

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60850**

Troisième édition  
Third edition  
2007-02

---

---

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

**Railway applications –  
Supply voltages of traction systems**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60850:2007

## 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](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) 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 ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) 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](mailto: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](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) 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 ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) 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](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60850**

Troisième édition  
Third edition  
2007-02

---

---

---

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

**Railway applications –  
Supply voltages of traction systems**

© IEC 2007 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**P**

*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 Termes et définitions .....	8
4 Tensions et fréquences des réseaux de traction .....	14
4.1 Tensions .....	14
4.2 Fréquences .....	16
5 Essais .....	18
6 Méthodologie d'essai.....	18
6.1 Mesure de la tension de la ligne.....	18
6.2 Mesure de la fréquence de la ligne.....	20
Annexe A (normative) Valeur maximale de la tension $U$ en fonction de la durée .....	22
Annexe B (normative) Conditions nationales particulières.....	24
Annexe C (informative) Variations, coupures et distorsions de la tension.....	26
Bibliographie.....	30
Figure A.1 – Valeur maximale de la tension $U$ en fonction de la durée .....	22
Tableau 1 – Tensions nominales et leurs limites admissibles en valeur et en durée .....	14
Tableau 2 – Essais .....	18
Tableau 3 – Mesure de la tension de la ligne .....	20
Tableau 4 – Mesure de la fréquence de la ligne .....	20
Tableau A.1 – Surtensions.....	22
Tableau C.1 – Mesure des variations et des coupures de la tension .....	28

## CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	9
4 Voltages and frequencies of traction systems .....	15
4.1 Voltages.....	15
4.2 Frequency .....	17
5 Testing .....	19
6 Test methodology .....	19
6.1 Measurement of the voltage on the line .....	19
6.2 Measurement of the frequency on the line .....	21
Annex A (normative) Maximum value of the voltage $U$ according to the duration .....	23
Annex B (normative) Special national conditions.....	25
Annex C (informative) Changes, interruptions and distortion of voltages .....	27
Bibliography.....	31
Figure A.1 – Maximum value of voltage $U$ according to duration .....	23
Table 1 – Nominal voltages and their permissible limits in values and duration .....	15
Table 2 – Tests.....	19
Table 3 – Measurement of the voltage on the line .....	21
Table 4 – Measurement of the frequency on the line .....	21
Table A.1 – Overvoltages.....	23
Table C.1 – Measurement of the voltage variations and interruptions.....	29

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### APPLICATIONS FERROVIAIRES – TENSIONS D'ALIMENTATION DES RÉSEAUX DE TRACTION

#### 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 60850 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Le texte de cette norme est basé sur la Norme Européenne EN 50163 (2005) préparée par le SC 9XC, Alimentation électrique et mise à la terre des équipements de transport public et appareillage auxiliaire (installations fixes), du comité technique CENELEC TC 9X, Applications électriques et électroniques dans le domaine ferroviaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de la CEI 60850 parue en 2000. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- ajout du 3.6;
- modification du Tableau 1;
- modification des fréquences du 4.2;
- ajout des Articles 5 et 6, des Annexes B et C ainsi que de la Bibliographie.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

**RAILWAY APPLICATIONS –  
SUPPLY VOLTAGES OF TRACTION 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 60850 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

The text of this standard is based on the European Norm EN 50163 (2005) prepared by SC 9XC, Electric supply and earthing systems for public transport equipment and ancillary apparatus (fixed installations), of Technical Committee CENELEC TC 9X, Electrical and electronic applications for railways.

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 60850 published in 2000. This edition constitutes a technical revision.

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

- 3.6 added;
- Table 1 modified;
- 4.2, frequencies modified;
- new Clause 5, Clause 6, Annexes B and C and Bibliography.

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

FDIS	Rapport de vote
9/981/FDIS	9/1016/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.

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.

.....



This standard has been submitted to the national committees for voting under the fast track procedure as the following documents:

FDIS	Report on voting
9/981/FDIS	9/1016/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.

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.

## APPLICATIONS FERROVIAIRES – TENSIONS D'ALIMENTATION DES RÉSEAUX DE TRACTION

### 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques principales des tensions d'alimentation des réseaux de traction, tels qu'installation près de traction, incluant les appareils auxiliaires alimentés par la ligne de contact, et matériel roulant, pour l'installation dans les applications suivantes:

- chemin de fer;
- système guide de transport tel que tramway, chemin de fer souterrain ou carrières, chemin de fer de montagne et trolley bus;
- système de transport de matériaux.

Cette norme ne s'applique pas aux:

- systèmes de traction des mines dans les mines souterraines;
- grues, plates-formes mobiles et équipement similaire de transport en rails, structures temporaires (par exemple: structures d'expositions) pour autant qu'elles ne sont pas alimentées directement ou à travers des transformateurs connectés au système de ligne de contact et ne sont pas mises en danger par le système d'alimentation de la traction;
- véhicules suspendus à des câbles;
- chemins de fer funiculaires.

Cette norme traite des surtensions de longue durée comme indiqué dans l'Annexe A.

### 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 (y compris les éventuels amendements) s'applique.

CEI 60050-811, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 811: Traction électrique*

CEI 60913, *Lignes aériennes de traction électrique*

CEI 61133, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Essais de matériel roulant après achèvement et avant mise en service*

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

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 62128-1 et l'EN 50160, ainsi que les suivants s'appliquent.

## **RAILWAY APPLICATIONS – SUPPLY VOLTAGES OF TRACTION SYSTEMS**

### **1 Scope**

This International Standard specifies the main characteristics of the supply voltages of traction systems, such as traction fixed installations, including auxiliary devices fed by the contact line, and rolling stock, for use in the following applications:

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

This standard does not apply to

- mine traction systems in underground mines;
- cranes, transportable platforms and similar transportation equipment on rails, temporary structures (e.g. exhibition structures) insofar as these are not supplied directly or via transformers from the contact line system and are not endangered by the traction power supply system;
- suspended cable cars;
- funicular railways.

This standard deals with long term overvoltages as shown in Annex A.

### **2 Normative references**

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

IEC 60050-811, *International Electrotechnical vocabulary (IEV) – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60913, *Electric traction overhead lines*

IEC 61133, *Railway applications – Rolling stock – Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service*

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

### **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 62128-1, EN 50160 and the following apply.

**3.1****réseau de traction électrique**

réseau de distribution de l'énergie électrique destinée au matériel roulant ferroviaire

NOTE Le réseau peut comprendre

- des systèmes de ligne de contact,
- le circuit de retour des réseaux de traction électrique,
- les rails de roulement des réseaux de traction non électrique, qui sont proches et connectés en conduction aux rails de roulement d'un réseau de traction électrique,
- les installations électriques, qui sont alimentées par les lignes de contact soit directement ou à travers un transformateur,
- les installations électriques dans des centrales ou sous-stations, qui sont utilisées seulement pour la production et la distribution de puissance directement à la ligne de contact,
- les installations électriques des postes d'appareillage.

[CEI 62128-1]

**3.2****tension**

$U$

potentiel au capteur de courant du train ou tout autre endroit sur la ligne de contact, mesuré entre la ligne de contact et le circuit de retour

NOTE Les valeurs considérées dans la présente norme sont la valeur moyenne de la tension continue ou la valeur efficace du fondamental de la tension alternative.

**3.3****tension nominale**

$U_n$

tension de désignation du réseau

**3.4****tension permanente la plus élevée**

$U_{max1}$

valeur maximale de la tension susceptible d'être présente indéfiniment

**3.5****tension non permanente la plus élevée**

$U_{max2}$

valeur maximale de la tension susceptible d'être présente comme tension non permanente la plus élevée pendant une durée limitée

**3.6****surtension**

toute tension dont la valeur de crête dépasse la valeur de crête correspondant à la tension maximale en régime établi dans des conditions normales d'exploitation

**3.7****surtension de longue durée**

surtension, plus élevée que  $U_{max2}$ , durant typiquement plus de 20 ms, due à des phénomènes à basse impédance, par exemple un accroissement de la tension du réseau primaire d'une sous-station

NOTE De telles surtensions sont indépendantes de la charge de la ligne et peuvent être décrites par une courbe tension/temps seulement. Voir l'Annexe A pour des informations sur cette courbe.

**3.8****surtension la plus élevée de longue durée**

$U_{max3}$

tension définie comme la valeur la plus élevée de la surtension de longue durée pour  $t = 20$  ms. Cette valeur est indépendante de la fréquence

-----

**3.1****electric traction system**

railway electrical distribution network used to provide energy for rolling stock

NOTE The system may comprise

- contact line systems,
- return circuit of electric traction systems,
- running rails of non-electric traction systems, which are in the vicinity of, and conductively connected to the running rails of an electric traction system,
- electrical installations, which are supplied from contact lines either directly or via a transformer,
- electrical installations in power plants and substations, which are utilized solely for generation and distribution of power directly to the contact line,
- electrical installations of switching stations.

[IEC 62128-1]

**3.2****voltage**

$U$

potential at the train's current collector or elsewhere on the contact line, measured between the contact line and the return circuit

NOTE The values considered in this standard are the mean value of d.c. voltage or the r.m.s. value of the fundamental a.c. voltage.

**3.3****nominal voltage**

$U_n$

designated value for a system

**3.4****highest permanent voltage**

$U_{\max 1}$

maximum value of the voltage likely to be present indefinitely

**3.5****highest non-permanent voltage**

$U_{\max 2}$

maximum value of the voltage likely to be present for a limited period of time

**3.6****overvoltage**

any voltage having a peak value exceeding the corresponding peak value of maximum steady-state voltage at normal operating conditions

**3.7****long-term overvoltage**

overvoltage higher than  $U_{\max 2}$  lasting typically more than 20 ms, due to low impedance phenomena, for example a rise in substation primary voltage

NOTE Such overvoltages are independent of line load and may be described by a voltage-time curve only. See Annex A for information on this curve.

**3.8****highest long term overvoltage**

$U_{\max 3}$

voltage defined as the highest value of the long-term overvoltage for  $t = 20$  ms. This value is independent from frequency

### 3.9 tension permanente la plus basse

$U_{\min 1}$   
valeur minimale de la tension susceptible d'être présente indéfiniment

### 3.10 tension non permanente la plus basse

$U_{\min 2}$   
valeur minimale de la tension susceptible d'être présente pendant une durée limitée

### 3.11 variation de la tension

augmentation ou diminution de tension normalement provoquée par la variation de la charge totale du réseau de distribution ou d'une partie de celui-ci

### 3.12 changement rapide de la tension

variation unique et rapide de la valeur efficace d'une tension entre deux niveaux consécutifs maintenus pendant des durées définies mais non spécifiées

### 3.13 creux de la tension d'alimentation

baisse brutale de la tension d'alimentation jusqu'à une valeur inférieure à  $U_{\min 2}$ , suivie d'un rétablissement de la tension après un court laps de temps. Conventionnellement, la durée d'un creux de tension est entre 10 ms et 1 min. La profondeur d'un creux de tension est définie comme la différence entre la valeur efficace de la tension durant le creux de tension et la tension nominale  $U_n$ . Les changements de tension qui n'abaissent pas la tension d'alimentation en dessous de  $U_{\min 2}$  ne sont pas considérés comme des creux

### 3.14 interruption d'alimentation

condition dans laquelle la tension aux bornes est inférieure à 1 % de la tension nominale  $U_n$ . Une interruption d'alimentation peut être classifiée comme:

- préarrangée, lorsque les consommateurs sont informés en avance, pour permettre l'exécution des travaux planifiés sur le système de distribution, ou
- accidentelle, causée par des défauts permanents ou transitoires, généralement en relation avec des événements extérieurs, des défaillances d'équipement ou des interférences. Une interruption accidentelle est classifiée comme:
  - une longue interruption (durée supérieure à 3 min) causée par un défaut permanent,
  - une courte interruption (jusqu'à 3 min) causée par un défaut transitoire (voir l'EN 50160).

### 3.15 ligne de contact

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

[VEI 811-33-01]

NOTE La ligne de contact comprend la ligne aérienne de contact et le rail de contact comme définis dans la CEI 60913 et la CEI 62128-1.

### 3.16 sous-station (de traction)

installation, dont la fonction principale consiste à alimenter un système de lignes de contact, pour laquelle la tension du réseau d'alimentation au primaire, et dans certains cas la fréquence, est convertie en la tension et la fréquence de la ligne de contact

**3.9****lowest permanent voltage** $U_{\min 1}$ 

minimum value of the voltage likely to be present indefinitely

**3.10****lowest non-permanent voltage** $U_{\min 2}$ 

minimum value of the voltage likely to be present for a limited period of time

**3.11****voltage variation**

increase or decrease of voltage normally due to variation of the total load of a distribution system or a part of it

**3.12****rapid voltage change**

single rapid variation of the r.m.s. value of a voltage between two consecutive levels which are sustained for definite but unspecified durations

**3.13****supply voltage dip**

sudden reduction of the supply voltage to a value of less than  $U_{\min 2}$ , followed by a voltage recovery after a short period of time. Conventionally, the duration of a voltage dip is between 10 ms and 1 min. The depth of a voltage dip is defined as the difference between the minimum r.m.s. voltage during the voltage dip and the nominal voltage  $U_n$ . Voltage changes which do not reduce the supply voltage to less than  $U_{\min 2}$  are not considered to be dips

**3.14****supply interruption**

condition in which the voltage at the supply-terminals is lower than 1 % of the nominal voltage  $U_n$ . A supply interruption can be classified as

- pre-arranged, when consumers are informed in advance, to allow the execution of scheduled works on the distribution systems, or
- accidental, caused by permanent or transient faults, mostly related to external events, equipment failures or interference. An accidental interruption is classified as
  - a long interruption (longer than 3 min) caused by a permanent fault,
  - a short interruption (up to 3 min) caused by a transient fault (see EN 50160).

**3.15****contact line**

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

[IEV 811-33-01]

NOTE Contact line covers overhead contact line and conductor rail as defined in IEC 60913 and IEC 62128-1.

**3.16****(traction) substation**

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

### 3.17

#### conditions normales d'exploitation

exploitation du trafic suivant l'horaire projeté et la composition des trains utilisée pour la conception des installations fixes de traction. Le matériel des installations fixes est exploité suivant les règles normales

NOTE Les règles normales peuvent varier suivant la politique d'exploitation du gestionnaire de l'infrastructure.

### 3.18

#### conditions anormales d'exploitation

soit des charges de trafic plus importantes, soit une mise hors service d'une installation d'alimentation sortant des règles normales

NOTE Dans ces conditions, le trafic peut ne pas être exploité suivant l'horaire projeté.

## 4 Tensions et fréquences des réseaux de traction

### 4.1 Tensions

Les caractéristiques des principaux systèmes de tension (à l'exclusion des surtensions) sont spécifiées au Tableau 1 ci-après.

**Tableau 1 – Tensions nominales et leurs limites admissibles en valeur et en durée**

Système d'électrification	Tension non permanente la plus basse $U_{min2}$ V	Tension permanente la plus basse $U_{min1}$ V	Tension nominale $U_n$ V	Tension permanente la plus élevée $U_{max1}$ V	Tension non permanente la plus élevée $U_{max2}$ V
courant continu (valeurs moyennes)	400	400	600 <sup>a</sup>	720	800
	500 <sup>c</sup>	500	750	900 <sup>c</sup>	1 000
	1 000	1 000	1 500	1 800 <sup>c</sup>	1 950
	2 000	2 000	3 000	3 600	3 900 <sup>b</sup>
courant alternatif (valeurs efficaces)	11 000	12 000	15 000 <sup>d</sup>	17 250	18 000
	17 500 <sup>c</sup>	19 000 <sup>c</sup>	25 000 <sup>e</sup>	27 500 <sup>c</sup>	29 000
	N/S	N/S	12 000 <sup>f</sup>	N/S	N/S
	N/S	N/S	12 500 <sup>g</sup>	N/S	N/S
	N/A	16 000	20 000 <sup>h</sup>	24 000	N/A
	N/A	22 500	25 000 <sup>i</sup>	30 000	N/A
N/S	N/S	50 000 <sup>g</sup>	N/S	N/S	

Certains pays ont des conditions nationales particulières, voir Annexe B.

<sup>a</sup> Il convient que les futurs réseaux de traction pour tramway et à usage local soient conformes aux systèmes de tension nominale de 750 V, 1 500 V ou 3 000 V.

<sup>b</sup> Conditions nationales pour la Belgique, voir Annexe B.

<sup>c</sup> Conditions nationales pour le Royaume-Uni, voir Annexe B.

<sup>d</sup> 16,7 Hz.

<sup>e</sup> 50 Hz.

<sup>f</sup> 25 Hz, voir Tableau 2 de l'IEEE Std 16.

<sup>g</sup> 60 Hz, voir Tableau 2 de l'IEEE Std 16.

<sup>h</sup> Valeur admise sur des lignes où les contraintes topographiques rendent difficile l'utilisation d'une alimentation à 25 000 V. Lorsqu'on utilise cette tension d'alimentation, l'Annexe A n'est pas valide.

<sup>i</sup> Valeur admise sur des lignes, où les contraintes topographiques comme dans des zones montagneuses et/ou des tunnels sous-marins augmentent la distance entre les sous-stations, ainsi que sur des lignes à fort trafic. Lorsqu'on utilise cette tension d'alimentation, l'Annexe A n'est pas valide.

N/A: non applicable.

N/S: non spécifié.



**3.17****normal operating conditions**

traffic operating to the design timetable and train formation used for power supply fixed installation design. Power supply equipment is operated according to standard rules.

NOTE Standard rules may vary depending on the infrastructure manager's policy.

**3.18****abnormal operating conditions**

either higher traffic loads or outage of power supply equipment outside the standard rules

NOTE Under these conditions, traffic may not operate to the design timetable.

**4 Voltages and frequencies of traction systems****4.1 Voltages**

The characteristics of the main voltage systems (overvoltages excluded) are specified in Table 1 below.

**Table 1 – Nominal voltages and their permissible limits in values and duration**

Electrification system	Lowest non-permanent voltage $U_{min2}$ V	Lowest permanent voltage $U_{min1}$ V	Nominal voltage $U_n$ V	Highest permanent voltage $U_{max1}$ V	Highest non-permanent voltage $U_{max2}$ V
d.c. (mean values)	400	400	600 <sup>a</sup>	720	800
	500 <sup>c</sup>	500	750	900 <sup>c</sup>	1 000
	1 000	1 000	1 500	1 800 <sup>c</sup>	1 950
	2 000	2 000	3 000	3 600	3 900 <sup>b</sup>
a.c. (r.m.s. values)	11 000	12 000	15 000 <sup>d</sup>	17 250	18 000
	17 500 <sup>c</sup>	19 000 <sup>c</sup>	25 000 <sup>e</sup>	27 500 <sup>c</sup>	29 000
	N/S	N/S	12 000 <sup>f</sup>	N/S	N/S
	N/S	N/S	12 500 <sup>g</sup>	N/S	N/S
	N/A	16 000	20 000 <sup>h</sup>	24 000	N/A
	N/A	22 500	25 000 <sup>i</sup>	30 000	N/A
N/S	N/S	50 000 <sup>g</sup>	N/S	N/S	
Some countries have their special national conditions, see Annex B.					
<sup>a</sup> Future d.c. traction systems for tramways and local railways should conform with system nominal voltage of 750 V, 1 500 V or 3 000 V.					
<sup>b</sup> Special national conditions for Belgium, see Annex B.					
<sup>c</sup> Special national conditions for United Kingdom, see Annex B.					
<sup>d</sup> 16,7 Hz.					
<sup>e</sup> 50 Hz.					
<sup>f</sup> 25 Hz, see Table 2 from IEEE Std 16.					
<sup>g</sup> 60 Hz, see Table 2 from IEEE Std 16.					
<sup>h</sup> May be used on lines, where topographical constraints makes it difficult to use 25 000 V power supply system. When using this power supply system, Annex A is not valid.					
<sup>i</sup> May be used on lines, where topographical constraints such as mountainous area and/or undersea tunnels make the distance between substations longer, and of higher traffic density. When using this power supply system, Annex A is not valid.					
N/A: not applicable.					
N/S: not specified.					

Les exigences suivantes doivent être remplies:

- a) la durée des tensions entre  $U_{\min 1}$  et  $U_{\min 2}$  ne doit pas dépasser 2 min;
- b) la durée des tensions entre  $U_{\max 1}$  et  $U_{\max 2}$  ne doit pas dépasser 5 min;
- c) la tension de la barre omnibus à la sous-station, à vide, doit être inférieure ou égale à  $U_{\max 1}$ . Pour les sous-stations à courant continu, il est acceptable de voir cette tension à vide inférieure ou égale à  $U_{\max 2}$ , pourvu que lorsqu'un train est présent, la valeur de la tension au(x) pantographe(s) de ce train soit en accord avec le Tableau 1 et ses exigences;
- d) en conditions normales d'exploitation, les valeurs de la tension doivent se situer dans la gamme  $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$ ;
- e) en conditions anormales d'exploitation, les tensions dans la gamme  $U_{\min 2} \leq U \leq U_{\min 1}$  du Tableau 1 ne doivent causer ni destruction, ni défaut;

NOTE 1 L'utilisation de systèmes de réduction d'appel de puissance à bord du train est susceptible de limiter la présence de tension basse à la ligne aérienne de contact (voir l'EN 50388).

- f) si les tensions entre  $U_{\max 1}$  et  $U_{\max 2}$  sont atteintes, elles doivent être suivies par un niveau inférieur ou égal à  $U_{\max 1}$  pour une période indéterminée.

Les tensions entre  $U_{\max 1}$  et  $U_{\max 2}$  ne doivent être atteintes que dans les conditions non permanentes telles que:

- freinage par récupération,
- mouvement de systèmes de réglage de la tension comme un gradateur mécanique;

- g) tension de service la plus basse. Lors de conditions d'exploitations anormales,  $U_{\min 2}$  est la limite inférieure de la tension de la ligne de contact pour laquelle le matériel roulant est prévu d'être exploité.

NOTE 2 Valeurs recommandées pour le déclenchement, lié à des tensions basses: il convient que le réglage des relais à manque tension dans les installations fixes ou à bord du matériel roulant soit compris entre 85 % et 95 % de  $U_{\min 2}$ .

## 4.2 Fréquences

La fréquence du réseau de traction électrique à 50 Hz est imposée par le réseau triphasé. Les valeurs stipulées dans l'EN 50160 sont donc applicables. La fréquence du réseau de traction électrique 16,7 Hz (à l'exception du convertisseur synchrone-synchrone) n'est pas imposée par le réseau triphasé.

NOTE 1 En ce qui concerne le réseau de traction électrique 16,7 Hz, d'une façon stricte, la fréquence correspond à 16% Hz. Dans le but de simplifier la dénomination de ce système, il est admis d'établir la fréquence à 16,7 Hz. Cette dénomination est utilisée dans la présente norme.

Les fréquences des systèmes d'alimentation en courant alternatif et leurs limites admissibles sont données ci-après.

En conditions normales d'exploitation, la valeur moyenne de la fréquence fondamentale mesurée sur 10 s doit être dans les limites du réseau d'alimentation HT.

- pour les réseaux avec une connexion synchrone à un réseau interconnecté:
  - 50 Hz  $\pm$  1 % (c'est-à-dire de 49,5 Hz à 50,5 Hz) pendant 99,5 % d'une année
  - 50 Hz +4 %/-6 % (c'est-à-dire de 47 Hz à 52 Hz) pendant 100 % du temps
- pour les réseaux sans connexion synchrone à un réseau interconnecté (par exemple réseau d'alimentation de certaines îles):
  - 50 Hz  $\pm$  2 % (c'est-à-dire de 49 Hz à 51 Hz) pendant 95 % d'une semaine
  - 50 Hz  $\pm$  15 % (c'est-à-dire de 42,5 Hz à 57,5 Hz) pendant 100 % du temps

Pour les systèmes de traction électrique 60 Hz, les valeurs des fréquences sont limitées entre 59 Hz et 61 Hz.

The following requirements shall be fulfilled:

- a) the duration of voltages between  $U_{\min 1}$  and  $U_{\min 2}$  shall not exceed 2 min;
- b) the duration of voltages between  $U_{\max 1}$  and  $U_{\max 2}$  shall not exceed 5 min;
- c) the voltage of the busbar at the substation at no load condition shall be less than or equal to  $U_{\max 1}$ . For d.c. substations, it is acceptable to have this voltage at no load condition less than or equal to  $U_{\max 2}$ , provided that when a train is present, the voltage at this train's pantograph (s) shall be in accordance with Table 1 and its requirements;
- d) under normal operating conditions, voltages shall lie within the range  $U_{\min 1} \leq U \leq U_{\max 2}$ ;
- e) under abnormal operating conditions the voltages in the range  $U_{\min 2} \leq U \leq U_{\min 1}$  in Table 1 shall not cause any damages or failures;

NOTE 1 The use of train power limitation devices on board may limit the presence of low voltage on the overhead line (see EN 50388).

- f) if voltages between  $U_{\max 1}$  and  $U_{\max 2}$  are reached, it shall be followed by a level below or equal to  $U_{\max 1}$ , for an unspecified period.

Voltages between  $U_{\max 1}$  and  $U_{\max 2}$  shall only be reached for non-permanent conditions such as

- regenerative braking,
- move of voltage regulation systems such as mechanical tap changer;

- g) lowest operational voltage: under abnormal operating conditions  $U_{\min 2}$  is the lowest limit of the contact line voltage for which the rolling stock is intended to operate.

NOTE 2 Recommended values for undervoltage tripping: The setting of undervoltage relays in fixed installations or on board rolling stock should be set from 85 % to 95 % of  $U_{\min 2}$ .

## 4.2 Frequency

The frequency of the 50 Hz electric traction system is imposed by the three phase grid. Therefore, the values stated by EN 50160 are applicable. The frequency of the 16,7 Hz electric traction system (except for synchronous-synchronous converters) is not imposed by the three phase grid.

NOTE 1 Concerning the 16,7 Hz electric traction system, strictly considered, the frequency corresponds to 16⅔ Hz. In order to simplify the denomination of the system, it is agreed to state the frequency as 16,7 Hz. This denomination is used in this standard.

The frequencies on a.c. railway power systems and their permissible limits are shown hereinafter.

Under normal operating conditions, the mean value of the fundamental frequency measured over 10 s shall be within a range of the HV supply network.

- For systems with synchronous connection to an interconnected system:
 

$50 \text{ Hz} \pm 1 \%$	(i.e. 49,5 Hz to 50,5 Hz)	for 99,5 % of a year
$50 \text{ Hz} +4 \%/ -6 \%$	(i.e. 47 Hz to 52 Hz)	for 100 % of the time
- For systems with no synchronous connection to an interconnected system (e.g. supply systems on certain islands):
 

$50 \text{ Hz} \pm 2 \%$	(i.e. 49 Hz to 51 Hz)	for 95 % of a week
$50 \text{ Hz} \pm 15 \%$	(i.e. 42,5 Hz to 57,5 Hz)	for 100 % of the time

For 60 Hz electric traction systems, the limit values for frequency variations are from 59 Hz to 61 Hz.

Pour les systèmes de traction électrique 16,7 Hz, les valeurs sont:

- pour les réseaux avec connexion synchrone à un réseau connecté:
  - 16,7 Hz  $\pm$  1 % (c'est-à-dire de 16,5 Hz à 16,83 Hz) pendant 99,5 % d'une année
  - 16,7 Hz + 4 % / – 6 % (c'est-à-dire de 15,67 Hz à 17,33 Hz) pendant 100 % du temps
- pour les réseaux sans connexion synchrone à un réseau interconnecté (par exemple réseau d'alimentation sur certaines îles):
  - 16,7 Hz  $\pm$  2 % (c'est-à-dire de 16,33 Hz à 17 Hz) pendant 95 % d'une semaine
  - 16,7 Hz  $\pm$  15 % (c'est-à-dire de 14,16 Hz à 19,16 Hz) pendant 100 % du temps
- pour les réseaux connectés au réseau 16,7 Hz spécialisé interconnecté:
  - 16,7 Hz + 2 % / – 3 % (c'est-à-dire de 16,17 Hz à 17 Hz) pendant 100 % du temps.

NOTE 2 En pratique, la variation de fréquence est contrôlée de plus près en Europe comparativement aux indications figurant ci-dessus. La gamme des fréquences tolérées pour des véhicules en service ne pourra être que de 16,17 Hz à 17 Hz pour le 15 kV/16,7 Hz et de 49 Hz à 51 Hz pour le 25 kV/50 Hz. Si la fréquence est hors de cette gamme, la performance des véhicules peut être réduite ou les commandes des véhicules peuvent être déconnectées.

Les effets des variations de fréquence peuvent être examinés par les opérateurs ferroviaires pour s'assurer de l'absence de conséquences nuisibles sur les systèmes de signalisation.

## 5 Essais

Les essais spécifiés dans le Tableau 2 sont applicables en fonction du type de la ligne et du besoin.

**Tableau 2 – Essais**

Titre	Exigence technique	Méthodologie d'essais	Nature de l'essai
5.1 Tension sur la ligne	4.1	6.1.1 Matériel roulant	Mesure
		6.1.2 Installations fixes	Mesure
5.2 Fréquence	4.2	6.2 Seulement pour le réseau 16,7 Hz	Suivi permanent

NOTE L'Annexe C décrit les essais relatifs aux variations de la tension.

## 6 Méthodologie d'essai

### 6.1 Mesure de la tension de la ligne

#### 6.1.1 Matériel roulant

Le matériel roulant doit être essayé conformément à l'Article 9 de la CEI 61133.

For 16,7 Hz electric traction systems, the value are:

- for systems with synchronous connection to an interconnected system:
  - 16,7 Hz  $\pm$  1 % (i.e. 16,5 Hz to 16,83 Hz) for 99,5 % of a year
  - 16,7 Hz +4 %/–6 % (i.e. 15,67 Hz to 17,33 Hz) for 100 % of the time
- for systems with no synchronous connection to an interconnected system (e.g. supply systems on certain islands):
  - 16,7 Hz  $\pm$  2 % (i.e. 16,33 Hz to 17 Hz) during 95 % of a week
  - 16,7 Hz  $\pm$  15 % (i.e. 14,16 Hz to 19,16 Hz) during 100 % of the time
- For systems connected to the railway 16,7 Hz interconnected grid:
  - 16,7 Hz +2 %/–3 % (i.e. 16,17 Hz to 17 Hz) during 100 % of the time

NOTE 2 In practice, the variation of frequency is more closely controlled in Europe than stated above. Vehicles will operate only within the frequency tolerances for 15 kV/16,7 Hz from 16,17 Hz to 17 Hz and for 25 kV/50 Hz range from 49 Hz to 51 Hz. If the frequency is out of this range, the vehicles performance may be reduced or the vehicle drives may be disconnected.

The effects of the frequency variations may be examined by the railway operators to ensure the absence of harmful consequences on the train signalling.

## 5 Testing

The tests specified in Table 2 are applicable, depending on the type of the line and on the need.

**Table 2 – Tests**

Title	Technical requirement	Test methodology	Kind of test
5.1 Voltage on the line	4.1	6.1.1 Rolling stock	Measurement
		6.1.2 Fixed installations	Measurement
5.2 Frequency	4.2	6.2 16,7 Hz only	Continuous monitoring test

NOTE Annex C describes the tests related to voltage changes.

## 6 Test methodology

### 6.1 Measurement of the voltage on the line

#### 6.1.1 Rolling stock

Rolling stock shall be tested as described in Clause 9 of IEC 61133.

### 6.1.2 Installations fixes

**Tableau 3 – Mesure de la tension de la ligne**

Où	Quand	Comment	Conditions d'acceptation
6.1.2.1 Sous-station Au niveau de la barre omnibus disjoncteurs de ligne ouverts, conditions d'exploitation normales. Pour le courant continu, il peut être nécessaire d'ajouter une petite charge résistive	A la mise en service	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enregistreur de tension pour la fréquence fondamentale, ou</li> <li>– Enregistreurs automatiques de données numériques disposant d'une gamme de fréquences supérieure ou égale à 2 kHz. Calcul des moyennes sur une durée de 1 s</li> <li>– Période de mesure: 1 min</li> </ul>	Voir 4.1 point c)
6.1.2.2 Si un dispositif quelconque de mesure de la tension est installé le long de la ligne  Mesure de chaque côté du dispositif, sans charge et en condition normale d'exploitation	A la mise en service et en exploitation	<p>Sans charge ⇒ voir sous-station</p> <p>En exploitation ⇒ voir mesure ponctuelle</p>	<p>Sans charge ⇒ voir sous-station</p> <p>En exploitation ⇒ voir mesure ponctuelle</p>
6.1.2.3 Mesure ponctuelle sur place, là où les problèmes se situent	En réaction à des problèmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Enregistreur de tension pour la fréquence fondamentale, ou</li> <li>– Enregistreurs automatiques de données numériques disposant d'une gamme de fréquences supérieure ou égale à 2 kHz. Calcul des moyennes sur une durée de 1 s</li> <li>– Période de mesure minimale 1 h, maximale 1 semaine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Toutes les valeurs de tensions sont supérieures ou égales à <math>U_{min2}</math>.</li> <li>– Toutes les durées de tensions en dessous de <math>U_{min1}</math> sont inférieures ou égales à la durée stipulée en 4.1, point a).</li> <li>– La valeur de tension moyenne se situe entre <math>U_{min1}</math> et <math>U_{max1}</math>.</li> <li>– Toutes les durées de tensions au-dessus de <math>U_{max1}</math> sont inférieures ou égales à la durée stipulée en 4.1, point b).</li> <li>– Toutes les valeurs de tension sont inférieures ou égales à <math>U_{max2}</math>.</li> </ul>

### 6.2 Mesure de la fréquence de la ligne

**Tableau 4 – Mesure de la fréquence de la ligne**

Où	Quand	Comment	Conditions d'acceptation
Suivi permanent  Uniquement pour les réseaux qui ne sont pas tributaires du réseau triphasé  Suivi permanent en ce qui concerne le contrôle de fréquence en circuit fermé dans les centrales électriques ou dans le centre de régulation du réseau	A la mise en service et en exploitation	Enregistrement automatique de données numériques disposant d'une gamme de fréquences $\geq 2$ kHz	Toutes les valeurs de fréquence se situant dans les gammes données en 4.2

## 6.1.2 Fixed installations

**Table 3 – Measurement of the voltage on the line**

Where	When	How	Acceptance condition
6.1.2.1 Substation Busbar, line circuit breakers open, normal operating conditions. For d.c. substations, it may be necessary to add a small resistive load.	At commissioning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltage recorder for the fundamental frequency or</li> <li>• Digital data loggers with a frequency range greater than or equal to 2 kHz averaging over 1 s</li> <li>• Measurement period 1 min</li> </ul>	See 4.1 item c)
6.1.2.2 If a voltage conditioning device is installed along the line  Measure on either side of the device under no load and normal operating condition	At commissioning and operating	No load ⇒ see substation  When in operation ⇒ see ad hoc measurement	No load ⇒ see substation  When in operation ⇒ see ad hoc measurement
6.1.2.3 Ad hoc measurement at the site, where problems are situated.	In response to problems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltage recorder devices for the fundamental frequency or</li> <li>• Digital data loggers with a frequency range greater than or equal to 2 kHz averaging over 1 s</li> <li>• Measurement period minimum 1 h maximum 1 week</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• All voltage values are greater than or equal to <math>U_{min2}</math>.</li> <li>• All durations of voltages below <math>U_{min1}</math> are less than or equal to the duration stated in 4.1 item a).</li> <li>• Average value of the voltage is between <math>U_{min1}</math> and <math>U_{max1}</math>.</li> <li>• All durations of voltages above <math>U_{max1}</math> are less than or equal to the duration stated in 4.1, item b).</li> <li>• All voltage values are less than or equal to <math>U_{max2}</math>.</li> </ul>

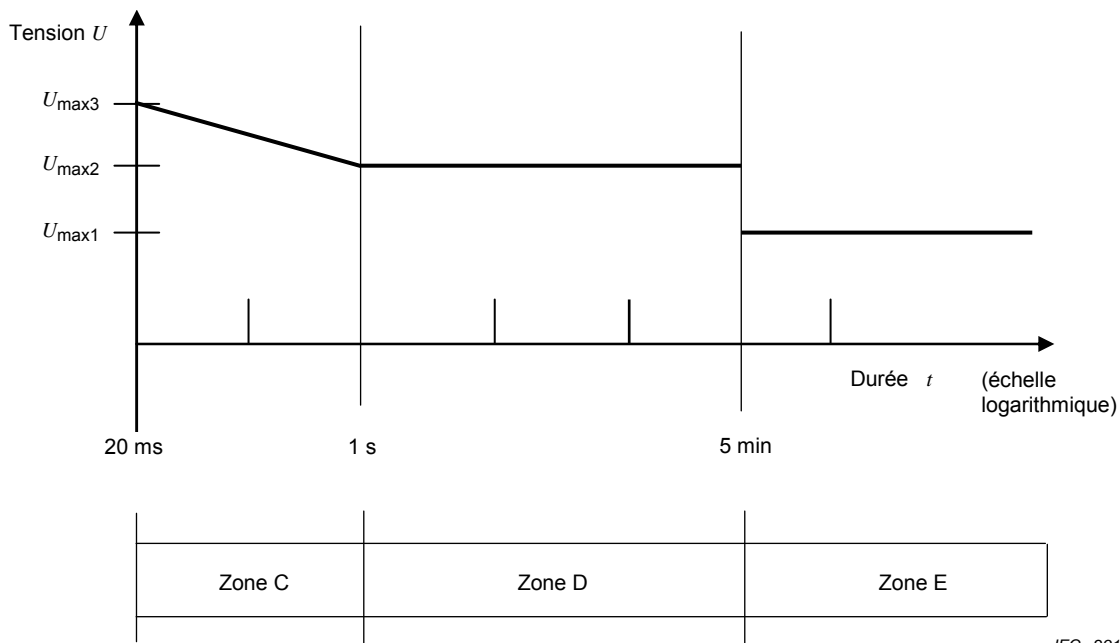
## 6.2 Measurement of the frequency on the line

**Table 4 – Measurement of the frequency on the line**

Where	When	How	Acceptance condition
Continuous monitoring  Only for networks, that are not imposed by the 3-phase grid Continuous monitoring in connection with the frequency closed loop control in the generating stations or in the network control centre	At commissioning and operating	Digital data loggers with a frequency range $\geq 2$ kHz	All frequency values are in the ranges given in 4.2.

## Annexe A (normative)

### Valeur maximale de la tension $U$ en fonction de la durée



#### Légende

Les zones A et B ne sont pas montrées dans la présente Figure, voir l'EN 50124-2.

Zone C: Surtension de longue durée

La variation en fonction du temps du rapport  $U/U_{max2}$  est identifiée par la relation :

$$U = U_{max2} \times t^{-k}$$

où

$t$  est le temps en secondes ( $0,02 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s}$ );

$k$  est le coefficient donné dans le Tableau A.1.

La représentation en coordonnée logarithmique de cette équation est une droite. La pente est donnée par  $k$ .

Zone D: tension non permanente la plus élevée  $U_{max2}$

Zone E: tension permanente la plus élevée  $U_{max1}$

**Figure A.1 – Valeur maximale de la tension  $U$  en fonction de la durée**

Le Tableau A.1 donne les valeurs pour  $U_{max1}$ ,  $U_{max2}$  et  $U_{max3}$ , alors que les valeurs entre  $U_{max2}$  et  $U_{max3}$  sont calculées à partir de la formule indiquée ci-dessus.

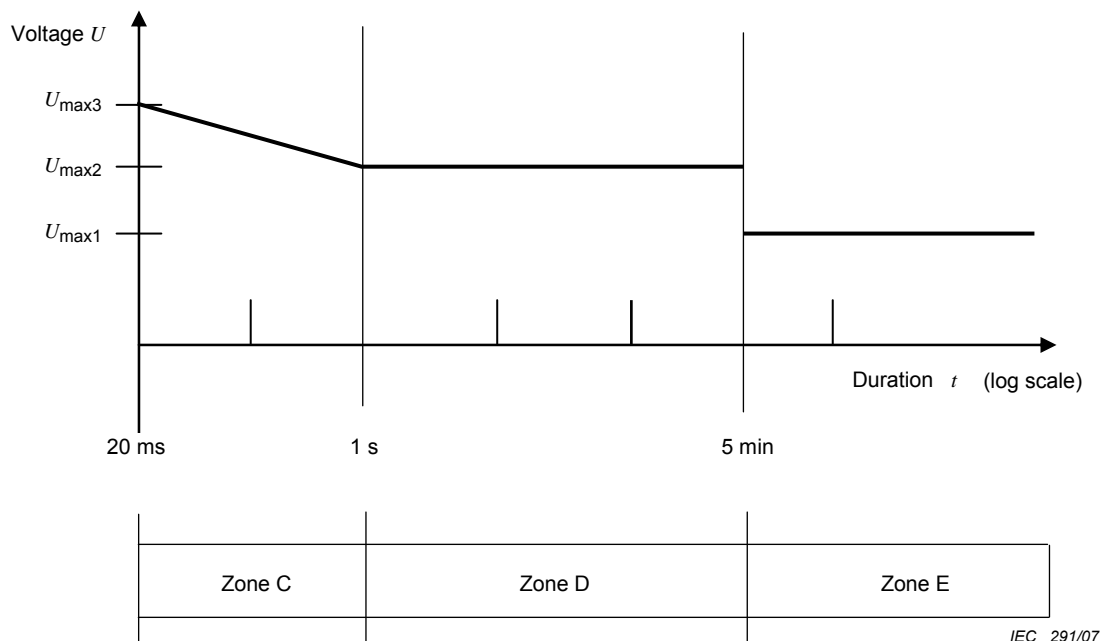
**Tableau A.1 – Surtensions**

Tension nominale $U_n$ V	750	1 500	3 000	15 000	25 000
Coefficient $k$	0,061 1	0,067 6	0,067 3	0,076 7	0,074 1
$U_{max1}$ (V)	900	1 800	3 600	17 250	27 500
$U_{max2}$ (V)	1 000	1 950	3 900	18 000	29 000
$U_{max3}$ (V)	1 270	2 540	5 075	24 300	38 750



## Annex A (normative)

### Maximum value of the voltage $U$ according to the duration



#### Key

Zones A and B are not shown in this Figure, see EN 50124-2.

Zone C : Long-term overvoltages

The variation of the ratio  $U/U_{\max2}$  versus duration is identified by

$$U = U_{\max2} \times t^{-k}$$

where

$t$  is the time in seconds ( $0,02 \text{ s} \leq t \leq 1 \text{ s}$ );

$k$  is the coefficient given in Table A.1.

The representation in log coordinates of this equation is a line. The slope is given by  $k$ .

Zone D : Highest non-permanent voltage  $U_{\max2}$

Zone E : Highest permanent voltage  $U_{\max1}$

**Figure A.1 – Maximum value of voltage  $U$  according to duration**

Table A.1 gives values for  $U_{\max1}$ ,  $U_{\max2}$  and  $U_{\max3}$  while the values between  $U_{\max2}$  and  $U_{\max3}$  are calculated using the formula given herein above.

**Table A.1 – Overvoltages**

Nominal voltage $U_n$ V	750	1 500	3 000	15 000	25 000
Coefficient $k$	0,061 1	0,067 6	0,067 3	0,076 7	0,074 1
$U_{\max1}$ (V)	900	1 800	3 600	17 250	27 500
$U_{\max2}$ (V)	1 000	1 950	3 900	18 000	29 000
$U_{\max3}$ (V)	1 270	2 540	5 075	24 300	38 750

## Annexe B (normative)

### Conditions nationales particulières

**Conditions nationales particulières:** Caractéristique ou pratique nationale qu'il n'est pas possible de modifier même sur une longue période, telle que, par exemple, des conditions climatiques ou des conditions électriques de mise à la terre.

Pour les pays pour lesquels la condition nationale particulière est applicable, ces dispositions sont normatives, pour les autres pays, elles sont informatives.

<u>Article</u>	<u>Conditions nationales particulières</u>
----------------	--

#### 4.1 Belgique

La tension non permanente la plus élevée ( $U_{\max 2}$ ) pour le matériel roulant Belge doit être 3 800 V, et non 3 900 V.

NOTE Origine: EN 50163:1995.

#### 4.1 France

Pour les réseaux urbains existants qui étaient conformes à la norme française applicable avant 1996-03-01 ("dop" de la EN 50163:1995), cette ancienne norme peut continuer de s'appliquer à ces réseaux dans le cadre de renouvellements partiels de matériel, tant que la mixité est démontrable, pendant 15 ans après 1996-03-01.

NOTE Origine: EN 50163:1995.

#### 4.1 Grande Bretagne

Pour les réseaux existants, qui ne sont pas conformes à cette norme, les valeurs de la tension la plus basse non permanente  $U_{\min 2}$ , par des charges de trafic normales mais pour lesquelles il y a des mises hors services d'équipement d'alimentation hors règles normales, doivent être comme suit:

- 400 V au lieu de 500 V sur le réseau britannique 750 V à troisième rail;
- 14 000 V sur le réseau 25 000 V, tension minimale pour laquelle un train doit continuer à fonctionner jusqu'à 10 min sans être endommagé;
- 12 500 V sur le réseau 25 000 V, tension minimale pour laquelle un train doit continuer à fonctionner jusqu'à 2 min sans être endommagé.

Pour les réseaux existants où il n'y a pas de systèmes de régulation de tension,  $U_{\max 1}$  peut être dépassé.

#### 4.1 Japon

Pour les réseaux électrifiés en courant continu 600 V, 750 V et 1 500 V, les deux valeurs ci-dessous  $U_{\min 1}$  et  $U_{\min 2}$  identiques, sont valables en lieu et place de celles du Tableau 1.

- 360 V sur le réseau 600 V à courant continu;
- 450 V sur le réseau 750 V à courant continu;
- 900 V sur le réseau 1 500 V à courant continu.

## Annex B (normative)

### Special national conditions

**Special national condition:** National characteristics or practice that cannot be changed even over a long period, for example climatic conditions, electrical earthing conditions.

For the countries in which the relevant special national conditions apply these provisions are normative, for other countries they are informative.

<u>Clause</u>	<u>Special national conditions</u>
4.1	<p><b>Belgium</b></p> <p>The highest non-permanent voltage (<math>U_{\max 2}</math>) for Belgian rolling stock shall be 3 800 V, not 3 900 V.</p> <p>NOTE From EN 50163:1995.</p>
4.1	<p><b>France</b></p> <p>For existing urban networks which have complied with the relevant national standard before 1996-03-01 ("dop" of EN 50163:1995), this previous standard may continue to apply for those networks within the context of partial renewals, as long as dualness is demonstrable for 15 years after 1996-03-01.</p> <p>NOTE From EN 50163:1995.</p>
4.1	<p><b>United Kingdom</b></p> <p>For existing networks, which are not compliant with this standard, the values of lowest non-permanent voltage <math>U_{\min 2}</math>, for normal traffic loads but where there are power supply equipment outages outside design standards, shall be as follows:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 400 V, instead of 500 V on the 750 V British third rail d.c. network;</li> <li>– 14 000 V on the 25 000 V network, minimum voltage at which a train shall continue to operate for up to 10 min without being damaged;</li> <li>– 12 500 V on the 25 000 V network, minimum voltage at which a train shall continue to operate for up to 2 min without being damaged.</li> </ul> <p>For existing networks where there is no provision for voltage regulation systems, <math>U_{\max 1}</math> may be exceeded.</p>
4.1	<p><b>Japan</b></p> <p>For 600 V, 750 V and 1 500 V d.c. network in Japan, the following values are valid as both <math>U_{\min 1}</math> and <math>U_{\min 2}</math>, instead of the values in Table 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– 360 V on the 600 V d.c. network;</li> <li>– 450 V on the 750 V d.c. network;</li> <li>– 900 V on the 1 500 V d.c. network.</li> </ul>

## **Annexe C** (informative)

### **Variations, coupures et distorsions de la tension**

#### **C.1 Variations rapides de la tension**

Les variations rapides de la tension dans la gamme indiquée au Tableau 1 sont un phénomène typique de l'électrification des chemins de fer dû aux variations de la charge de traction, de la configuration du réseau d'alimentation de la traction ou de la configuration des réseaux d'alimentation publics ou des chemins de fer.

#### **C.2 Creux de tension sur la ligne de contact**

Les creux de tension sont causés par des défauts sur la ligne de contact ou sur les réseaux de distribution publique.

La majorité des creux de tension présente une durée inférieure à 1 s et une amplitude inférieure à 50 % de  $U_n$ .

#### **C.3 Coupure brève de la tension**

En conditions normales d'exploitation, les coupures brèves de la tension sont également causées par les déclenchements des disjoncteurs et les manœuvres de réenclenchement automatique après la détection de défauts. Les cycles de réenclenchement automatique sont décrits dans les normes d'appareillage (EN 50123 et EN 50152). Des informations sont également données dans l'EN 50388.

L'occurrence annuelle des interruptions courtes de la tension d'alimentation se situe entre quelques dizaines jusqu'à quelques centaines. La durée d'environ 70 % des coupures brèves est inférieure à 10 s.

#### **C.4 Coupure longue de la tension**

Les coupures accidentelles sont usuellement causées par des événements extérieurs ou des actions qui ne peuvent pas être prévues par le gérant de l'infrastructure.

Il n'est pas possible d'indiquer des valeurs typiques pour la durée des interruptions longues.

En conditions normales d'exploitation, la fréquence annuelle des coupures longues de la tension de durée de plus de 3 min est inférieure à quelques unités.

Pour les coupures programmées à l'avance, aucune valeur indicative n'est donnée, car elles sont annoncées à l'avance.

#### **C.5 Distorsion de la tension (courant continu et courant alternatif)**

La distorsion de la tension provient des charges de traction et des auxiliaires, des convertisseurs de sous-station et du réseau public de distribution.

Il en résulte la génération d'harmoniques de haute et basse fréquences qui peuvent inclure, uniquement en courant alternatif, un décalage et des passages par zéro supplémentaires.

## **Annex C** (informative)

### **Changes, interruptions and distortion of voltages**

#### **C.1 Rapid voltage changes**

Rapid voltage changes within the ranges set up in Table 1 are an inherent part of railway electrification due to changes in traction load, configuration of traction power supply network or configuration of the public or railway power supply network.

#### **C.2 Contact line voltage dips**

Voltage dips are caused by faults on the contact line or on public distribution systems.

The majority of voltage dips have a duration of less than 1 s and a depth of less than 50 % of  $U_n$ .

#### **C.3 Short interruptions of the voltage**

Under normal operating conditions, voltage short interruptions are generally caused by circuit breakers tripping and auto-reclosing operations after the detection of faults. The auto-reclosing cycles are described in switchgear standards (EN 50123, EN 50152).

Information is also given in EN 50388.

The annual occurrence of short interruptions of the supply voltage ranges from up to a few tens to up to several hundreds. The duration of approximately 70 % of the short interruptions may be less than 10 s.

#### **C.4 Long interruptions of the voltage**

Accidental interruptions are usually caused by external events or actions which cannot be prevented by the infrastructure manager.

It is not possible to indicate typical values for duration of long interruptions.

Under normal operating conditions the annual frequency of voltage interruptions longer than 3 min may be less than some units.

Indicative values are not given for prearranged interruptions, because they are announced in advance.

#### **C.5 Distortion of the voltage (a.c. and d.c.)**

The voltage is distorted by traction and auxiliary loads, converter substations and the public distribution system.

This results in high and low frequency harmonics which may include, only for a.c., offset (transient) and extra zero crossings.

## C.6 Essais

### C.6.1 Généralités

Les paramètres concernant les variations de tension sont établis aux Articles C.1, C.2, C.3, et C.4 (technique). Les exigences d'essais et les conditions d'acceptation sont détaillées ci-après.

### C.6.2 Matériel roulant

Les exigences concernant les essais du matériel roulant à l'achèvement de la construction et avant la mise en service sont décrites dans la CEI 61133, à l'Article 9. Voir également les normes de produits.

### C.6.3 Installations fixes

**Tableau C.1 – Mesure des variations et des coupures de la tension**

Où	Quand	Comment
Mesure ponctuelle Sur place, là où se situent les problèmes	En réaction à des problèmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Les Articles C.1, C.2, C.3 et C.4 (technique) n'exigent aucun essai spécifique de type ou individuel de série. Cependant, après la mise en service, si un problème relatif à la qualité de la tension est remarqué, il est suggéré que la tension soit enregistrée sur une période représentative après la mise en œuvre du service normal complet. Il convient que les résultats soient analysés comme suit:</li> <li>– Variations rapides de la tension et creux de tension à la ligne de contact. Saisir les tensions inférieures à <math>U_{min2}</math> et analyser les données pour déterminer le niveau de tension en pourcentage de <math>U_n</math> et la durée en millisecondes. Entrer sur tableau les cas les plus marquants en termes de niveaux de tension la plus basse avec la durée correspondante. Identifier tout défaut ou manœuvre d'appareillage sur le réseau d'électrification ferroviaire ou sur le réseau public de distribution au moment des variations enregistrées sur le tableau.</li> <li>– Coupures brève et longue de la tension Saisir toutes les coupures de la tension et enregistrer la durée de chaque coupure. Entrer sur tableau les coupures en les ordonnant dans les gammes de durée suivantes: <ul style="list-style-type: none"> <li>– &lt; 10 s</li> <li>– 10 s – 1 min</li> <li>– 1 min – 3 min</li> <li>– &gt; 3 min</li> </ul> Indiquer le temps pour chaque coupure de durée supérieure à 3 min et ne pas prendre en compte les interruptions planifiées à l'avance.</li> </ul>

## C.6 Testing

### C.6.1 General

The parameters for voltage changes are set out in Clauses C.1, C.2, C.3 and C.4 (technical). Testing and acceptance requirements are detailed below.

### C.6.2 Rolling stock

The requirements for testing of rolling stock after completion of construction and before entry into service are set out in Clause 9 of IEC 61133. See also the product standards.

### C.6.3 Fixed Installations

**Table C.1 – Measurement of the voltage variations and interruptions**

Where	When	How
Ad hoc measurement At the site, where problems are situated.	In response to problems	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Clauses C.1, C.2, C.3 and C.4 (technical) do not require any specific type or routine test. However, after the introduction of service, if a problem is noted which is related to the quality of the voltage, then it is suggested that the voltage should be monitored over a representative period after the introduction of full normal service. The results should be analysed as follows.</li> <li>• Rapid voltage changes and contact line voltage dips. Capture voltages below <math>U_{\min 2}</math> and analyse data to give voltage level as a percentage of <math>U_n</math> and duration in milliseconds. Tabulate worst cases in terms of lowest voltage levels and duration. Identify any faults or switching on the railway electrification or public distribution systems at the time of the tabulated changes.</li> <li>• Short and long interruptions of the voltage Capture all voltage interruptions and record time of each interruption. Tabulate voltage interruptions by number in the following time bands: <ul style="list-style-type: none"> <li>– &lt; 10 s</li> <li>– 10 s – 1 min</li> <li>– 1 min – 3 min</li> <li>– &gt; 3 min</li> </ul> Give time for any interruptions exceeding 3 min but ignore any pre-arranged interruptions.</li> </ul>

## Bibliographie

96/48/CE, *Directive 96/48/CE du Conseil du 23 juillet 1996 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse – Journal officiel n° L 235 du 17/09/1996 p. 0006 – 0024*

CEI 62313<sup>1)</sup>, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité*

EN 50123, toutes les parties, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Appareillage à courant continu*

EN 50124-1, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 1: Prescriptions fondamentales – Distances d'isolement dans l'air et lignes de fuite pour tout matériel électrique et électronique*

EN 50124-2, *Applications ferroviaires – Coordination de l'isolement – Partie 2: Surtensions et protections associées*

EN 50152, toutes les parties, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Prescriptions particulières pour appareillage à courant alternatif*

EN 50160:1999, *Caractéristiques de la tension fournie par les réseaux publics de distribution*

EN 50388, *Applications ferroviaires – Installations fixes d'alimentation en énergie et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité*

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

UIC 550-2-OR, *Installations pour l'alimentation en énergie des voitures – Essais de types*

IEEE Std 16, 2004, *IEEE Standard for Electrical and Electronic Control Apparatus on Rail Vehicles*

---

<sup>1</sup> A publier.



## Bibliography

96/48/EC, *Council Directive 96/48/EC of 23 July 1996 on the interoperability of the trans-European high-speed rail system*, Official Journal L 235, 17/09/1996 P. 0006 – 0024

IEC 62313<sup>1)</sup>, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability*

EN 50123, all parts, *Railway applications – Fixed installations – D.C. switchgear*

EN 50124-1, *Railway applications – Insulation co-ordination – Part 1 : Basic requirements – Clearances and creepage distances for all electrical and electronic equipment*

EN 50124-2, *Railway applications – Insulation coordination – Part 2: Overvoltages and related protection*

EN 50152, all parts, *Railway applications – Fixed installations – Particular requirements for a.c. switchgear*

EN 50160:1999, *Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems*

EN 50388, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability*

UIC 550-OR, *Power supply installations for passenger stock*

UIC 550-2-OR, *Power supply systems for passenger coaches – Type testing*

IEEE Std 16, 2004, *IEEE Standard for Electrical and Electronic Control Apparatus on Rail Vehicles*

---

<sup>1</sup> To be published.

ISBN 2-8318-9025-X



9 782831 890258

---

**ICS 45.060**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND