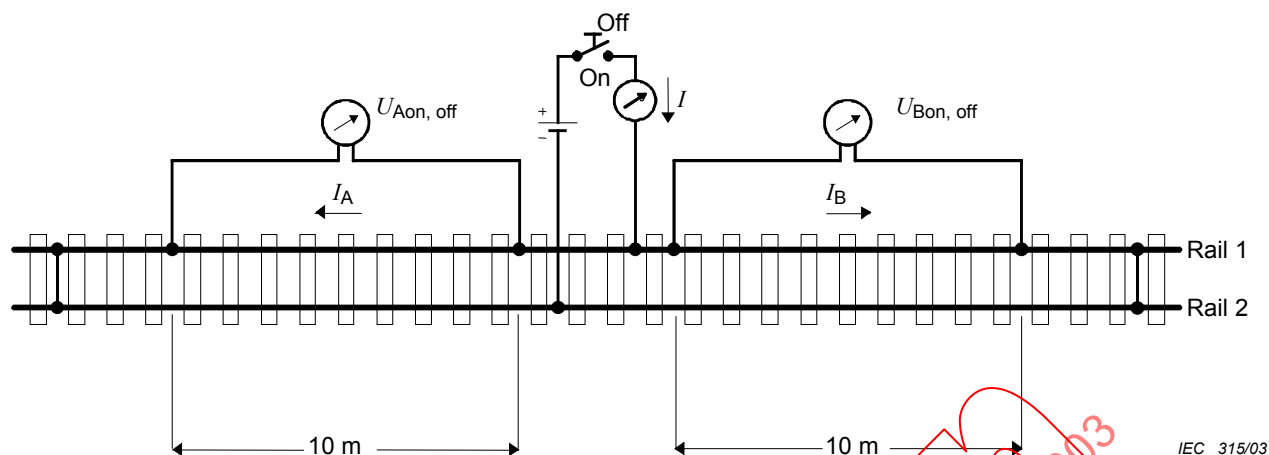
Un dispositif et une séquence de mesures particulières permettent de mesurer la conductance par unité de longueur sans nécessiter d'éclisses isolantes. La conductance par unité de longueur G'_{RT} doit être mesurée conformément à la Figure A.2. La même méthode peut être appliquée aux viaducs et aux plates-formes de voie renforcées.

Le courant continu mesuré I , injecté entre les rails et la structure est régulièrement mis en et hors service. Les valeurs nécessaires pour déterminer G'_{RT} dans l'équation de la Figure A.2 seront mesurées. En particulier, les courants I_{RA} et I_{RB} peuvent être obtenus à l'aide de la procédure décrite à l'article A.2 et illustrée à la Figure A.1.

Il convient de s'assurer qu'aucune connexion accidentelle et qu'aucun dispositif de limitation de la tension entre les rails de roulement et la structure du tunnel ne peuvent influencer les mesures.

Il est recommandé que les voies en plein air qui pourraient rejoindre les sections de tunnel soient séparées par des éclisses isolantes afin d'exclure les effets provenant de l'extérieur.

Des expériences pratiques montrent qu'il convient que la longueur L d'une section mesurée ne soit pas supérieure à 4 km.



IEC 315/03

$$R_{R10m} = \frac{(U_{Aon} - U_{Aoff}) + (U_{Bon} - U_{Boff})}{I}$$

where:

R_{R10m} is the longitudinal resistance of a rail section of 10 m of rail 1 in Ω ; or respectively of rail 2

I is the injected current, in A

$U_{on, off}$ is the voltage drop in the rail 1 in V, with and without injected current; or respectively of rail 2

Figure A.1 – Measurement of the rail resistance for a rail of 10 m length

A.3 Determination of the conductance per unit length between running rails and the tunnel

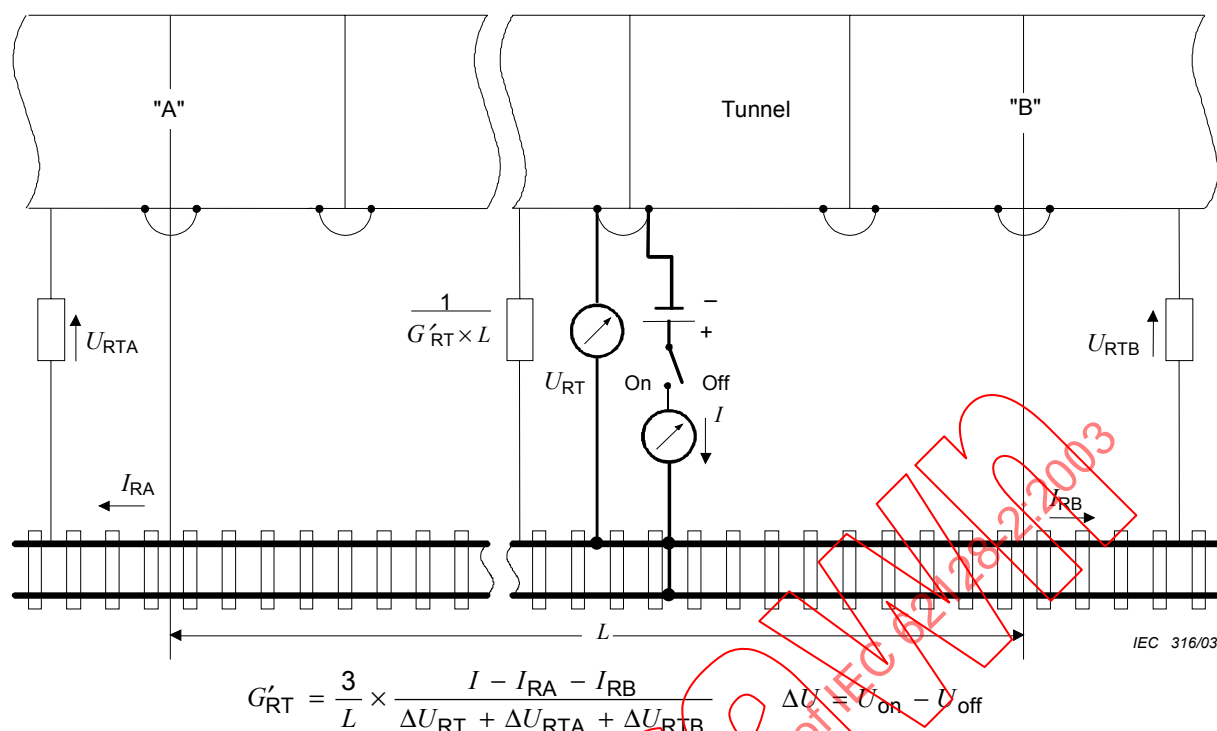
A special measuring arrangement and measuring sequence allows the measurement of the conductance per unit length without the need of insulated rail joints. The conductance per unit length G'_{RT} is to be measured in accordance with Figure A.2. The same method can be applied for viaducts and for reinforced trackbeds.

The measuring d.c. current I , injected between the rails and the structure, is periodically switched on and off. The values necessary to determine G'_{RT} in the equation of Figure A.2 will be measured. In particular, the currents I_{RA} and I_{RB} can be obtained using the procedure described in clause A.2 and shown in Figure A.1.

It should be certain that no accidental connection and no voltage-limiting device between the running rails and the tunnel structure can influence the measurements.

Insulated rail joints should separate tracks in the open air, which may be adjoined to tunnel sections in order to exclude effects from outside.

Practical experience shows that the length L of a measuring section should not exceed 4 km.



où

G'_{RT} est la conductance par unité de longueur entre les rails et le tunnel, en S/km, avec $1 \text{ S} = 1/\Omega$

I est le courant d'injection, en A

I_{RA}, I_{RB} est le courant circulant au-delà des extrémités A, B de la section mesurée, en A

U_{RT} est la tension entre le rail et le tunnel au niveau du point d'injection, en V

U_{RTA}, U_{RTB} est la tension entre le rail et le tunnel aux extrémités A, B de la section du tunnel, en V

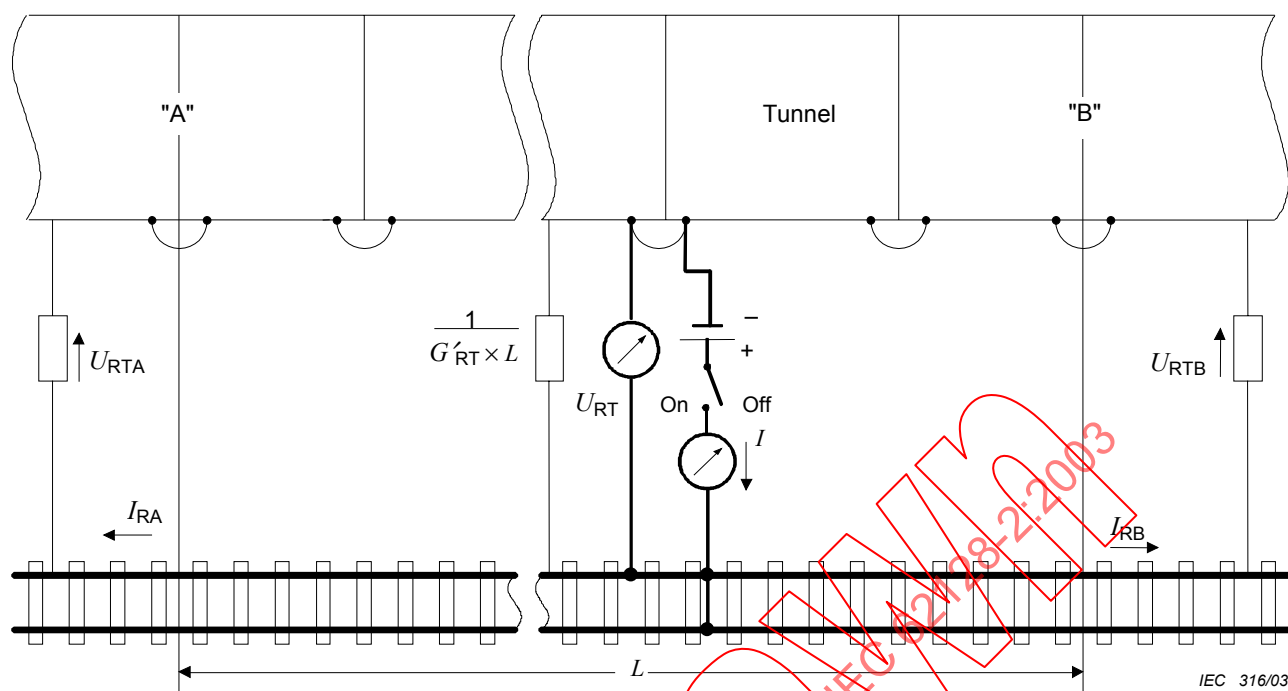
L est la longueur de la section à mesurer, en km

Figure A.2 – Dispositif de mesure de la conductance par unité de longueur G'_{RT} entre les rails et le tunnel

A.4 Détermination de la conductance par unité de longueur pour des sections de voie en plein air

La section de voie à examiner est séparée des conduits continus par des éclisses isolantes. Il convient que la longueur de la section de voie à examiner ne dépasse pas 2 km.

La conductance par unité de longueur de la section de voie séparée est déterminée conformément à la méthode illustrée à la Figure A.3. Un courant continu mesuré I est injecté dans les rails de chaque côté des éclisses isolantes. Il convient que le courant soit appliqué et coupé régulièrement. Le courant d'injection circule depuis les rails de la section de voie à mesurer à la terre et de là dans les rails de la section de voie connectée. La tension entre le rail et la terre U_{RE} et le courant d'injection I est primordiale pour la détermination de la conductance par unité de longueur. Il convient de mesurer la tension en utilisant une électrode de sulfate de cuivre/cuivre non polarisée (électrode – Cu/CuSO_4) comme prise de terre. Cette électrode doit être placée dans la section de voie à mesurer à au moins 50 m du point d'injection (éclisse isolante) et à au moins 20 m de la voie.



$$G'_{RT} = \frac{3}{L} \times \frac{I - I_{RA} - I_{RB}}{\Delta U_{RT} + \Delta U_{RTA} + \Delta U_{RTB}} \quad \Delta U = U_{on} - U_{off}$$

where

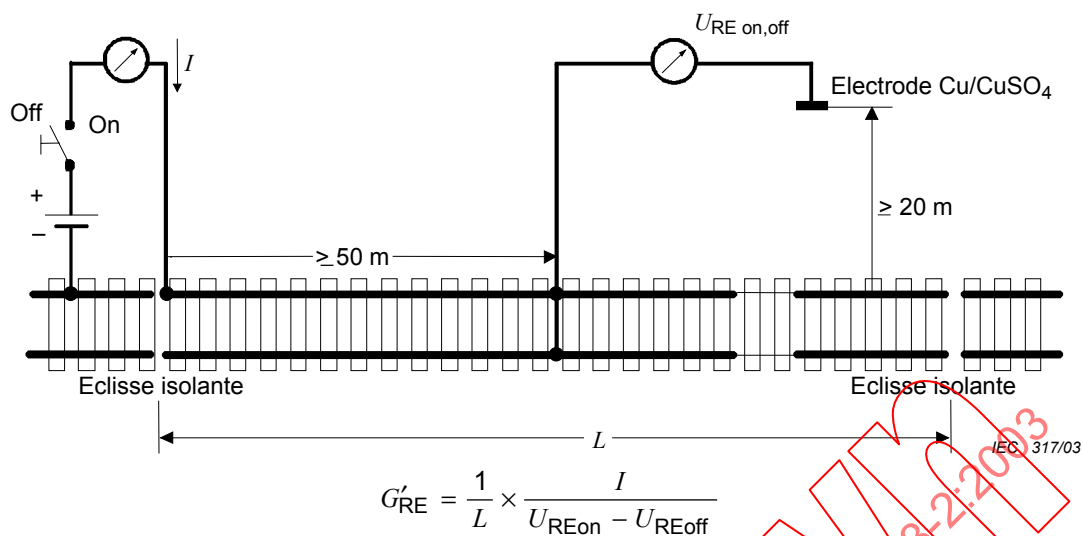
- G'_{RT} is the conductance per unit length between rails and tunnel, in S/km, with $1 \text{ S} = 1/\Omega$
- I is the injected current, in A
- I_{RA}, I_{RB} is the current flowing beyond the ends A, B of the measured section, in A
- U_{RT} is the voltage between the rail and the tunnel at the point of injection, in V
- U_{RTA}, U_{RTB} is the voltage between the rail and the tunnel at the ends A, B of the tunnel section, in V
- L is the length of the section to be measured, in km

Figure A.2 – Measuring arrangement for the conductance per unit length G'_{RT} between rails and tunnel

A.4 Determination of the conductance per unit length for track sections in open air

The track section to be examined is separated from the continuing lines by insulated rail joints. The length of the track section to be examined should not exceed 2 km.

The conductance per unit length of the separated track section is determined in accordance with the method shown in Figure A.3. A measuring d.c. current I is injected into the rails at both sides of the insulated rail joints. The current should be periodically switched on and off. The injected current flows from the rails of the track section to be examined into the earth and from there into the rails of the connected track section. The voltage between rail and earth U_{RE} and the injected current I is decisive for the determination of the conductance per unit length. The voltage should be measured using an unpolarised copper/copper sulphate electrode (Cu/CuSO_4 -electrode) as earth electrode. This electrode is to be placed in the track section to be measured, at least 50 m away from the injection point (insulated rail joint) and at least 20 m away from the track.



où

G'_{RE} est la conductance par unité de longueur entre la voie et la terre, en S/km avec $1 \text{ S} = 1/\Omega$

I est le courant d'injection, en A

U_{RE} est la tension entre le rail et la terre, en V

L est la longueur de la section à mesurer, en km

Figure A.3 – Détermination de la conductance par unité de longueur G'_{RE} pour des sections de voie en plein air