

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead contactline (to achieve free access)

Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead contactline (to achieve free access)

Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-4602-3

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Symbols and abbreviated terms.....	10
5 Geometry	11
5.1 General.....	11
5.2 Overhead contact line characteristics.....	11
5.2.1 General	11
5.2.2 Gauges.....	11
5.2.3 Contact wire height.....	12
5.2.4 Contact wire gradient.....	12
5.2.5 Lateral deviation.....	12
5.2.6 Contact wire uplift.....	13
5.2.7 Neutral sections.....	13
5.2.8 Change over area between pantograph profiles.....	13
5.3 Pantograph characteristics.....	14
5.3.1 General	14
5.3.2 Assessment of the pantograph profile.....	14
5.3.3 Conducting range	17
6 Material interfaces	17
6.1 General.....	17
6.2 Contact wire.....	17
6.3 Contact strips	17
7 Interaction performance.....	18
7.1 General.....	18
7.2 Current capacity	18
7.3 Dynamic behaviour and quality of current collection.....	19
8 Operational requirements	22
8.1 Additional characteristics for automatic dropping device	22
8.2 Minimum spacing between two operating pantographs.....	22
Annex A (normative) Special requirements	23
A.1 Neutral sections.....	23
A.1.1 Principle of neutral section	23
A.1.2 Long neutral section	23
A.1.3 Short neutral section.....	24
A.1.4 Split neutral section	24
A.1.5 Arrangement of pantograph on trains.....	24
A.2 Profiles for interoperable pantograph head	26
A.2.1 Pantograph head with length of 1 600 mm	26
A.2.2 Pantograph head with length of 1 950 mm	27
A.3 Additional tests for DC systems	27
A.3.1 Current at standstill	27
A.3.2 Testing conditions	27
A.3.3 Testing procedure.....	28
A.4 Visualisation of mean contact forces	28

A.5	Other limitations (national annex for China)	29
A.6	National annex for Japan	30
A.6.1	General	30
A.6.2	Maximum lateral deviation	30
A.6.3	Dynamic behaviour and quality of current collection (<i>AQ</i> , <i>CQ</i>)	30
Annex B (informative)	Special national conditions	33
B.1	General	33
B.2	National characteristics	33
B.3	General characteristics of pantograph head	42
Annex C (informative)	Normally used materials for contact strips	52
Bibliography		53
Figure 1	General detail of pantograph with independently suspended collector head	16
Figure 2	Transition point – 1 600 mm and 1 950 mm pantograph head	17
Figure A.1	Principle of neutral section	23
Figure A.2	Long neutral section	23
Figure A.3	Short neutral section	24
Figure A.4	Split neutral section	24
Figure A.5	Arrangement of pantograph on trains	25
Figure A.6	Profile of pantograph head with length of 1 600 mm	26
Figure A.7	Profile of pantograph head with length of 1 950 mm	27
Figure A.8	Visualisation of contact forces AC	28
Figure A.9	Visualisation of contact forces DC 1,5 kV	29
Figure A.10	Visualisation of contact forces DC 3,0 kV	29
Figure B.1	Pantograph head with length of 1 450 mm	42
Figure B.2	Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1)	42
Figure B.3	Pantograph head with length of 1 600 mm (GB, CTRL)	43
Figure B.4	Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2)	43
Figure B.5	Pantograph head with length of 1 800 mm (NO, SE)	44
Figure B.6	Pantograph head with length of 1 600 mm (GB)	45
Figure B.7	Pantograph head with length of 1 950 mm (PL)	46
Figure B.8	Pantograph head with length of 1 760 mm (BE)	46
Figure B.9	Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1 in CN)	47
Figure B.10	Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2 in CN)	47
Figure B.11	Pantograph head with length of 1 600 mm (CN)	47
Figure B.12	Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 1 in CN)	48
Figure B.13	Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 2 in CN)	48
Figure B.14	Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 3 in CN)	49
Figure B.15	Pantograph head with length of 1 700 mm (CN)	49
Figure B.16	Pantograph head with length of 1 880 mm (JP type1)	50
Figure B.17	Pantograph head with length of 1 880 mm (JP type2)	50
Figure B.18	Pantograph head with length of 2 000 mm (RF)	51
Table 1	Range of nominal contact wire height for AC and DC systems	12

Table 2 – Maximum lateral deviation.....	13
Table 3 – Pantograph characteristics for AC and DC systems.....	14
Table 4 – Static contact forces.....	19
Table 5 – Maximum current at standstill.....	19
Table 6 – Limits for interaction performance (contact force).....	21
Table 7 – Values for interaction performance (arcs).....	22
Table 8 – Minimum distances of operating pantographs.....	22
Table A.1 – Values for interaction performance (arcs).....	30
Table A.2 – Maximum lateral deviation.....	30
Table A.3 – Values for interaction performance (arcs and current loss).....	32
Table B.1 – Overhead contact line characteristics for AC systems.....	34
Table B.2 – Overhead contact line characteristics for DC systems.....	35
Table B.3 – Rolling stock characteristics for AC systems.....	36
Table B.4 – Rolling stock characteristics for AC systems.....	37
Table B.5 – Rolling stock characteristics for DC systems.....	38
Table B.6 – Rolling stock characteristics for DC systems.....	39
Table B.7 – Interaction performance for AC systems.....	40
Table B.8 – Interaction performance for AC systems.....	41
Table B.9 – Interaction performance for DC systems.....	41
Table C.1 – Contact strip material normally used.....	52

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – CURRENT COLLECTION SYSTEMS –
TECHNICAL CRITERIA FOR THE INTERACTION BETWEEN PANTOGRAPH
AND OVERHEAD CONTACTLINE (TO ACHIEVE FREE ACCESS)**

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 62486 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the upper line properties for both AC and DC power systems as well as the current collector characteristics have been clarified;
- b) the requirements for pantograph with individually spring parts of the pantograph head were taken;
- c) the lateral deviation of the contact wire is made to EN 15273;
- d) in Annex A have been added to specific conditions of CN and JP;

- e) in Annex B, special national conditions have been supplemented by the data of additional IEC members.

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

FDIS	Report on voting
9/2277/FDIS	9/2298/RVD

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

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

This international standard is derived from the European standard EN 50367 that was offered to the IEC by CENELEC.

The reader's attention is drawn to the fact that Annexes B and C list all of the "in-some-country" clauses on differing practices of a less permanent nature relating to the subject of this standard.

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

RAILWAY APPLICATIONS – CURRENT COLLECTION SYSTEMS – TECHNICAL CRITERIA FOR THE INTERACTION BETWEEN PANTOGRAPH AND OVERHEAD CONTACTLINE (TO ACHIEVE FREE ACCESS)

1 Scope

This document specifies requirements for the interaction between pantographs and overhead contact lines, to achieve interoperability.

NOTE These requirements are defined for a limited number of pantograph types, referred to as 'interoperable pantograph', together with the geometry and characteristics of compatible overhead contact lines.

This document describes parameters and values for all planned lines and future lines.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-811:1991, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 811: Electric traction*

IEC 60494-1:2013, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 1: Pantographs for main line vehicles*

IEC 60913:2013, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

IEC 62313:2009, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock*

IEC 62499:2008, *Railway applications – Current collection systems – Pantographs, testing methods for carbon contact strips*

IEC 62846:2016, *Railway applications – Current collection systems – Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line*

IEC 62917, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-811:1991 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1

arcing

flow of current through an air gap between a contact strip and a contact wire usually indicated by the emission of intense light

3.2

automatic dropping device

device that lowers the pantograph in the event of pantograph head failure or damage of the pantograph head

[SOURCE: IEC 60494-1:2013, 3.2.19]

3.3

contact force

vertical force applied by the pantograph to the overhead contact line

Note 1 to entry: The contact force is the sum of forces of all contact points.

3.4

contact point

point of the mechanical contact between a contact strip and a contact wire

3.5

contact wire height

distance from the top of the rail (or road surface for overhead contact line system for trolleybus applications) to the lower face of the contact wire, measured perpendicular to the track

Note 1 to entry: The contact wire height is measured perpendicular to the track or road surface.

3.6

continuous pantograph head profile

pantograph head with collector strips and horns suspended in one piece

3.7

encroachment of the pantograph head above the contact plane

perpendicular distance from the contact plane to the highest point of the pantograph head. The contact plane is the plane parallel to base frame of pantograph at the contact point

Note 1 to entry: Additional information is given in EN 15273-1:2013, Figure 46.

3.8

maximum contact wire height

maximum value of the contact wire height above rail level occurring in any possible case during the lifetime of the overhead contact line

3.9

maximum design contact wire height

maximum theoretical contact wire height not including tolerances and uplift, which the pantograph is required to reach

3.10

maximum width of pantograph head

maximum distance measured along the axis of the track between the outer edges of the contact strips

3.11

mean contact force F_m

statistical mean value of the contact force

Note 1 to entry: F_m is formed by the static and aerodynamic components of the pantograph contact force.

3.12

mechanical kinematic pantograph gauge

gauge of the pantograph head under all operating conditions

Note 1 to entry: Additional information is given in EN 15273-1:2013, Clause 3.

3.13

minimum contact wire height

minimum value of the contact wire height above rail level occurring in any possible case during the lifetime of the overhead contact line

3.14

neutral section

section of a contact line provided with a sectioning point at each end, to prevent successive electrical sections differing in voltage or phase being connected together by the passage of current collectors

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-36-16]

3.15

nominal contact wire height

nominal value of the contact wire height above rail level at a support in the normal conditions

3.16

non-continuous pantograph head profile

pantograph head with collector strips separately (independently) suspended from the main horns

3.17

overhead contact line

contact line placed above or beside the upper limit of the vehicle gauge and supplying vehicles with electric energy through roof mounted current collection equipment

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-02]

3.18

percentage of arcing NQ

proportion of driving time with arcing

NQ this is given by the following formula:

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

t_{arc} is the duration of an arc lasting longer 5 ms;

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current.

The result, given in %, is a characteristic for a given speed of the vehicle

3.19

static contact force

vertical force exerted upward by the pantograph head on the overhead contact line, caused by the pantograph-raising device, whilst the pantograph is raised and the vehicle is stationary

3.20

transition zone of pantograph head

range for the transition point between non independently suspended parts and independently suspended parts of the pantograph head (see Figures 1 and 2)

3.21

gradient

ratio of the difference in height of the overhead contact line above top of rail (or road surface for overhead contact line system for trolleybus applications) at two successive supports to the length of the span

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.4.2]

3.22

contact loss

condition where the contact force is zero

Note 1 to entry: Contact loss surely induces arcing except in the case of coasting. However, if two or more pantographs are connected electrically each other, arc will immediately disappear and then the condition will shift to 'current loss'.

3.23

current loss

condition where current flowing through a pantograph is zero under the condition of contact loss

Note 1 to entry: When a train is equipped with two or more pantographs electrically connected by a bus cable, necessary traction power can be supplied by other pantographs through the bus cable in case of contact loss. Therefore, current loss condition will generally not affect driving of the train.

4 Symbols and abbreviated terms

AC	Alternative Current
AQ	percentage of all arcing
CQ	percentage of current loss
DC	Direct Current
D'	length of neutral zone excluding overlapping parts taking into account the uplift by pantograph passage and insulation clearances
D	overall length of neutral section as distance between adjacent systems/phases including overlapping parts taking into account the uplift by pantograph passage and insulation clearances
d	length of insulator inserted in contact wire
F_m	mean contact force
F_{max}	maximum contact force
$F_{m, min}$	minimum mean contact force
$F_{m, max}$	maximum mean contact force
F_{min}	minimum contact force
F_{stat}	static contact force
GC	gauge C according to EN 15273
L	Inner distance between two adjacent pantographs
L'	Outer distance between first and last operating pantographs
L''	Inner distance between one and the second following operating pantographs
l	maximum width of pantograph head

NQ	percentage of arcing
σ	standard deviation of contact force
$\sigma_{\max}$	maximum standard deviation of contact force
d_l	Lateral deviation of contact wire
b_w	Half-length of the pantograph head
$b_{w,c}$	Half-length of the pantograph head conducting length (with insulating horns) or working length (with conducting horns)
b'_h	Length of mechanical kinematic pantograph gauge at contact wire height
h'_o	Maximum verification height of the pantograph gauge in a collecting position
h'_u	Minimum verification height of the pantograph gauge in a collecting position
h'_{c0}	Reference roll centre height for the pantograph gauge
I'_0	Reference cant deficiency taken into account by the vehicle for the pantograph gauging
D'_0	Reference cant taken into account by the vehicle for the pantograph gauge
s'_0	Flexibility coefficient taken into account by agreement between the Railway Undertaking and the Infrastructure Manager for pantograph gauging
α	Angle of independent suspended part of the pantograph head at the transition point
β	Angle of the main horn on the fixed part of the pantograph head

5 Geometry

5.1 General

The geometric characteristics of the overhead contact line shall be designed and built in accordance with 5.2. The geometric characteristics of the pantograph(s) shall be designed and built in accordance with 5.3, according to the type of infrastructure on which it will operate.

5.2 Overhead contact line characteristics

5.2.1 General

The following geometric parameters of the overhead contact line are defined in order to achieve free access:

- gauge;
- contact wire height;
- contact wire gradient;
- lateral deviation of the contact wire from the track centre line under action of a crosswind;
- free and unrestricted contact wire uplift at the support;
- neutral section arrangements.

The overhead contact line shall conform to IEC 60913.

5.2.2 Gauges

The design of the overhead contact line shall allow the operation of vehicles compliant to the appropriate vehicle gauge for the route.

NOTE This gauge is calculated according to EN 15273.

5.2.3 Contact wire height

The range of nominal contact wire height shall be in accordance with Table 1.

The contact wire may be higher in certain cases such as level crossings, loading areas, etc. In these cases the maximum design contact wire height shall not be greater than 6,20 m.

The maximum contact wire height is 6,5 m.

The contact wire height may be lower in certain cases related to gauge such as bridges and tunnels. Minimum contact wire height shall be calculated in accordance with IEC 60913:2013, 5.10.4.

Table 1 – Range of nominal contact wire height for AC and DC systems

Line speed v km/h	$v \leq 200$	$200 < v < 250$	$v \geq 250$
Range of nominal contact wire height [m]	5,0 up to 5,75	5,0 up to 5,5	5,0 up to 5,3

5.2.4 Contact wire gradient

The permissible contact wire gradient is defined in IEC 60913:2013, 5.10.3.

The variation in contact wire height shall fulfil the requirements imposed by IEC 60913:2013, 5.10.3.

The contact wire gradient specified in IEC 60913:2013, 5.10.3 may be exceeded on an exceptional basis, where a series of restrictions on the contact wire height such as level crossings, bridges, tunnels, etc., prevents compliance. In this case the requirements of 7.3 are not applicable, and the contact force shall not exceed the maximum value defined in IEC 60913:2013, 5.2.5.2.

5.2.5 Lateral deviation

The maximum lateral deviation of the contact wire shall be calculated by taking into consideration the total movement of the pantograph with respect to the nominal track position and the conducting range (or working length, for pantographs with horns made from a conducting material) as follows:

$$d_l = b_{w,c} + b_w - b'_h$$

The values shall be adjusted taking into account the pantograph movement, track gauge and track tolerances according to appropriate gauging standard and the following reference parameters:

$$s'_0 = 0,225$$

$$h'_{c0} = 0,5 \text{ m}$$

$$I'_0 = 0,066 \text{ m and } D'_0 = 0,066 \text{ m}$$

$$h'_o = 6,500 \text{ m and } h'_u = 5,000 \text{ m}$$

$$b_{w,c} = 600 \text{ mm for pantographs in accordance with Figure A.6}$$

$$b_w = 800 \text{ mm for pantographs in accordance with Figure A.6}$$

$$b_{w,c} = 775 \text{ mm for pantographs in accordance with Figure A.7}$$

$$b_w = 975 \text{ mm for pantographs in accordance with Figure A.7}$$

NOTE Appropriate gauging standard could be EN 15273 (or equivalent or UIC 505 series).

For interoperable pantographs defined in A.2 the limit for the maximum permissible lateral deviation of the contact wire normal to the design track centre line under the action of cross wind is given in Table 2.

Table 2 – Maximum lateral deviation

Dimensions in millimetres

Pantograph length	Maximum lateral deviation
1 600	400
1 950	550

In the case of a multi-rail track, the requirement shall be fulfilled for each pair of rails (designed to be operated as separated track) that is intended to be interoperability.

NOTE For additional national requirements outside Europe, see Clauses A.5 and A.6.

The wind speed and the pantograph length to be considered will be defined by the infrastructure manager.

5.2.6 Contact wire uplift

The requirements for the allowance for contact wire uplift at the support are defined in IEC 60913:2013, 5.10.2.

5.2.7 Neutral sections

For operation through neutral sections see IEC 62313. The requirements for the design of neutral sections are defined as follows:

- trains shall be able to move from one section to an adjacent one (which is fed from a different phase or system) without bridging the neutral section;
- the neutral section shall be designed in such a way that trains with multiple pantographs arranged according to A.1.5 at an overall separation up to a maximum of 400 m can pass through with their pantographs raised;
- adequate means shall be provided to allow a train that is stopped within the phase separation section to be restarted.

In the case of trains with multiple pantographs, the pantographs shall be lowered for the entire length of the neutral section if any of the above requirements cannot be met. Technical or operational measures shall be taken to meet safety and availability requirements.

For compatibility between neutral sections and certain arrangements of pantographs, see Clause 8.

5.2.8 Change over area between pantograph profiles

At connections between lines which are designed for different pantograph profiles, a change over area shall be provided. In the changeover area one pantograph type shall be lowered and the other type shall be raised. In the area which is common to the different pantograph profiles, the overhead contact line shall be designed as follows:

- the lateral deviation of the contact wire according to 5.2.5 shall be calculated for a pantograph with the shortest length of head;
- the pantograph gauge according to 5.2.2 shall be calculated for a pantograph with the largest length of head.

The new pantograph shall not be raised before the other is lowered.

NOTE Lowering of a pantograph before raising another one is necessary to avoid a critical uplift of the contact wire and unexpected high contact forces.

5.3 Pantograph characteristics

5.3.1 General

The following geometric parameters of the pantograph are important to interaction performance:

- geometric profile of pantograph head;
- working range of the height of pantograph;
- length of contact strips;
- maximum width of pantograph head;
- encroachment of the pantograph head above the contact line.

The maximum encroachment of pantograph head shall not exceed 60 mm under all conditions according to EN 15273-1:2013, 8.1.1.3.

NOTE 1 Typically the critical case is with the contact point at the limit of the contact strips with maximum contact forces applied.

The maximum lateral deviation of the contact wire using interoperable pantograph heads is specified in 5.2.5.

The design of the pantograph (see Table 3) shall ensure performance in accordance with Clause 7 for the speed range and a contact wire height according to 5.2.3 and Table 1. The maximum value of working height shall be 6,5 m.

Table 3 – Pantograph characteristics for AC and DC systems

Profile of pantograph heads ^a	See Figure A.6 and Figure A.7
Maximum width of pantograph head (m) ^b	0,65
Mechanical kinematic pantograph gauge	See 5.2.2
^a See Figures B.1 to B.18 for the national profiles for existing lines.	
^b Maximum width of pantograph head, see A.1.3.	

NOTE 2 The reference point for the pantograph profiles refers to the contact point (of contact strip and contact wire) at the centre of the pantograph head.

The pantograph shall conform to IEC 60494-1. Additional tests are defined in 5.3.2.

5.3.2 Assessment of the pantograph profile

5.3.2.1 General

An assessment of the pantograph profile shall be undertaken on a new pantograph.

5.3.2.2 Continuous pantograph head profile

Pantograph heads shall remain compliant with the overall profile according Figures A.6 and A.7. Maximum vertical deviation from the nominal pantograph profile is allowed only downwards and shall be less than 30 mm.

Deviations below the pantograph profile inside the minimum collector strip length shall not exceed 5° against a line horizontal to the pantograph when in a horizontal orientation.

5.3.2.3 Non-continuous pantograph head profile (independent suspended collector strips)

Additional assessments to 5.3.2.2 shall be undertaken as follows:

The transition between independent parts of the pantograph head shall be checked.

For pantograph heads fitted with contact strips having independent suspensions, the test value of nominal static contact force given in Table 4 is applied to the centre of the head.

For pantographs capable of operating with different static forces (multi voltage pantographs), the lowest value shall be used.

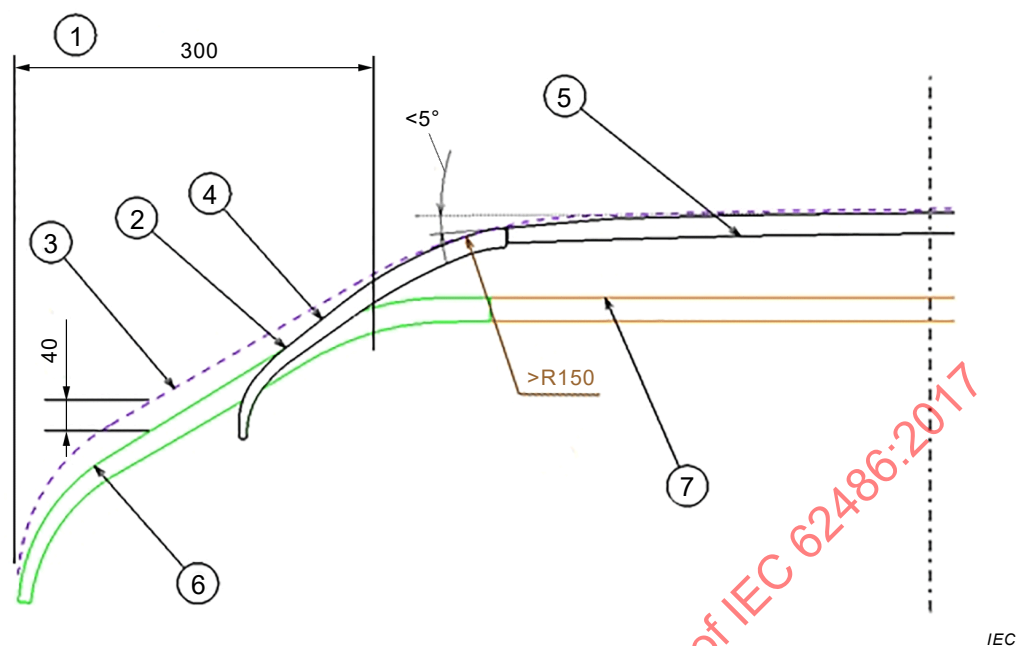
The location of the transition point between independently suspended parts of the collector head shall be less than 300 mm from the end of the pantograph.

Deviations downwards from the pantograph profile shall not exceed following maximum gradients against a line horizontal to the pantograph when in a horizontal orientation

- outside the transition zone of pantograph head 30°;
- at the transition point of pantograph head 40°.

In the transition zone the maximum vertical deviation from the nominal pantograph profile is allowed only downwards and shall be less than 40 mm (see Figure 1).

Dimension in millimetres



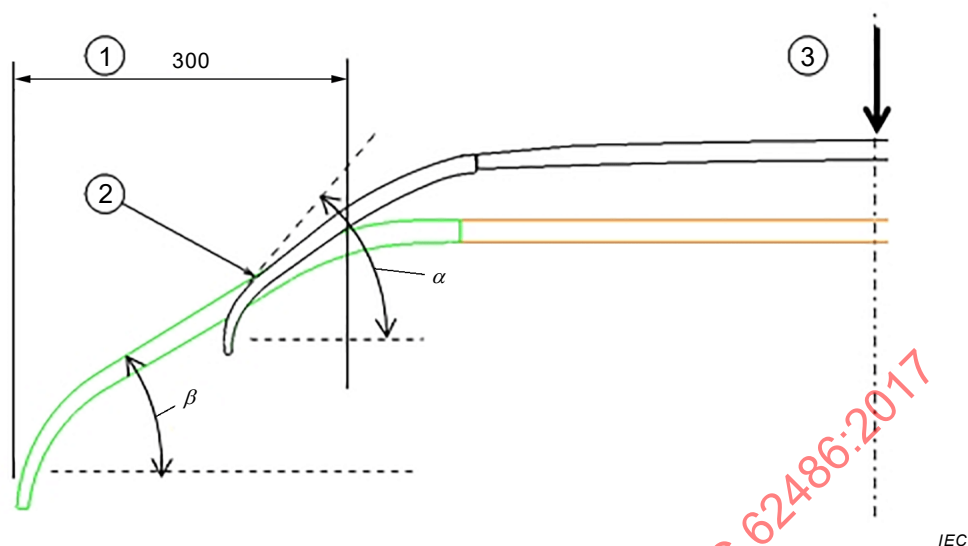
Key

- 1 transition zone
- 2 transition point
- 3 nominal pantograph profile
- 4 conducting horn
- 5 contact strip
- 6 Insulating horn
- 4 + 5 independently suspended parts of the pantograph head
- 6 + 7 nominal profile of pantograph head

Figure 1 – General detail of pantograph with independently suspended collector head

The position of transition point and the angle between the fixed and independent parts at the transition point shall be as defined in Figure 2.

Dimension in millimeters

**Key**

- 1 transition zone
- 2 transition point
- 3 static force

Figure 2 – Transition point – 1 600 mm and 1 950 mm pantograph head

Condition: The maximum value for α shall not exceed 40° . Maximum value for β is given by Figures A.6 and A.7.

5.3.3 Conducting range

The conducting range and the minimum length of contact strip are defined in Figures A.6 and A.7.

6 Material interfaces

6.1 General

The wear of contact wire and contact strips and the permissible current at the contact point depends significantly on the materials of these two components. In order to achieve a satisfactory performance the characteristics of contact wire and contact strips shall be in accordance with 6.2 and 6.3.

6.2 Contact wire

The contact wire shall comply with the requirements of IEC 62917 and shall be used in accordance with IEC 60913.

In accordance with IEC 62917, permissible materials of contact wire are copper and copper-alloy. Other materials are allowed when it can be proven that the characteristics are equal to or better than the characteristics of the permitted materials.

6.3 Contact strips

The type of contact strip to be used shall be determined in accordance with the following properties:

- current capacity;
- contact force;
- contact strip material.

For AC lines plain carbon shall be permitted.

For DC lines plain carbon and impregnated carbon shall be permitted.

For common operation on AC and DC lines plain carbon shall be permitted.

NOTE 1 Plain carbon collector strips consist of a mixture of amorphous and graphite carbon elements. Impregnated carbon collector strips are plain carbon strips where the cavities are filled with metal. The degree of impregnation is defined by percentage of weight.

Contact strips made from other materials shall be subject to agreement between the Infrastructure Manager and Railway Undertaking.

Operation with different contact strip materials on the same infrastructure network (see Table C.1) shall be based on an agreement between Infrastructure Manager and Railway Undertaking.

NOTE 2 If contact strips of mixed materials are used in the networks, the wear of contact strips and/or contact wire could increase. Recommendations based on ongoing investigations will be included in next revision of this standard.

The contact strips shall be tested in accordance with IEC 62499:2008.

For DC systems additional tests according to Clause A.3 shall be performed to check the maximum current at standstill.

7 Interaction performance

7.1 General

The performance of the overhead contact line and pantograph interface shall be subject to conformity assessment.

For current collection without interruption, functional requirements are described here. These requirements are related to the geometric profile of the pantograph head and to the dynamic behavior of the vehicle (for example kinematic envelope) and ensure that at least one contact wire is always within the conducting range of pantograph head (including all tolerances).

7.2 Current capacity

The current in the overhead contact line depends on different parameters such as speed, train weight, number of and distance between trains, line gradient and power supply system.

The properties of pantograph and contact wire shall be such that overheating does not occur. The maximum allowed current collected by the pantograph depends on the following parameters:

- number and material of contact wires;
- number and material of contact strips;
- actual contact forces at the contact point;
- train speed;
- environmental conditions.

The current demand of the train shall comply with the working limits of the overhead contact line according to IEC 62313:2009, Table 2. Temperature limits of the conductors shall be in accordance with IEC 60913:2013, 5.1.2.

Static contact force is defined in IEC 60494-1:2013, 3.3.5, and is exerted by the pantograph on the contact wire. The overhead contact line shall be designed for a static contact force as specified in Table 4.

Table 4 – Static contact forces

	Range for application N	Test value N
AC	60 to 90	70
DC 3 kV	90 to 120	90
DC 1,5 kV	70 to 140	90

NOTE For Japan, a nominal range for application 44 N to 84 N and test value 54 N is valid.

Conformity assessment for static contact force shall be carried out by design review and measurements in accordance with IEC 60494-1:2013.

Compatibility with current at standstill performance shall be assessed according to A.3.1. The maximum current at standstill is given in Table 5.

Table 5 – Maximum current at standstill

Category	AC	DC 1,5 kV	DC 3 kV
Maximum current at standstill per pantograph (A)	80	300	200

NOTE 1 The static contact force should be adjustable for safe current collection at standstill of the train.

NOTE 2 Maximum current at standstill is sometimes substantially lower than values in Table 5 depending on specifications of vehicle such as number of pantographs.

7.3 Dynamic behaviour and quality of current collection

Safety and performance of train operation and wear of the contact strips and contact wire are influenced by the dynamic interaction between the pantograph and the overhead contact line.

The dynamic behaviour depends upon the characteristics of the pantograph and overhead contact line and the operating conditions. The principal operating conditions to be considered are the train speed and the number, distance and position of the pantographs.

The acceptable number of pantographs and their minimum spacing (see Table 8) are limited by the dynamic performance of pantograph and overhead contact line. The overhead contact line shall be designed in accordance with the requirements for dynamic behaviour. Contact wire uplift at the design speed shall comply with the requirements in Table 6.

The quality of current collection has a fundamental impact on the life of a contact wire and shall therefore comply with agreed and measurable parameters.

Compliance with the requirements for dynamic behaviour shall be verified by assessment of:

- contact wire uplift

and for quality of current collection, either

- mean contact force F_m and standard deviation $\sigma_{\max}$

or

- percentage of arcing NQ

The Infrastructure Manager shall decide which measurement system is to be used. The values to be achieved by the chosen method are set out in Tables 6 and 7. The values shall be measured in accordance with IEC 62846.

NOTE For additional national requirements (China, Japan) outside Europe, see Clauses A.5 and A.6.

For qualification of performance with more than one pantograph, the pantograph which shows the most critical values shall be considered. The worst performing pantograph should be determined by simulation in accordance with EN 50318 or testing in accordance with IEC 62846.

Table 6 shows limits for interaction performance. These values shall apply for the range of nominal contact wire heights given in Table 1 to any operating pantograph.

F_m for any pantograph shall be between the design limit and the approval limit for pantographs given in Table 6. For each pantograph, the criteria for current collection quality shall be fulfilled.

For speeds higher than 320 km/h national rules for the value of F_m shall apply.

Table 6 – Limits for interaction performance (contact force)

Line speed	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h
Category	AC	AC	DC 1,5 kV	DC 1,5 kV	DC 3 kV	DC 3 kV
$F_{m,max}$ (N) ^a Design limit ^b	$F_{m,max} < 0,000\ 47\ v^2 + 90$	$F_{m,max} < 0,000\ 97\ v^2 + 70$	$F_{m,max} < 0,000\ 97\ v^2 + 140$	$F_{m,max} < 0,002\ 28\ v^2 + 90$	$F_{m,max} < 0,000\ 97\ v^2 + 110$	$F_{m,max} < 0,000\ 97\ v^2 + 110$
$F_{m,min}$ (N) Minimum for pantograph approval ^{a d}	$0,000\ 47\ v^2 + 60$	$0,000\ 47\ v^2 + 60$	$0,001\ 12\ v^2 + 70$	$0,001\ 12\ v^2 + 70$	$0,000\ 72\ v^2 + 90$	$0,000\ 72\ v^2 + 90$
σ_{max} (N) at maximum speed ^c	$0,3\ F_{m,max}$					
Space for free and unrestricted uplift of the contact wire	See IEC 60913:2013, 5.10.2					
If simulations are used, they shall be validated in accordance with EN 50318.						
^a For visualisation of the formulas see Figures A.8 to A.10.						
^b The overhead contact line shall be designed to accept as a minimum the value of mean force (F_m) stated here. The pantograph design shall apply as a maximum the mean force (F_m) stated here.						
^c The limit of $\sigma = 0,3\ F_m$ gives a probability of less than 0,27 % that contact forces lower than $0,1\ F_m$ occur for a gaussian distribution of forces.						
^d In JP, $F_{m,min} \geq F_{stat}$						

NOTE 1 Formulas valid for $v \neq 0$.

NOTE 2 For additional national requirements (China, Japan) outside Europe see Clauses A.5 and A6.

Table 7 – Values for interaction performance (arcs)

Requirement	$v \leq 160$ km/h	$160 \text{ km/h} < v \leq 250$ km/h	$v > 250$ km/h
Percentage of arcing at maximum line speed, NQ (%) (minimum duration of arc 5 ms)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$ for AC $\leq 0,2$ for DC	$\leq 0,2$ for AC
If, in the event of a failure of the normal operating pantograph, continued operation at normal speed using the backup pantograph is required, the value of NQ shall be not more than 0,5. If operation at normal speed is not required, the train shall operate at such a speed that maintains the normal value of NQ . The operation conditions shall be subject to agreement by the Infrastructure Manager.			

NOTE For additional national requirements (China, Japan) outside Europe see Clauses A.5 and A.6.

8 Operational requirements

8.1 Additional characteristics for automatic dropping device

An automatic dropping device shall be employed for lines with speed of 160 km/h or more if required by the customer.

From the moment of initiation, the pantograph shall lower to the minimum dynamic electrical clearance in less than 3 s. The pantograph shall lower to the housed position in less than 10 s. The circuit breaker shall be opened before lowering the pantograph.

8.2 Minimum spacing between two operating pantographs

The overhead contact line shall be designed for a minimum of two pantographs operating adjacently, having a distance designation as type A, B, C or D as set out in Table 8. The distance is measured between pantograph head centre lines. The Infrastructure Manager shall define the line type (see Table 8).

NOTE The limits for maximum width are important for the correct operation of sectioning devices. The limits for distances between operating pantographs are important for the correct operation of neutral sections, see Clause A.1.

If there is no risks for an electrical short between different power sources, operating pantographs can be connected electronically even in AC system. For DC systems, when an electrical connection between operation pantographs exists, a device to interrupt this connection shall be provided in the case where any accident of contact lines or rolling stocks is anticipated.

Table 8 – Minimum distances of operating pantographs

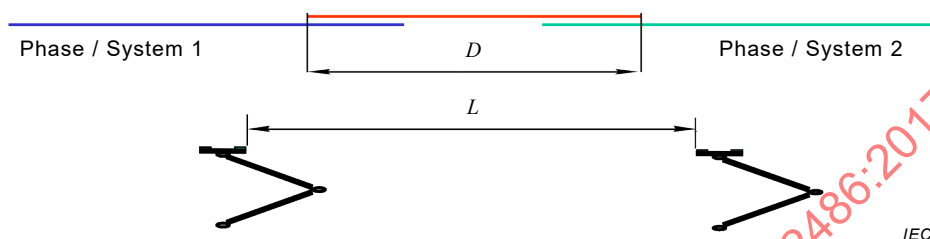
	AC				3 kV DC			1,5 kV DC			
	Minimum distances of operating pantographs										
	m										
Line type designation	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C	D
Operating speed (km/h)											
$v > 250$	200	200	200	45	200	200	200	200	200	35	NA
$160 < v \leq 250$	200	85	35	45	200	115	35	200	85	35	NA
$120 < v \leq 160$	85	85	35	45	20	20	20	85	35	20	12
$80 < v \leq 120$	20	15	15	12	20	15	15	35	20	15	3
$v \leq 80$	8	8	8	12	8	8	8	20	8	8	3

Annex A (normative)

Special requirements

A.1 Neutral sections

A.1.1 Principle of neutral section



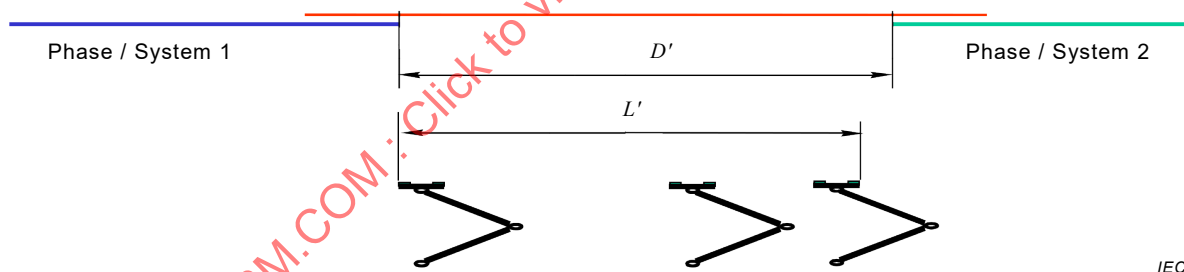
Conditions:

$$L > D$$

Figure A.1 – Principle of neutral section

The distance L shall be in accordance with Table 8. It is only interoperable for a pantograph distance L of 200 m. For other distances see Tables B.3 and B.4.

A.1.2 Long neutral section



Conditions:

$$L' < 400 \text{ m}$$

$$D' > 400 \text{ m}$$

Figure A.2 – Long neutral section

NOTE In case of the arrangement according to Figure A.2 the neutral section is longer than the distance between the farthest pantographs in operation on an interoperable train with maximum of 400 m.

A.1.3 Short neutral section

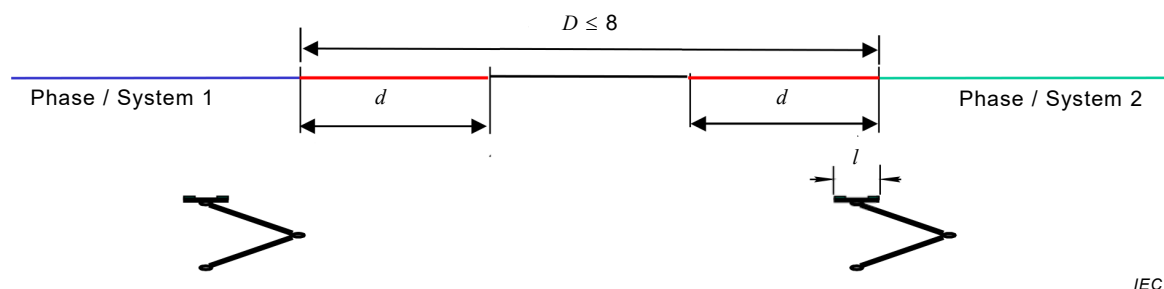


Figure A.3 – Short neutral section

In the case of Figure A.3, the neutral sections (d) may be formed by neutral section insulators and the dimensions shall be as follows:

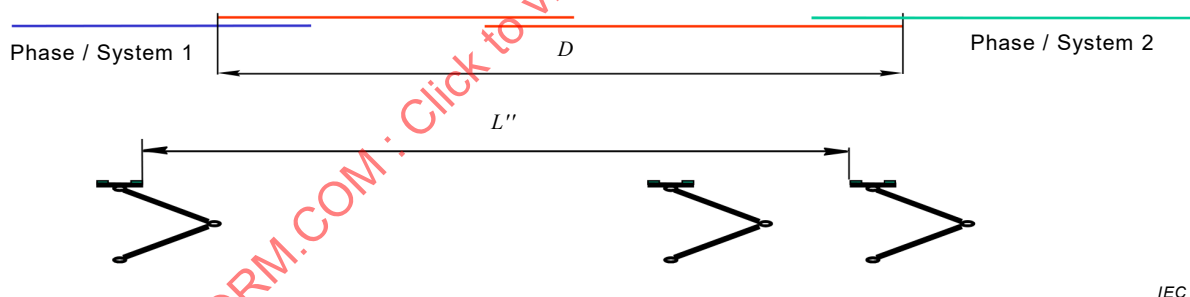
$$D \leq 8 \text{ m}$$

This small length ensures that the probability of a train stopping inside the phase separation does not require the adequate means to restart.

The length of d shall be chosen in accordance with the system voltage, maximum line speed and the maximum pantograph width l .

The centre section may be connected to the current return path.

A.1.4 Split neutral section



Conditions:

$$L'' > D$$

Figure A.4 – Split neutral section

Depending on speed and line characteristics one of the following two configurations may be used

Configuration I $D < 142 \text{ m}$
 $L'' > 142 \text{ m}$

Configuration II $D < 79 \text{ m}$
 $L'' > 79 \text{ m}$

A.1.5 Arrangement of pantograph on trains

To negotiate the specified types of neutral sections, the maximum spacing of pantographs within a train shall be 400 m. In addition, the span covering three consecutive pantographs L''

shall be greater than D . The intermediate pantograph may be arranged at any position within this range, but the minimum distance between operating pantographs is 8 m. Depending on the minimum spacing between two adjacent operating pantographs the Infrastructure Manager shall state the maximum operating train speed. No electrical connection may exist between pantographs in service. Figure A.5 shows the pantograph arrangement.

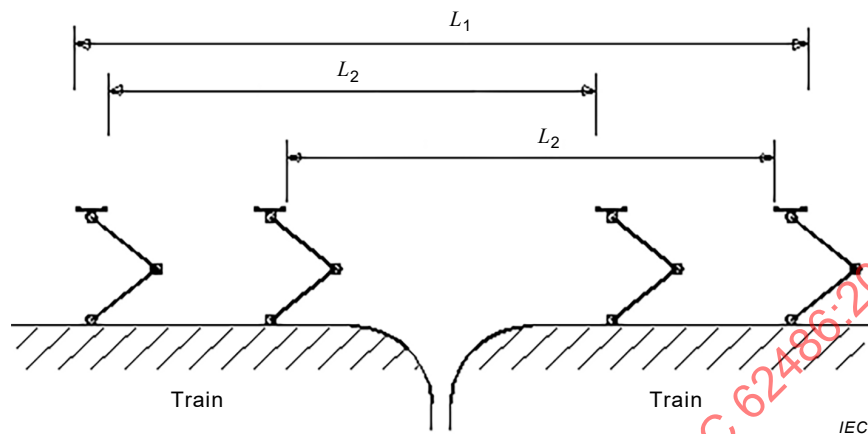


Figure A.5 – Arrangement of pantograph on trains

Figure A.5 shows the arrangement of pantographs which is compatible with the solutions shown in Figure A.3.

For the solutions shown in Figures A.2 and A.4, the pantograph arrangement shall be agreed with the Infrastructure Manager.

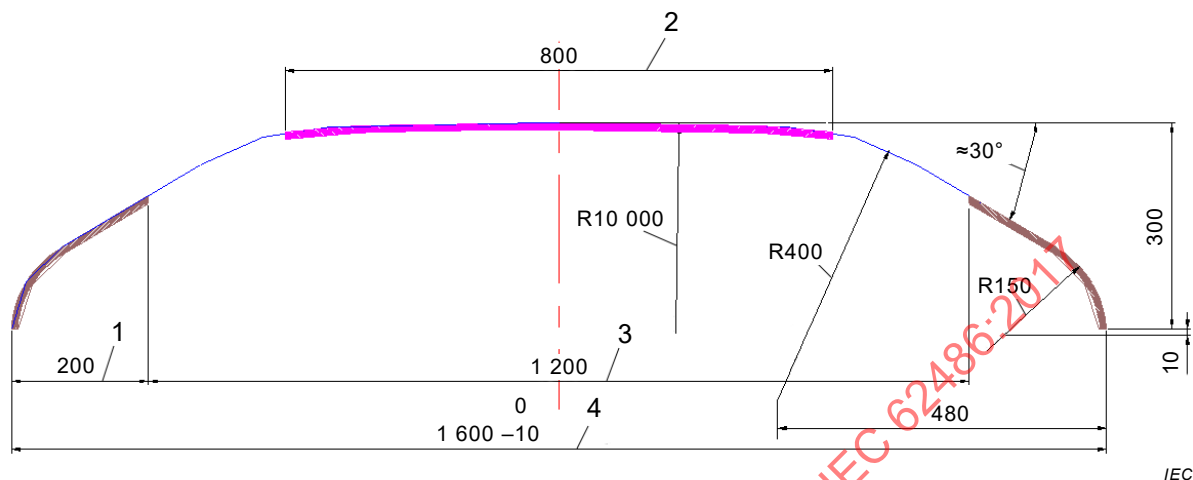
Conditions:

- $L' = L_1 < 400 \text{ m}$
- $L'' = L_2 > 142 \text{ m}$ for configuration I or
- $L'' = L_2 > 79 \text{ m}$ for configuration II

A.2 Profiles for interoperable pantograph head

A.2.1 Pantograph head with length of 1 600 mm

Dimensions in millimeters



Key

- 1 Horn made of insulating material (projected length 200 mm)
- 2 Minimum length of the contact strip 800 mm
- 3 Working zone of pantograph head 1 200 mm
- 4 Pantograph head length 1 600 mm

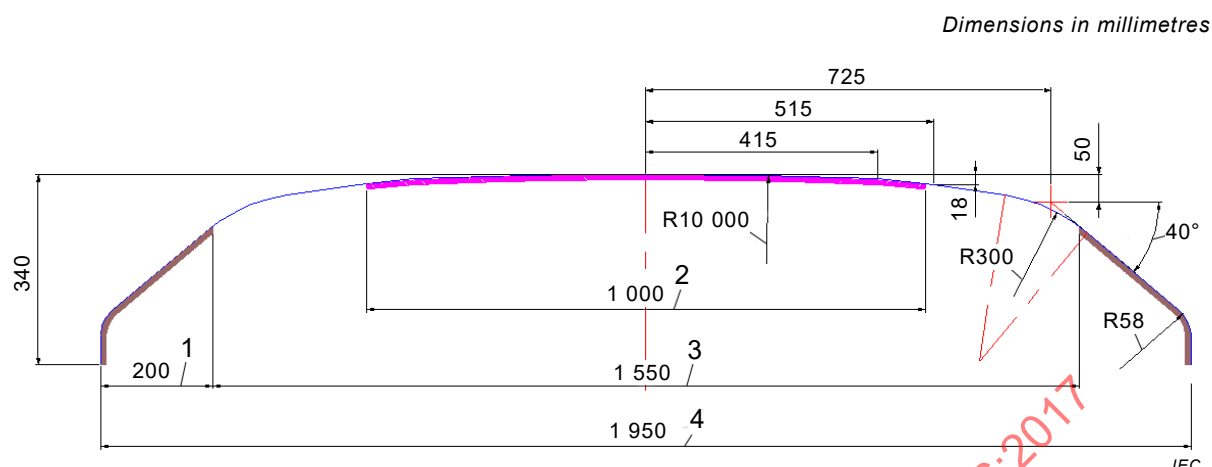
NOTE The interoperable 1 600 mm pantograph head allows operation at lines designed for 1 450 mm pantograph head. Therefore the insulated horns are strictly necessary.

Figure A.6 – Profile of pantograph head with length of 1 600 mm

The permissible values for pantograph head encroachment and for deviations from the profile are defined in 5.3.

Contact between contact wire and pantograph head is possible outside the contact strips and within the whole conducting range over limited line sections under adverse conditions, e.g. coincidence of vehicle swaying and strong winds.

A.2.2 Pantograph head with length of 1 950 mm



Key

- 1 Horn made of insulating material (projected length maximum 200 mm)
- 2 Minimum length of the contact strip 1 000 mm
- 3 Conducting range of collector head 1 550 mm
- 4 Pantograph head length 1 950(+0/-10) mm
- 5 Working zone of pantograph head 1 450 mm

Figure A.7 – Profile of pantograph head with length of 1 950 mm

The design of infrastructure gauge shall allow a pantograph head with conductive horn.

NOTE The 1 950 mm pantograph head requires conducting part of 1 550 mm. Therefore, it is possible to fit insulated horns of up to 200 mm to meet insulation requirements to the vehicle roof.

A.3 Additional tests for DC systems

A.3.1 Current at standstill

The temperature rise of the contact wire by the current at standstill shall be checked for DC systems, if required by the Infrastructure Manager.

NOTE 1 A check for AC systems is not necessary, because of the lower current at standstill.

NOTE 2 This relates predominantly to the train auxiliary equipment current consumption.

A.3.2 Testing conditions

The test of the current capacity between pantograph and contact line shall be done with the complete pantograph and contact line configuration. Tests with reduced configuration are allowed if shown that they represent the real conditions for current, static force, material composition and geometry of the contact between contact strip and contact wire.

The contact strips shall be in a condition of initial wear for this purpose. The contact wires shall be new for the tests.

Testing shall be performed in a protected environment (e.g. in a closed workshop) in order to avoid any influences from flows of air.

Testing shall be performed depending from the overhead contact line system with one or two contact wires equipped with temperature sensors. The temperature sensors shall be located as near as possible to the contact surface.

A.3.3 Testing procedure

Testing shall be performed with the static force to be used in operation.

For this test, the current collected by the pantograph shall be specified according to the maximum consumption of each vehicle at standstill. Unless otherwise specified, limit values in Table 5 may be used to determine the current for this test.

Each test shall last for 30 min unless the temperature displayed by one of the sensors reaches the maximum permissible value for the contact wires. In this case, the test shall be discontinued.

Current and temperature shall be continually recorded.

Testing shall be deemed to be satisfactory if the maximum temperature of the contact wires after 30 min is not higher than the value stipulated by by IEC 60913:2013, 5.1.2.

A.4 Visualisation of mean contact forces

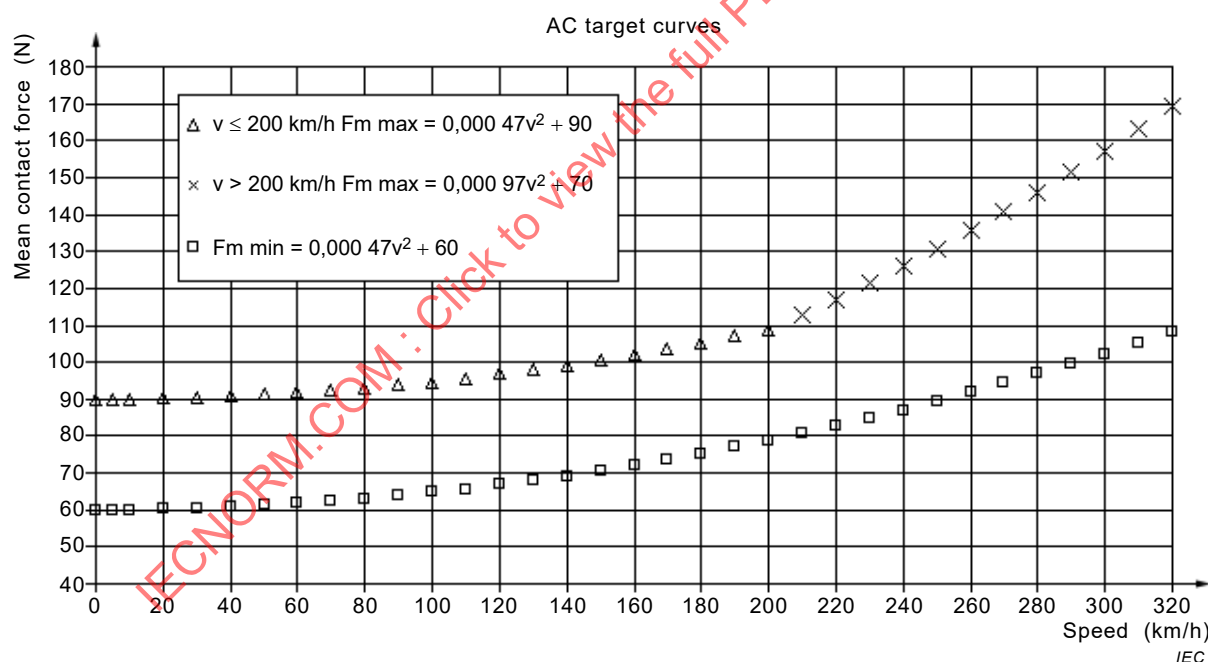


Figure A.8 – Visualisation of contact forces AC

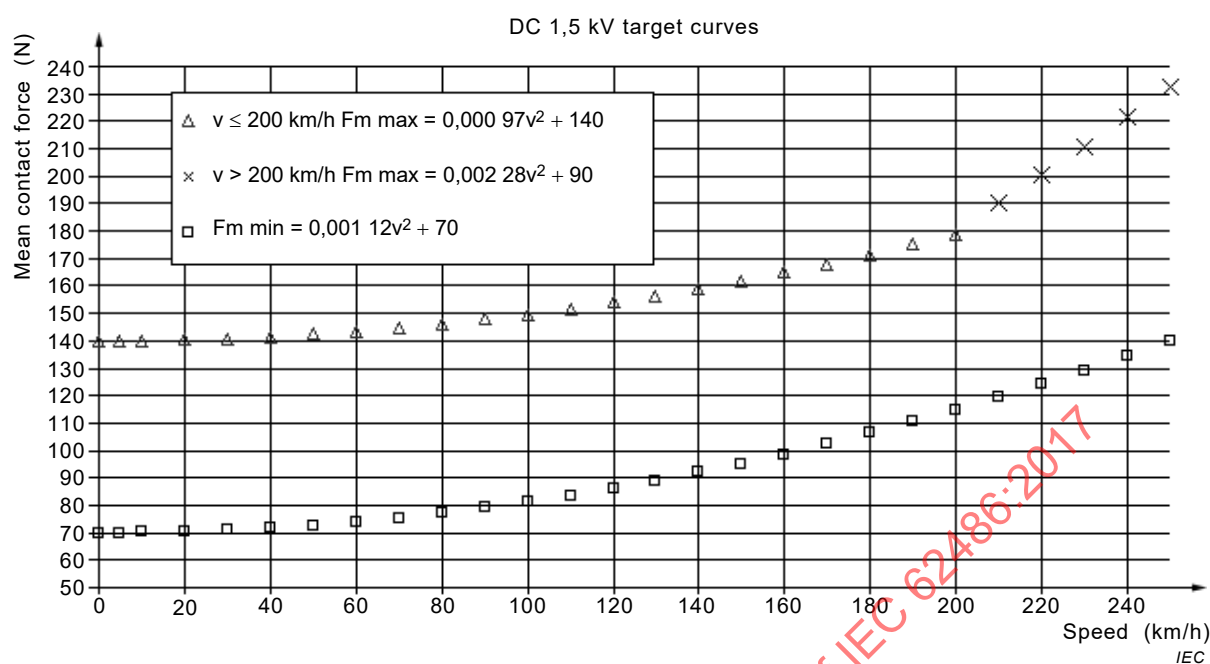


Figure A.9 – Visualisation of contact forces DC 1,5 kV

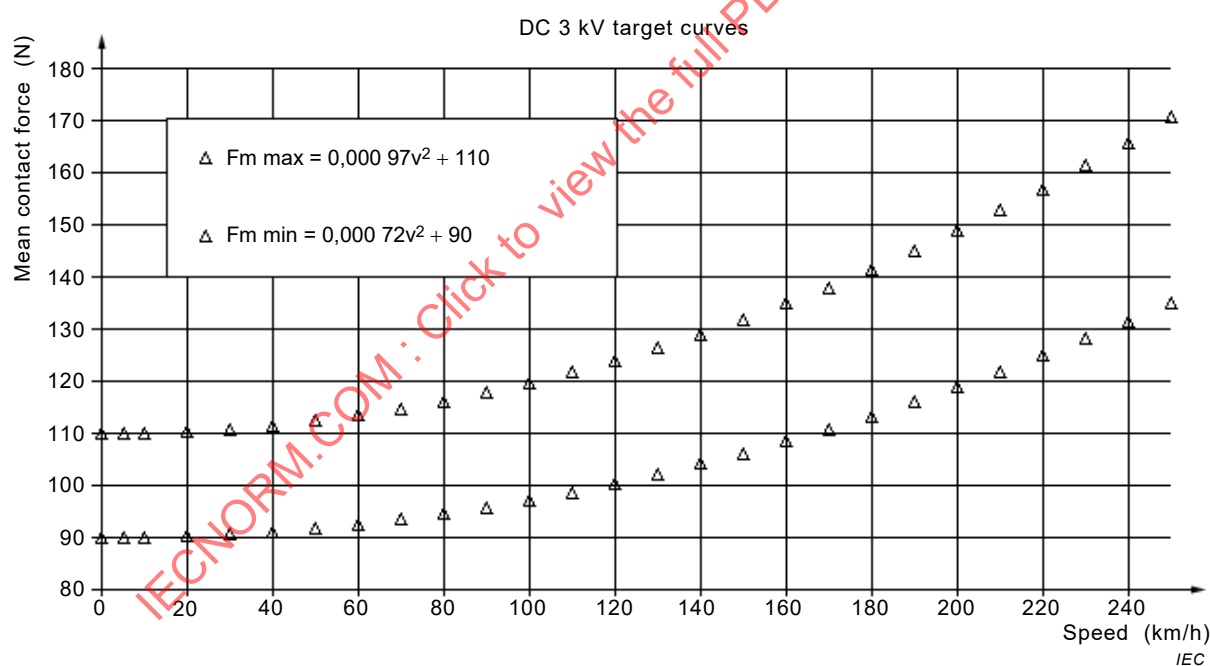


Figure A.10 – Visualisation of contact forces DC 3,0 kV

A.5 Other limitations (national annex for China)

The assessment of arcing shall be in accordance with the values in following Table A.1.

Table A.1 – Values for interaction performance (arcs)

Requirement	Value
Percentage of arcing at maximum line speed, NQ' (%) ^a (minimum duration of arc 5 ms)	< 5
Maximum duration of one arc T_{max} (ms)	<100
Maximum ratio by the number of arc (minimum duration of arc 5 ms) to the test length	≤1 arc per 160 m
^a t_{total} is the total measuring time without consideration of nominal current in NQ .	

A.6 National annex for Japan

A.6.1 General

Special national condition: National characteristic or practice that cannot be changed even over a long period, e.g. climatic conditions, electrical earthing conditions.

For the countries in which the relevant special national conditions apply these provisions are normative.

A.6.2 Maximum lateral deviation

For some countries outside Europe, the limit for the maximum permissible lateral deviation of the contact wire from the designated track centre line under the action of cross wind is given in Table A.2.

Table A.2 – Maximum lateral deviation

Pantograph length mm	Maximum lateral deviation mm
1 600 to 1 950	440

A.6.3 Dynamic behaviour and quality of current collection (AQ , CQ)

Safety and performance of train operation and wear of the contact strips and contact wire are influenced by the dynamic interaction between the pantograph and the overhead contact line.

The dynamic behaviour depends upon the characteristics of the pantograph and overhead contact line and the operating conditions. The principal operating conditions to be considered are the train speed and the number, distance and position of the pantographs.

The acceptable number of pantographs and their minimum spacing (See Table 8) are limited by the dynamic performance of pantograph and overhead contact line. The overhead contact line shall be designed in accordance with the requirements for dynamic behaviour. Contact wire uplift at the design speed shall comply with the requirements in Table 6.

The quality of current collection has a fundamental impact on the life of a contact wire and shall therefore comply with agreed and measurable parameters.

Compliance with the requirements for dynamic behaviour shall be verified by assessment of:

- contact wire uplift (See Table 6)

and if the Infrastructure Manager requires,

- contact wire bending stress

and for quality of current collection, either

- mean contact force F_m and standard deviation $\sigma_{\max}$ (See Table 6)

or

- any one of NQ , AQ , or CQ (See Table 7 and Table A.3)

In the case of the pantograph being electrically connected, contact force is not appropriate as index of quality of current collection, because occurrence of contact loss does not always corresponds to occurrence of arcing.

In the case of the pantograph without electrical connection, CQ is not appropriate as index of quality of current collection, because the current loss has little opportunity to occur due to arcing.

The Infrastructure Manager shall decide which measurement system is to be used. The criteria for the above measurement correspond to Table 6, Table 7, and Table A.3. The values shall be measured in accordance with IEC 62846.

For the purposes of this Annex given in the following apply.

- a) percentage of all arcing AQ

this is given by the following formula:

$$AQ = \frac{\sum t_{\text{all_Arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

$t_{\text{all_Arc}}$ is the duration of an arc measured with visible light of arcing;

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current.

The result, given in %, is a characteristic for a given speed of the vehicle (IEC 62846).

- b) percentage of current loss CQ

this is given by the following formula:

$$CQ = \frac{\sum t_{\text{cl}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

where

t_{cl} is the duration of contact loss (e.g. measurement with waveform of collected current of pantograph which is connected with another pantograph);

t_{total} is the measuring time with a current greater than 30 % of the nominal current.

The result, given in %, is a characteristic for a given speed of the vehicle (IEC 62846).

Table A.3 – Values for interaction performance (arcs and current loss)

Requirements	$v \leq 160$ km/h	$160 \text{ km/h} < v \leq 250$ km/h	$v > 250$ km/h
AQ (%) ^a (by detecting an arc with visible light)	5	5	5
CQ (%) ^b (based on the waveform of collected current)	30	30	30
^a Measurement of an arc with visible light shall be conducted at night or in a tunnel under weather conditions free from frost, ice, snow and heavy rainfall. AQ measured in a place where a light source other than arc exists shall not be subject to evaluation. If AQ does not meet the acceptance criteria because of local irregularity, it may be accepted based on an agreement between the infrastructure manager and operation manager. ^b Measurement of CQ using the waveform of collected current shall be applied only when the pantographs are electrically connected. If CQ does not meet the acceptance criteria because of local irregularity, it may be accepted based on an agreement between the infrastructure manager and operation manager.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

Annex B (informative)

Special national conditions

B.1 General

Special national condition: National characteristic or practice that cannot be changed even over a long period, e.g. climatic conditions, electrical earthing conditions.

This annex gives additional information for train operators for access conditions on existing lines in Tables B.1 to B.9.

B.2 National characteristics

The values of the contact forces given in Tables B.5 and B.6 are based on national measurement systems.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

Table B.1 – Overhead contact line characteristics for AC systems

	AT	BE	CH	CN	CZ	DE	DK	ES	ET ^a	FI	FR	GB	JP	NL	NO	RF	SE	SK
Nominal contact wire height (m)	5,3 5,5 5,75	5,08 5,3 5,5	5,3	5,3/5, 5/5,7/5, 75/6,0/6,3 5/6,4/6,45	5,5	5,5	5,5	5,3	5,93	6,15	5,5	4,7	5,0	5,5	5,6	6,0	5,5	5,5
Maximum contact wire height (m)	6,2	6,0	6,0	6,5	6,3	6,5	6,0	6,0	6,2	6,6	6,2	5,94	5,4	5,7	6,0	6,8	6,1	6,2
Minimum contact wire height (m)	4,85	4,92	4,8	5,15/5, 75/6,33 ^c	5,0	4,95	4,91	4,85	5,93	5,6	4,59	4,14 ^b	4,8	5,2	4,80	5,57	4,8	5,0
Maximum lateral deviation of the contact wire from the track center line under action of cross wind (m)	0,55	0,4	0,4	0,4/0, 45/0,55 ^d	0,5	0,55	0,5	0,4	0,4	0,46	0,4	0,56	0,55	0,4	0,55	0,5	0,55	0,55

^a ET – Eurotunnel.

^b May be reduced to 3,925 for specific routes.

^c According to different rolling stocks.

^d According to different sections and conditions of the route.

Table B.2 – Overhead contact line characteristics for DC systems

	BE	CZ	CN	ES	FR	IT	JP	NL	PL	RF	SL	SK
Nominal contact wire height (m)	5,1 ^a 5,3 ^b	5,5	4,0/4,04/4,09/ 4,6/5,0/5,7	5,3 5,2	5,5	5,0	5,0	5,5	5,6	6,0	5,35	5,5
Maximum contact wire height (m)	6,0	6,3	6,2	6,2	6,3	6,2	5,4	5,75	6,2	6,8	6,2	6,3
Minimum contact wire height (m)	4,8	4,95	4,0	4,6	4,47	4,51	4,4 ^d	4,8	4,9	5,5	4,95	6,2
Maximum lateral deviation of the contact wire from the track center line under action of cross wind (m)	0,4	0,55	0,32/0,35/0,4 ^c	0,55	0,4	0,4	0,55	0,53	0,5	0,5	0,35	0,55

^a For regulated 3 kV catenary systems.
^b For non-regulated 3 kV catenary systems.
^c According to different pantographs and different sections of the route.
^d May be reduced to maximum height of lowered pantograph plus insulation distance for specific routes.

Table B.3 – Rolling stock characteristics for AC systems

	AT	BE	CH	CN	CZ	DE	DK	JP	FI	FR ^d	GB	NO
Geometric profile of pantograph head	See Figure B.2	See Figure B.1	See Figure B.1	See Figures B.9, B.10	See Figure B.3	See Figure B.2	See Figure B.2	See Figures B.16, B.17	See Figure B.2	See Figures B.1, B.3	See Figures B.3 ^a , B.6	See Figure B.5
Range of working height of pantograph for normal performance (m)	4,7 to 6,5	4,6 to 6,5	4,6 to 6,5	5,3 to 6,5	5,0 to 6,3	4,8 to 6,3	4,9 to 6,1	4,4 to 5,8	5,6 to 6,6	4,5 to 6,50	4,14 to 6,2 3,925 (reduced)	4,6 to 6,2
Range of working height of pantograph for low speed (m)	4,7 to 6,5	4,6 to 6,5	4,6 to 6,5	5,15 to 6,5	5,0 to 6,3	4,7 to 6,5	4,7 to 6,5	4,4 to 5,8	5,6 to 6,6	4,6 to 6,50	4,14 to 6,2 3,925 (reduced)	4,6 to 6,2
Length of contact strips (m)	1,03	Varies	0,696	Varies	1,03	1,03	1,03	≥ 0,675	≥ 1,1	≥ 0,67	Varies	1,03
Maximum width (m)	0,65	0,6	0,6	0,60	0,65	0,62	0,6	0,415	≤ 4,22	0,6	0,46 ^a	0,65
Min. value for F_{stat} (N)	65	60	65	60	65	60	70	44	60	60	70	55
Automatic dropping device	Necessary	Necessary only HS-line	Necessary	Necessary	^c	Necessary	Necessary	-	Necessary	Only HS-line	Necessary	-
Number of pantographs in action per train	1,2,3	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)		10 – 365		22 < L ≤ 243		20 < l_b < 35				$L < 29$ or $L > 74$ (CL)		
	$L > 7^b$	$L > 8$	$L > 7$	190 < L ≤ 215 for HSL	$L > 8$	$L > 85$	$L > 18$	$L > 12$	$L > 19$	$L < 12$ or $L > 152$ (HSL)	$L > 10$	$L > 20$

^a Channel Tunnel Rail Link (CTRL) only.

^b Trains with a distance between two operating pantographs lower than 20 m are accepted by the railway infrastructure manager, if the uplift of the contact wire and the contact forces are within the limits.

^c Necessary for new and upgraded vehicles.

^d In some existing French high speed lines, a limitation device for working height (device that prevents a pantograph exceeding a given height within the working range to restrict contact wire uplift) may be required.

Table B.4 – Rolling stock characteristics for AC systems

	RF	SE	SK
Geometric profile of pantograph head	See Figure B.18	See Figures B.2 and B.5	Various
Range of working height of pantograph for normal performance (m)	5,5 to 7,0	4,8 to 6,1	4,8 to 6,3
Range of working height of pantograph for low speed (m)	5,5 to 7,0	4,8 to 6,1	4,8 to 6,3
Length of contact strips (m)	1 000,1 200	1,0	Various
Maximum width (m)	0,45	0,65	0,6
Min. value for F_{stat} (N)	60	55	60
Automatic dropping device	Only HS-line	Necessary	-
Number of pantographs in action per train	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)		20 < L < 30	
	L > 16	L > 40	L > 8

Table B.5 – Rolling stock characteristics for DC systems

	BE	CN	CZ	ES	FR ^f	IT	JP	NL ^c	PL
Geometric profile of pantograph head	See Figures B.2, B.8 ^b	See Figures B.13 to B.17	See Figure B.2	See Figures B.2, B.5	See Figures B.2, B.3, B.4	See Figure B.1	See Figure B.17	See Figure B.2	See Figure B.7
Range of working height of pantograph for normal performance (m)	4,6 to 6,5	4,0 to 6,0	4,95 to 6,3	4,6 to 6,5	4,5 to 6,5	4,51 to 6,2	4,2 to 5,6	4,8 to 5,75 ^a	4,8 to 6,2
Range of working height of pantograph for low speed (m)	4,6 to 6,5	4,0 to 7,0	4,95 to 6,3				4,2 to 5,6	4,8 to 5,75 ^a	
Length of contact strips (m)	0,85 to 1,03	0,80 to 1,2	1,03	0,95	≥ 0,67	1,07 to 1,27	≥ 0,9	≥ 0,8	1,1
Maximum width (m)	0,625	0,5	0,65	0,6	0,6	0,56	0,415	0,64	0,6
Min. value for F_{stat} (N)	90	90	70	90	70 ^e	90	44	^g	70
Automatic dropping device	Necessary only for HS-line	Advisable	^d	Necessary	only for HS-line	Necessary	-	Advisable	Advisable
Number of pantographs in action per train	1,2,3,4	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3,4,5,6	1,2	1,2,3,4,5,6,7,8,10	1,2,3,4,5	1,2
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)	$L > 8$	$L > 7$	$L > 8$	6 – 200	6 – 354	$9 < L < 295$	$L > 3$	$L > 8$	$L > 8$

^a On some existing lines in the Netherlands a limitation device for maximum working height is required. Working height is 5,86 m.

^b Profile of 1 760 mm.

^c The use of 5 pantographs has to be admitted by the Infrastructure Manager and can be submitted to certain restrictions. The use of 5 pantographs is permitted, subject to a commercial agreement with the Infrastructure Manager; certain operating restrictions may be required.

^d Necessary for new and upgraded vehicles.

^e The maximum static force for FR 1,5 kV is 110 N with a value of 140 N at standstill.

^f In some existing French high speed lines, a limitation device for working height (device that prevents a pantograph exceeding a given height within the working range to restrict contact wire uplift) may be required.

^g Contact force is be chosen for a maximum temperature of contact point at standstill less than 150 °C.

Table B.6 – Rolling stock characteristics for DC systems

	RF	SL	SK
Geometric profile of pantograph head	See Figure B.13	See Figure B.1	Various
Range of working height of pantograph for normal performance (m)	5,5 to 7,0	4,9 to 6	4,8 to 5,6
Range of working height of pantograph for low speed (m)	5,5 to 7,0		4,8 – 5,6
Length of contact strips (m)	1 000, 1 200	0,8 to 0,9	Various
Maximum width (m)	0,48	0,42	0,6
Min. value for F_{stat} (N)	60	70	70
Automatic dropping device	Necessary only for HS-line	Advisable	-
Number of pantographs in action per train	1,2,3,4,5	1,2	1,2,3,4
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)	$L > 16$	$L > 8$	$L > 8$

Table B.7 – Interaction performance for AC systems

	AT	CH	DE	DK	SE	FI	FR		GB		NO, NL
Speed (km/h)	≤ 250	≤ 200	≤ 200	≤ 200	< 250	≤ 200	≤ 160	160 < v ≤ 220	≤ 160	160 < v ≤ 200	< 200
F_m (N)	≤ 130	< 120		< 120	< 110	< 120	< 120	< 150	< 120	< 120	< 100
F_{max} (N)	250	230 250 ^b	200	< 200	200	200	200	250	250 ^a	250 ^a	200
F_{min} (N)	10	> 10 > 0 ^b	40 ^c	> 0	0	> 0	20	20	> 0	> 0	10
σ (N)	40	36	24	24	< 0,3 F_m	-	-	-	-	-	-
NQ (%)	-	-	-	-	-	-	0,1 (5 ms)	0,1 (5 ms)	-	-	-
Maximum permissible uplift of contact wire at the support (mm)	120	EN 50119:2009 5.2.1.3	120	150	EN 50119:2009 5.10.2	120	80	120	80	125	120

^a Open route.
^b Two pantographs and short distance (~ 36 m).
^c Values without inertia correction.

Table B.8 – Interaction performance for AC systems

	CN	JP RF	RF RF
Speed (km/h)	≤ 250	< 200	200 ≤
F_m (N)	≤ 130	-	-
F_{max} (N)		-	-
F_{min} (N)		-	-
σ (N)		-	-
NQ (%)	5	5	5
AQ (%)		30	30
CQ (%)		70	70
Maximum permissible uplift of contact wire at support (mm)	120	100	70

Table B.9 – Interaction performance for DC systems

	BE	ES	FR	NL	IT	JP	PL	SL
Speed (km/h)	< 160	≤ 220	≤ 160	≤ 140 ≤ 160	≤ 250	< 200	≤ 250	≤ 160
F_m (N)	170	170	< 160 ^a < 220 ^a	170	170		170	85
F_{max} (N)	300	300	300	300	300		300	100
F_{min} (N)	40	40	20	40	40		40	70
σ (N)	43	43	-	43	43		43	28
NQ (%)	-	-	0,1 (5 ms)	-	-	5	-	
AQ (%)						5		
CQ (%)								
Maximum permissible uplift of contact wire at the support (mm)	100	100	80	100 120	120	70	100	100

^a For TSI applications $F_m < 0,001\ 78\ v^2 + 110\ N$ with static force at 140 N.

a For TSI applications $F_m < 0,001\ 78\ v^2 + 110\ \text{N}$ with static force at 140 N.

B.3 General characteristics of pantograph head

Dimensions in millimetres

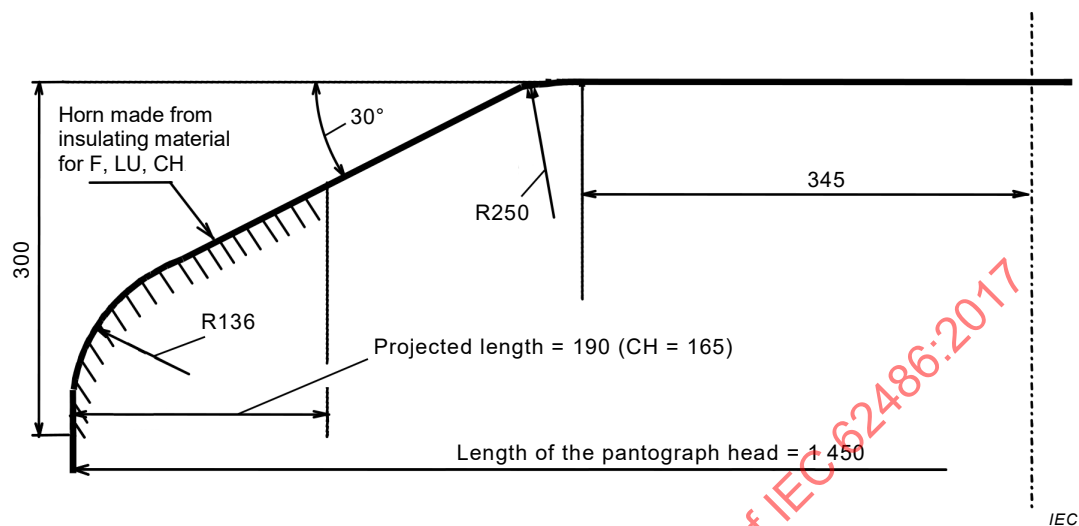


Figure B.1 – Pantograph head with length of 1 450 mm

Dimensions in millimetres

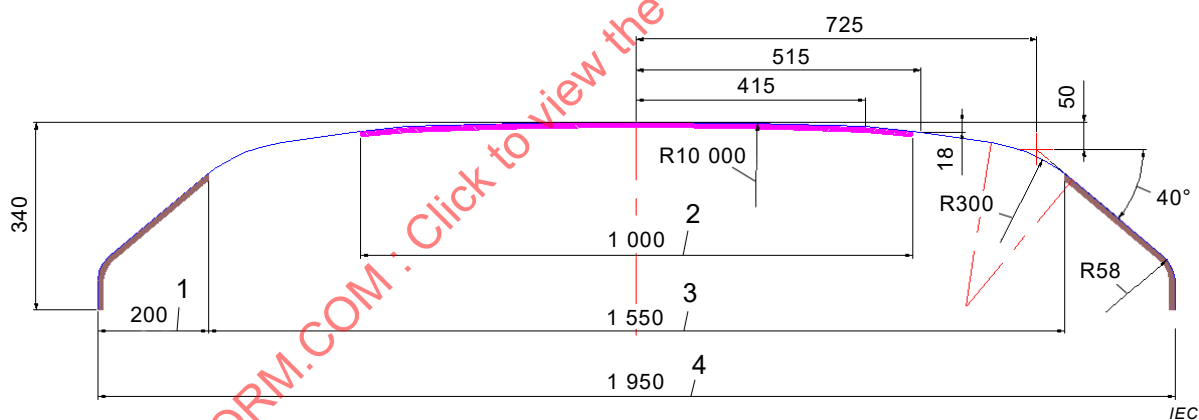


Figure B.2 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1)

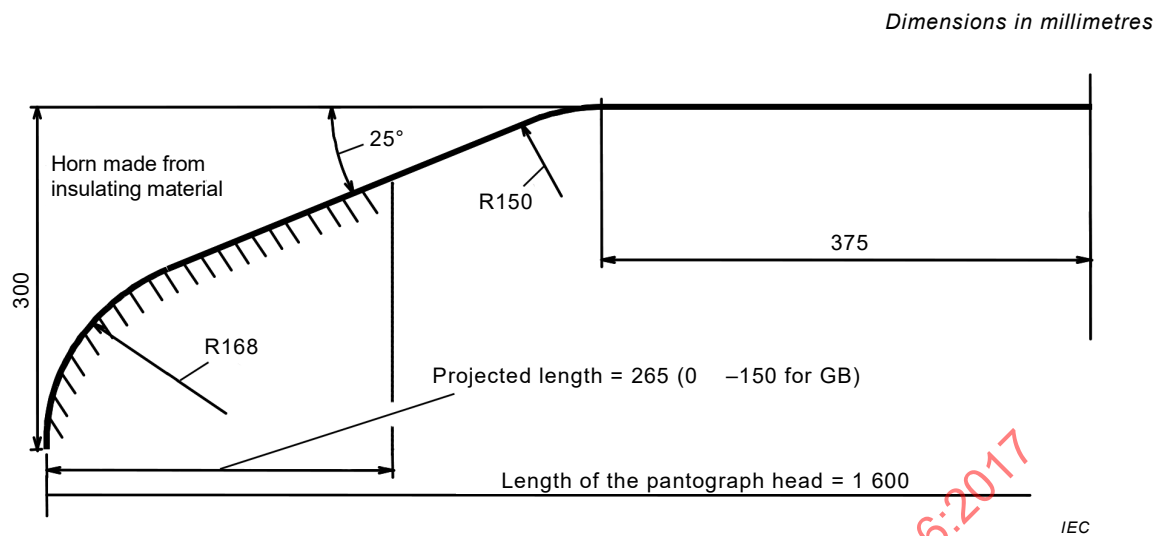


Figure B.3 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB, CTRL)

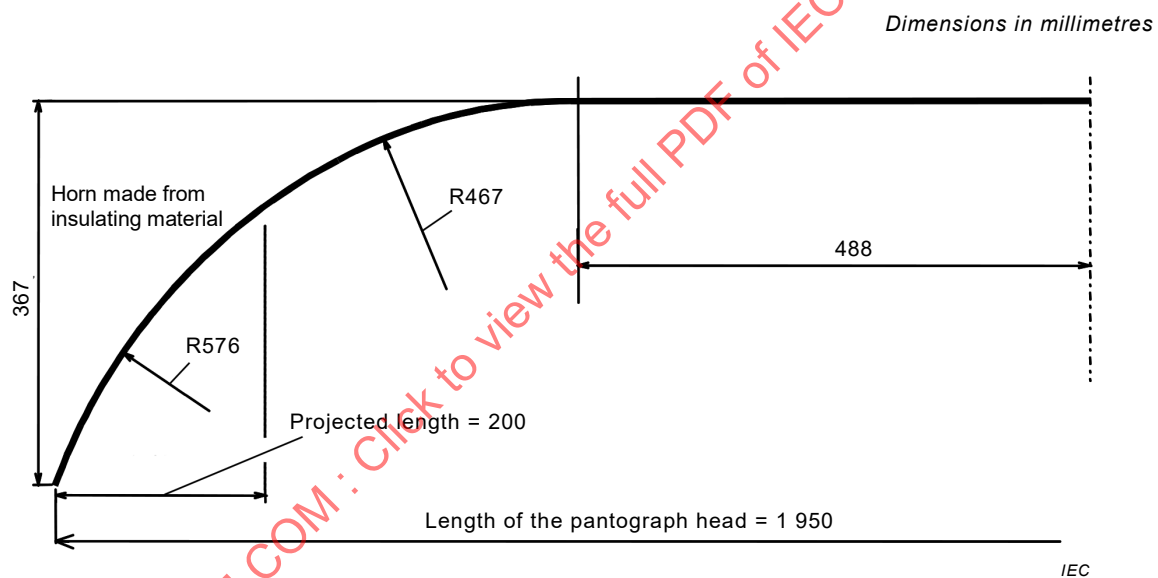


Figure B.4 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2)

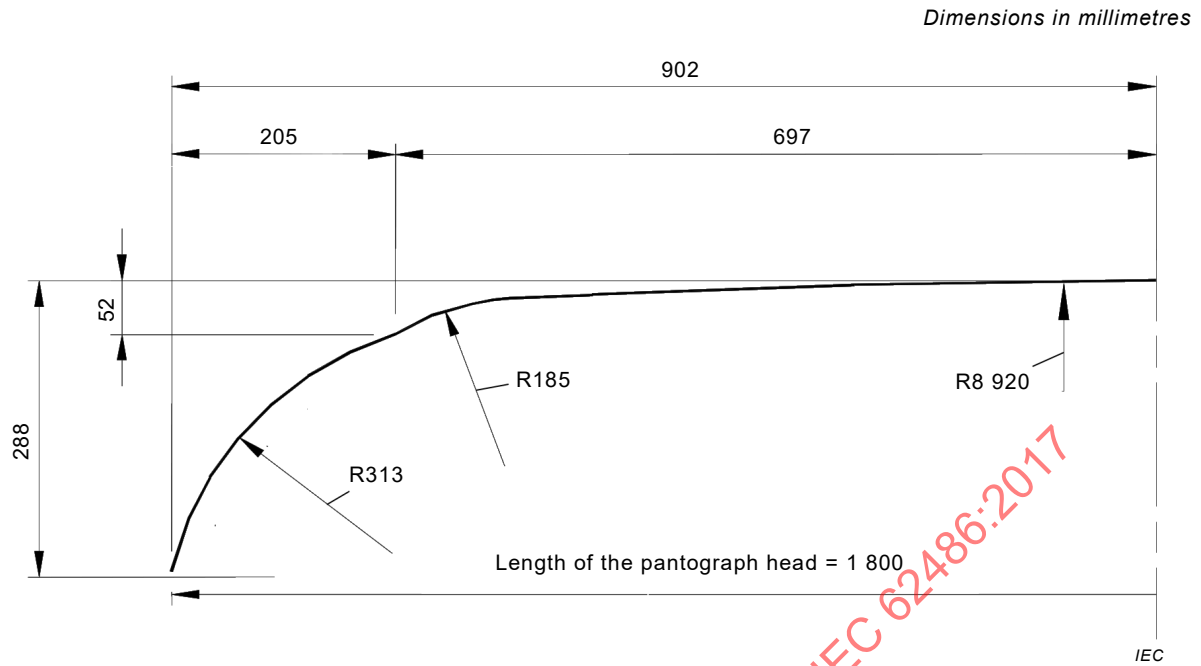


Figure B.5 – Pantograph head with length of 1 800 mm (NO, SE)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

Dimensions in millimetres, not to scale

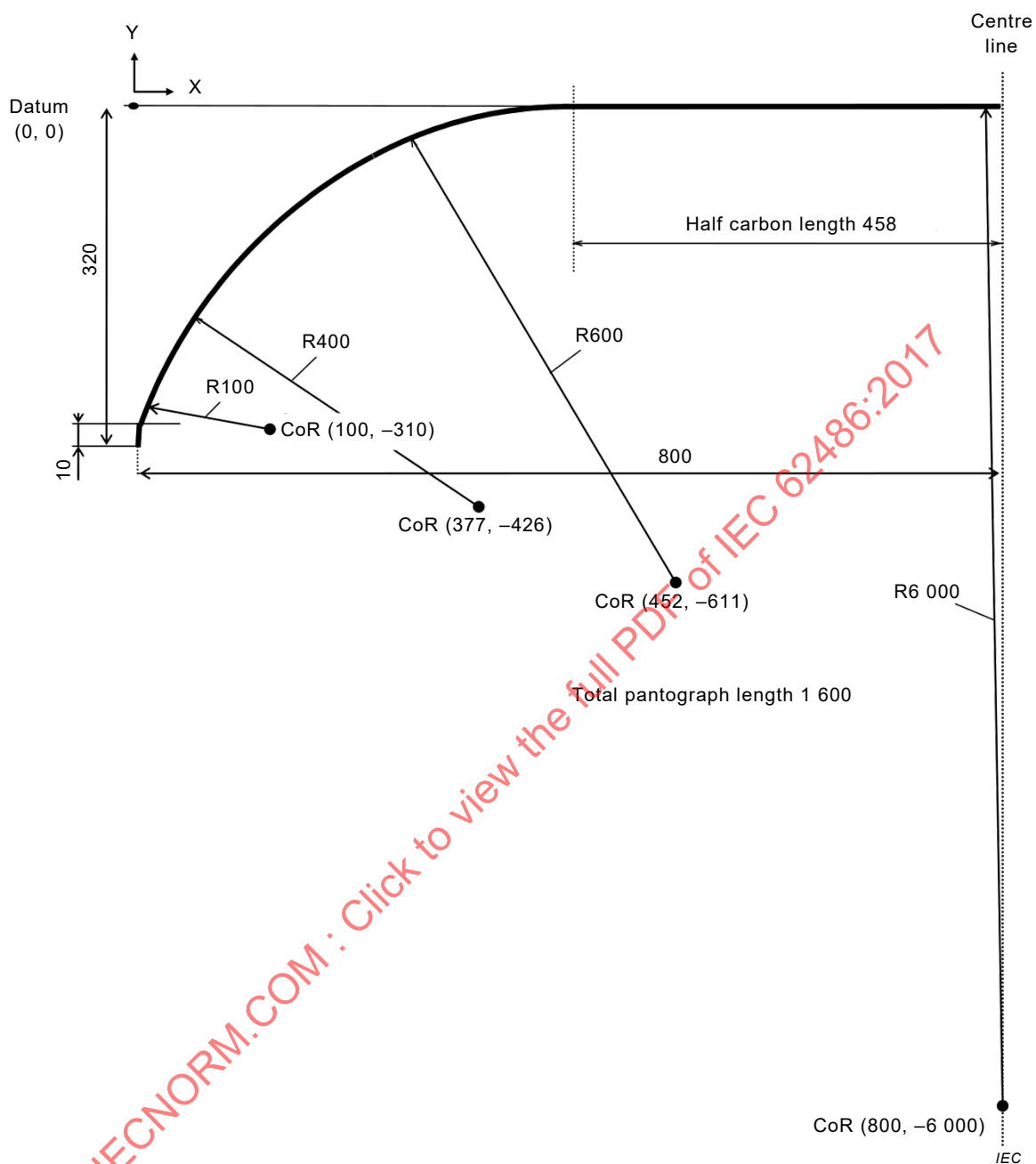


Figure B.6 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB)

Dimensions in millimetres

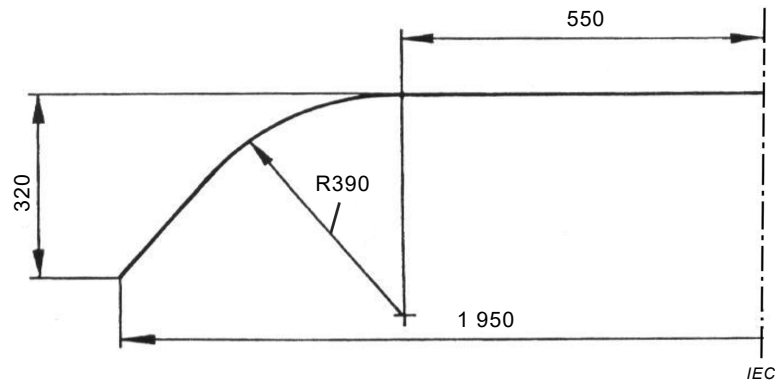


Figure B.7 – Pantograph head with length of 1 950 mm (PL)

Dimensions in millimetres

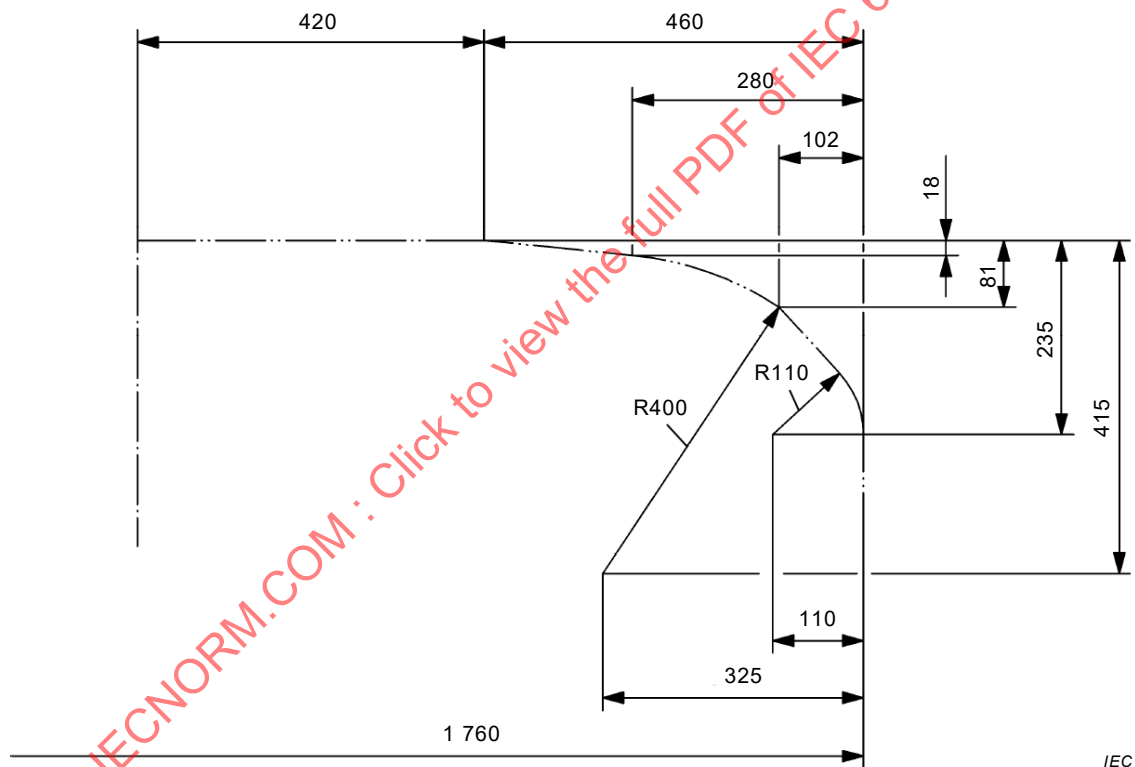


Figure B.8 – Pantograph head with length of 1 760 mm (BE)

Dimensions in millimetres

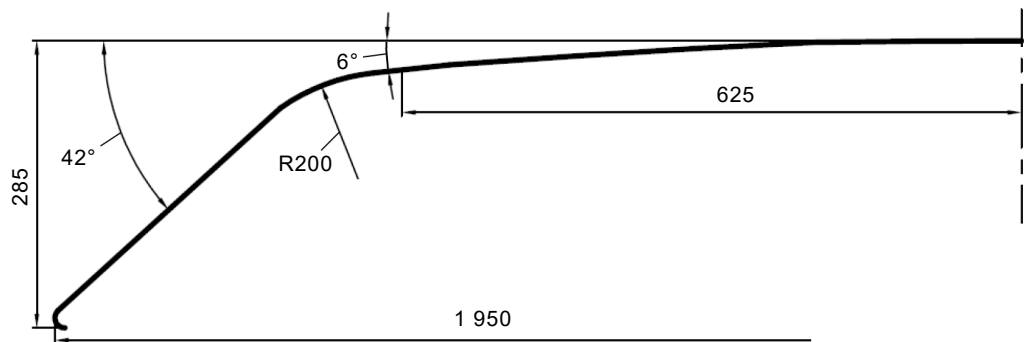


Figure B.9 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1 in CN)

Dimensions in millimetres

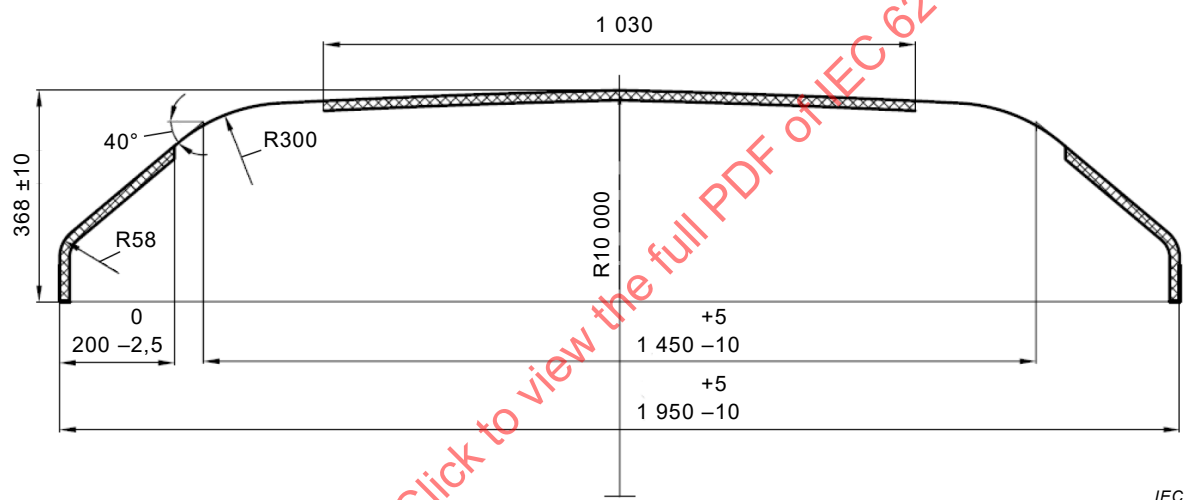


Figure B.10 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2 in CN)

Dimensions in millimetres

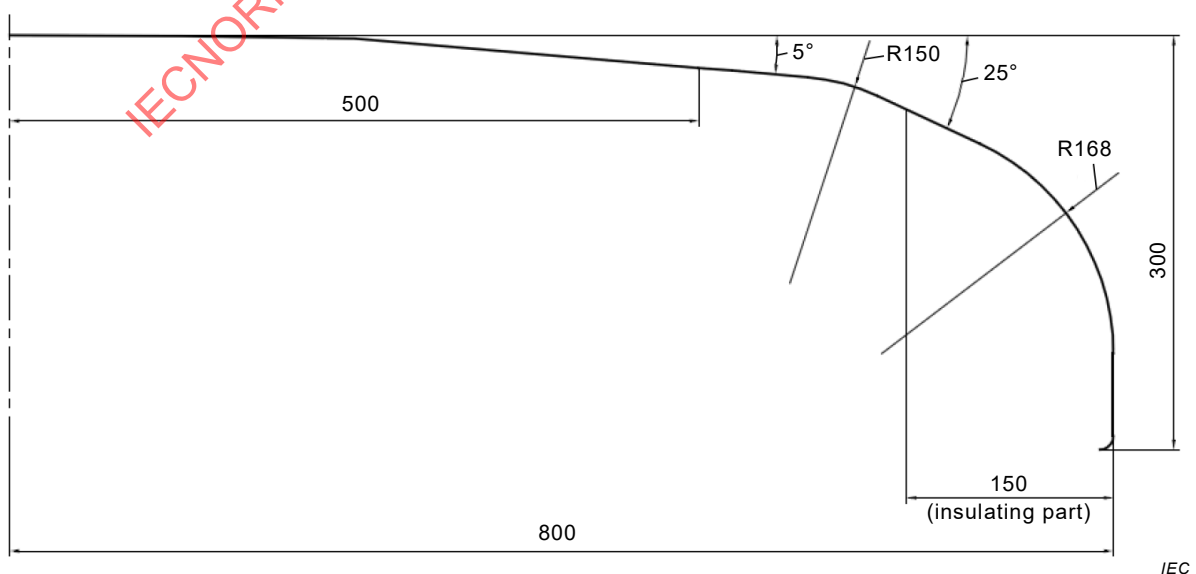


Figure B.11 – Pantograph head with length of 1 600 mm (CN)

Dimensions in millimetres

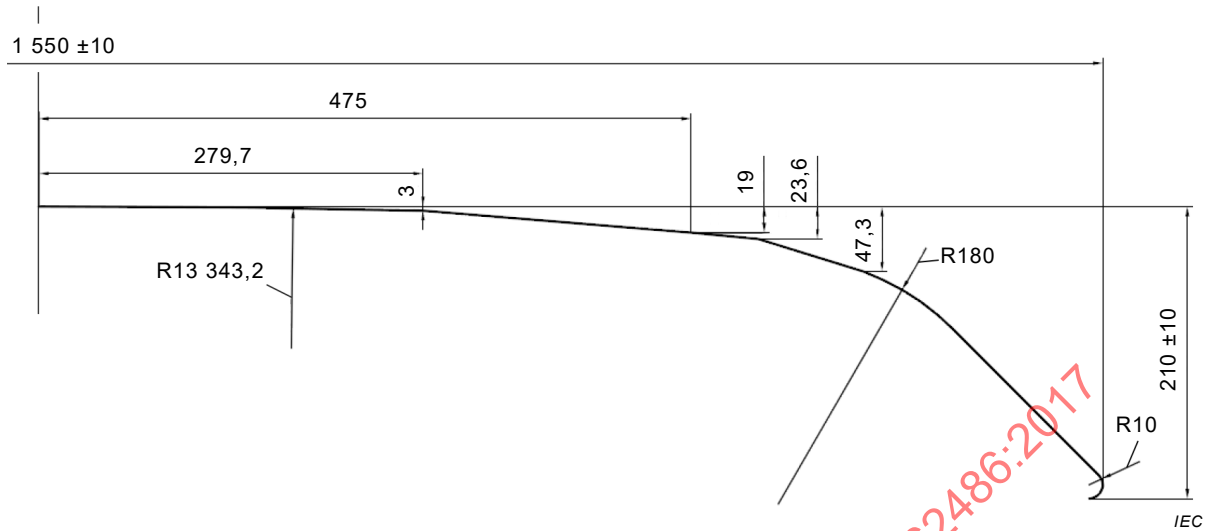


Figure B.12 – Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 1 in CN)

Dimensions in millimetres

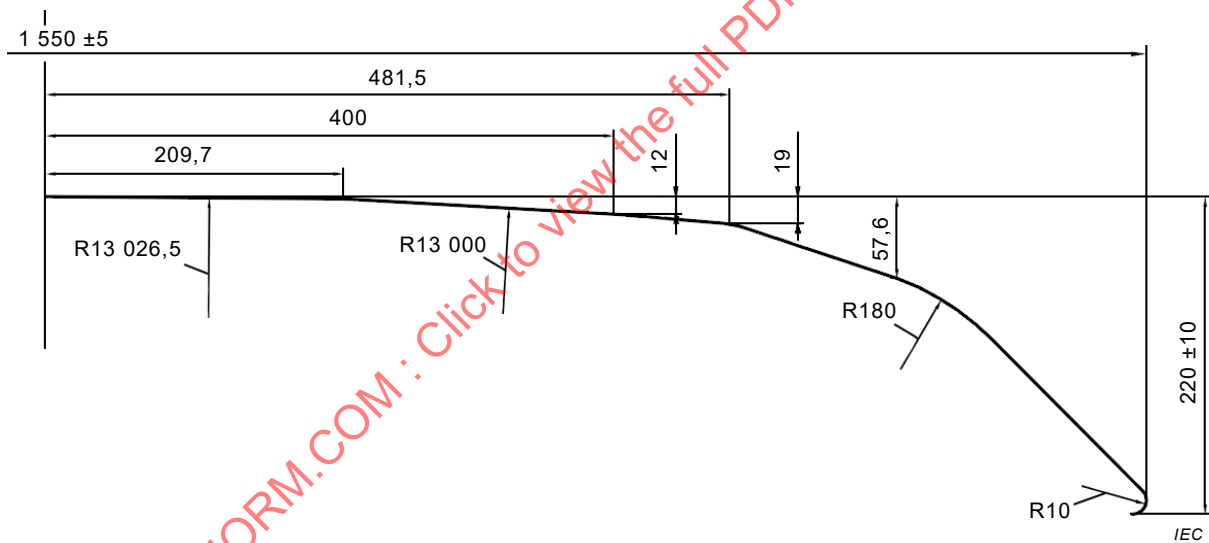
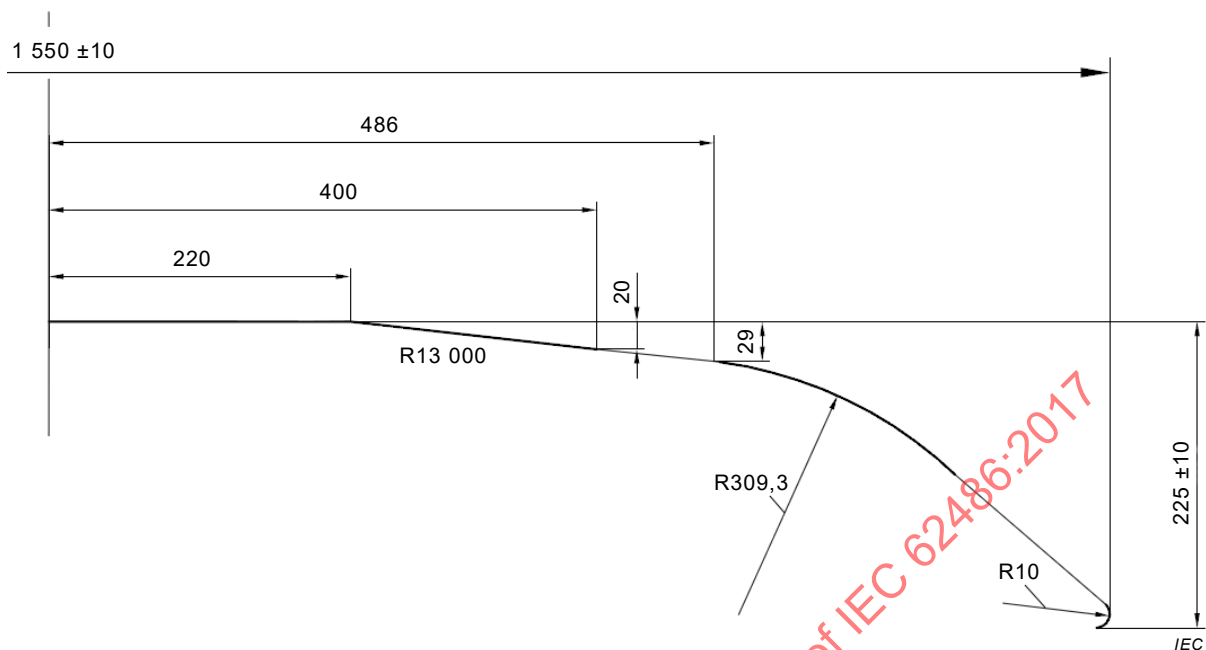
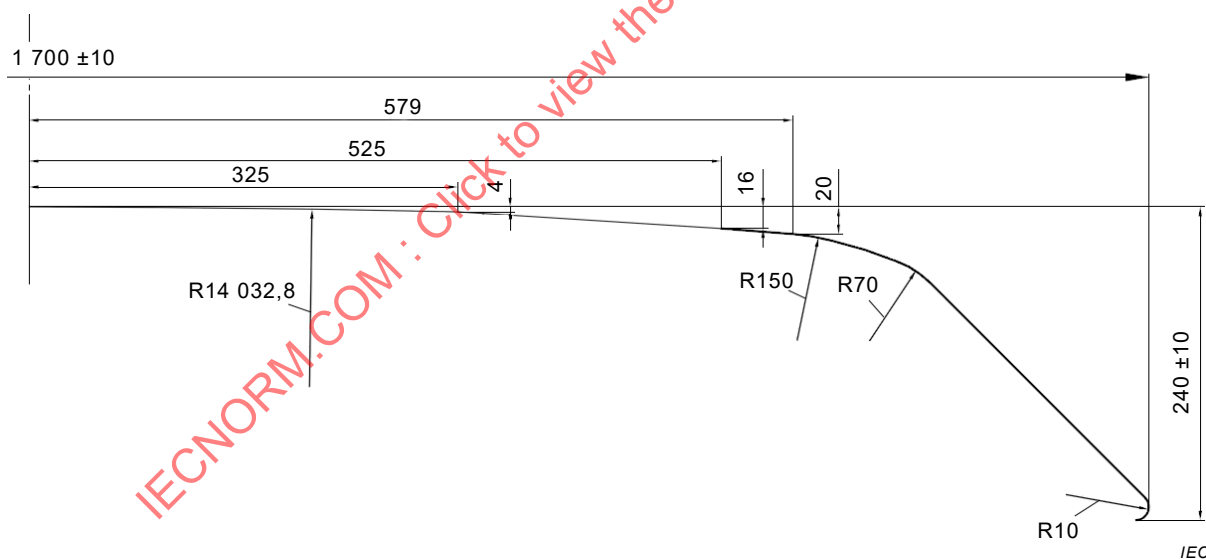


Figure B.13 – Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 2 in CN)

Dimensions in millimetres**Figure B.14 – Pantograph head with length of 1 550 mm (Type 3 in CN)***Dimensions in millimetres***Figure B.15 – Pantograph head with length of 1 700 mm (CN)**

Dimensions in millimetres

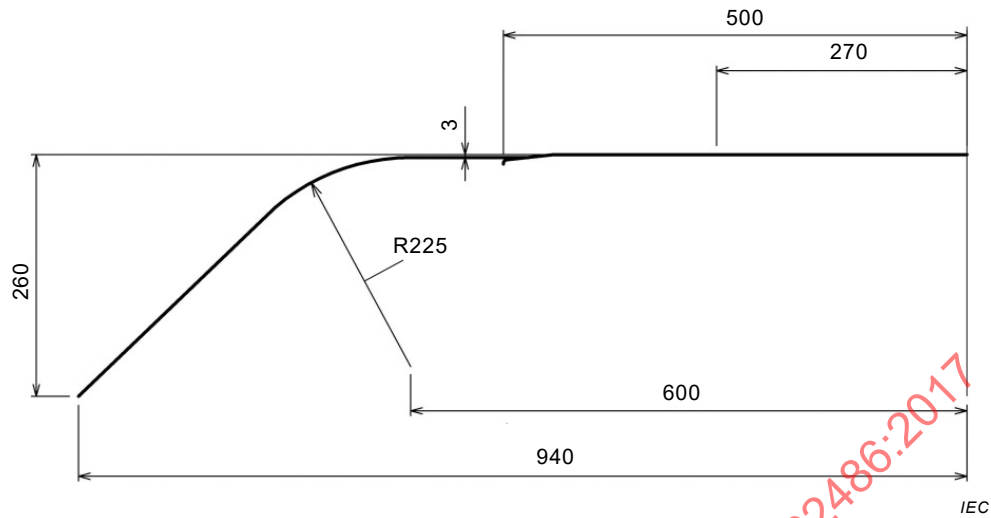


Figure B.16 – Pantograph head with length of 1 880 mm (JP type1)

Dimensions in millimetres

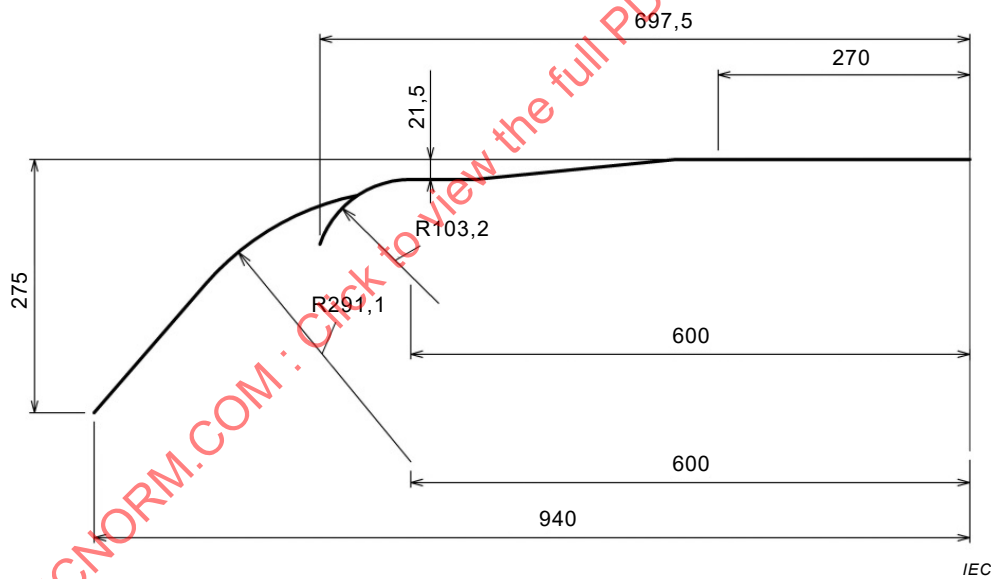


Figure B.17 – Pantograph head with length of 1 880 mm (JP type2)

Dimensions in millimetres

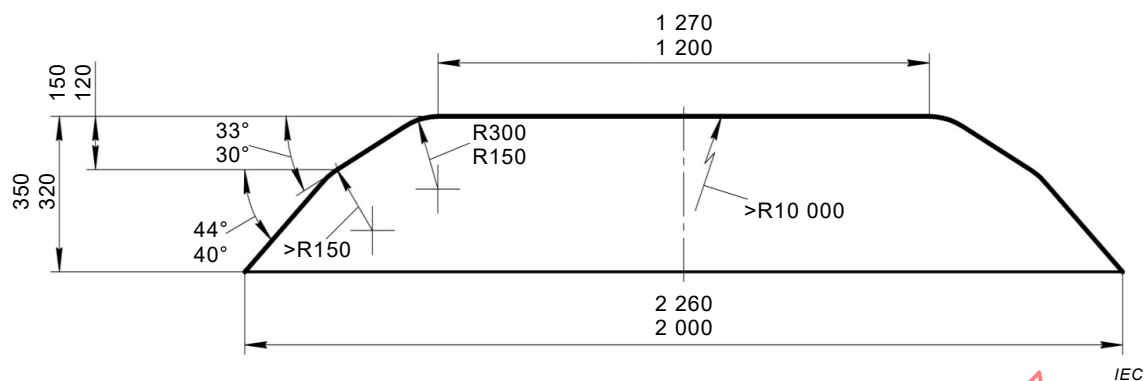


Figure B.18 – Pantograph head with length of 2 000 mm (RF)

Figure B.18 – Pantograph head with length of 2 000 mm (RF)

Annex C (informative)

Normally used materials for contact strips

Table C.1 – Contact strip material normally used

Contact Strips	AC								DC									
	AT/DE/ DK/FI/ NO/SE/ IT/RF	CH	CN/ES	FR	GB	JP	NL	SK	BE/R F	CN	ES	FR	IT	JP	NL	SI	SK	PL
Plain carbon	X	X	X	X	X		X	X	X			X	X	X	X		X	X
Copper alloy Copper steel											X	X	X			a		
Copper-clad carbon		X							X			X	X			a	X	
Copper or copper alloy								X			X		X	X		X	X	X
Metallised carbon		a	X	X	X	X ^c	X	X	X	X	a	X	X	X ^c	X	a	X	
Sintered copper						X ^b						X	X	X		a		

a Under evaluation.

b Including sintered iron.

c Including C/C composite.

^a Under evaluation.

^b Including sintered iron.

^c Including C/C composite.

Bibliography

1692/96/EC, Decision N° 1692/96/EC of the European Parliament and of the Council of 23 July 1996 on Community guidelines for the development of the trans-European transport network, Official Journal L 228, 09/09/1996, P. 0001 – 0104

ERRI A 186, *Reports – Interaction between pantograph and overhead contact lines*

EN 50367:2012, *Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead contact line (to achieve free access)*

EN 50318, *Railway applications – Current collection systems – Validation of simulation of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line*

EN 15273 (all parts), *Railway applications – Gauges*

UIC leaflet 505 (all parts), *Gauges*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	57
1 Domaine d'application	59
2 Références normatives	59
3 Termes et définitions	60
4 Symboles et termes abrégés	62
5 Géométrie	63
5.1 Généralités	63
5.2 Caractéristiques des lignes aériennes de contact	64
5.2.1 Généralités	64
5.2.2 Gabarits	64
5.2.3 Hauteur de fil de contact	64
5.2.4 Pente des fils de contact	64
5.2.5 Balancement du fil de contact	65
5.2.6 Soulèvement du fil de contact	65
5.2.7 Sections neutres	66
5.2.8 Zone de changement de profil de pantographe	66
5.3 Caractéristiques du pantographe	66
5.3.1 Généralités	66
5.3.2 Évaluation du profil d'un pantographe	67
5.3.3 Partie conductrice	69
6 Interfaces matérielles	69
6.1 Généralités	69
6.2 Fil de contact	69
6.3 Bandes de frottement	69
7 Performance d'interaction	70
7.1 Généralités	70
7.2 Courant admissible	70
7.3 Comportement dynamique et qualité de captage du courant	71
8 Exigences opérationnelles	74
8.1 Caractéristiques supplémentaires relatives à un dispositif d'abaissement automatique	74
8.2 Espacement minimal entre deux pantographes en fonctionnement	74
Annexe A (normative) Exigences particulières	76
A.1 Sections neutres	76
A.1.1 Principe de la section de séparation	76
A.1.2 Section de séparation longue	76
A.1.3 Section de séparation courte	77
A.1.4 Section de séparation scindée (à trois sectionnements)	77
A.1.5 Disposition des pantographes sur les trains	78
A.2 Profils de l'archet de pantographe interopérable	79
A.2.1 Archet de pantographe dont la longueur est de 1 600 mm	79
A.2.2 Archet de pantographe dont la longueur est de 1 950 mm	80
A.3 Essais supplémentaires pour les réseaux à courant continu	80
A.3.1 Courant à l'arrêt	80
A.3.2 Conditions d'essai	80
A.3.3 Méthodes d'essai	81

A.4	Représentation des forces moyennes de contact	81
A.5	Autres limitations (annexe nationale pour la Chine).....	82
A.6	Annexe nationale pour le Japon	83
A.6.1	Généralités	83
A.6.2	Déviations latérales maximales	83
A.6.3	Comportement dynamique et qualité du captage de courant (AQ , CQ).....	83
Annexe B (informative)	Conditions nationales particulières	86
B.1	Généralités	86
B.2	Caractéristiques nationales	86
B.3	Caractéristiques générales de l'archet de pantographe	94
Annexe C (informative)	Matériaux des bandes de frottement habituellement utilisés	104
Bibliographie.....		105

Figure 1 – Vue d'ensemble des détails d'un pantographe avec l'archet de captage indépendamment suspendu	68
Figure 2 – Point de transition– Archets de pantographes de 1 600 mm et 1 950 mm.....	69
Figure A.1 – Principe de la section de séparation	76
Figure A.2 – Section de séparation longue.....	76
Figure A.3 – Section de séparation courte	77
Figure A.4 – Section de séparation scindée (à trois sectionnements).....	77
Figure A.5 – Disposition des pantographes sur les trains	78
Figure A.6 – Profil d'un archet de pantographe d'une longueur de 1 600 mm	79
Figure A.7 – Profil d'un archet de pantographe d'une longueur de 1 950 mm	80
Figure A.8 – Représentation des forces de contact en courant alternatif	81
Figure A.9 – Représentation des forces de contact en courant continu 1,5 kV	82
Figure A.10 – Représentation des forces de contact en courant continu 3,0 kV.....	82
Figure B.1 – Archet de pantographe de longueur 1 450 mm.....	94
Figure B.2 – Archet de pantographe de longueur 1 950 mm (Type 1).....	94
Figure B.3 – Archet de pantographe de longueur 1 600 mm (GB, CTRL).....	95
Figure B.4 – Archet de pantographe de longueur 1 950 mm (Type 2).....	95
Figure B.5 – Archet de pantographe de longueur 1 800 mm (NO, SE).....	96
Figure B.6 – Archet de pantographe de longueur 1 600 mm (GB).....	97
Figure B.7 – Archet de pantographe de longueur 1 950 mm (PL)	98
Figure B.8 – Archet de pantographe de longueur 1 760 mm (BE).....	98
Figure B.9 – Archet de pantographe de longueur 1 950 mm (Type 1 en CN)	99
Figure B.10 – Archet de pantographe de longueur 1 950 mm (Type 2 en CN)	99
Figure B.11 – Archet de pantographe de longueur 1 600 mm (CN).....	100
Figure B.12 – Archet de pantographe de longueur 1 550 mm (Type 1 en CN)	100
Figure B.13 – Archet de pantographe de longueur 1 550 mm (Type 2 en CN)	101
Figure B.14 – Archet de pantographe de longueur 1 550 mm (Type 3 en CN)	101
Figure B.15 – Archet de pantographe de longueur 1 700 mm (CN).....	102
Figure B.16 – Archet de pantographe de longueur 1 880 mm (JP type1).....	102
Figure B.17 – Archet de pantographe de longueur 1 880 mm (JP type2)	103
Figure B.18 – Archet de pantographe de longueur 2 000 mm (RF).....	103

Tableau 1 – Plage de hauteurs nominales de fil de contact pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu	64
Tableau 2 – Balancement maximal	65
Tableau 3 – Caractéristiques d'un pantographe pour les réseaux à courant continu et à courant alternatif.....	67
Tableau 4 – Forces de contact statiques.....	71
Tableau 5 – Courant maximal à l'arrêt	71
Tableau 6 – Limites pour performance d'interaction (force de contact).....	73
Tableau 7 – Valeurs pour performance d'interaction (arcs)	74
Tableau 8 – Distances minimales des pantographes en fonctionnement	75
Tableau A.1 – Valeurs pour les performances d'interaction (arcs).....	83
Tableau A.2 – Balancement maximum	83
Tableau A.3 – Valeurs pour performances d'interaction (arcs et perte de courant)	85
Tableau B.1 – Caractéristiques des lignes aériennes de contact des systèmes à courant alternatif.....	87
Tableau B.2 – Caractéristiques des lignes aériennes de contact des systèmes à courant continu	87
Tableau B.3 – Caractéristique du matériel roulant pour systèmes à courant alternatif	88
Tableau B.4 – Caractéristique du matériel roulant pour systèmes à courant alternatif	89
Tableau B.5 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant continu.....	90
Tableau B.6 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant continu.....	91
Tableau B.7 – Performance d'interaction pour système à courant alternatif	92
Tableau B.8 – Performance d'interaction pour système à courant alternatif	93
Tableau B.9 – Performance d'interaction pour système à courant continu	93
Tableau C.1 – Matériaux habituellement utilisés pour les bandes de frottement	104

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES –
SYSTÈMES DE CAPTAGE DE COURANT –
CRITÈRES TECHNIQUES D'INTERACTION ENTRE
LE PANTOGRAPHE ET LA LIGNE AÉRIENNE DE CONTACT
(RÉALISATION DU LIBRE ACCÈS)**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit direct ou indirect, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62486 a été établie par le comité d'études 9 de la IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) Les propriétés de la ligne supérieure pour les réseaux d'énergie en courant alternatif et continu et aussi les caractéristiques des appareils de prise de courant ont été clarifiées;

- b) les exigences pour les pantographes avec les parties à ressort indépendantes de l'archet de pantographe ont été prises;
- c) la déviation latérale du fil de contact est prise selon l'EN 15273;
- d) dans l'Annexe A des conditions spécifiques à la Chine et au Japon ont été ajoutées;
- e) en Annexe B, les conditions nationales particulières ont été complétées avec les données de membres additionnels de l'IEC.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2277/FDIS	9/2298/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/IEC, Partie 2.

Cette norme internationale dérive de la norme européenne EN 50367 offerte à l'IEC par le CENELEC.

L'attention du lecteur est attirée sur le fait que les Annexes B et C énumèrent tous les articles traitant des différences à caractère moins permanent inhérentes à certains pays, concernant le sujet de la présente norme.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC 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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

APPLICATIONS FERROVIAIRES – SYSTÈMES DE CAPTAGE DE COURANT – CRITÈRES TECHNIQUES D'INTERACTION ENTRE LE PANTOGRAPHE ET LA LIGNE AÉRIENNE DE CONTACT (RÉALISATION DU LIBRE ACCÈS)

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences pour l'interopérabilité dans le domaine d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact. Le document spécifie les exigences d'interface du matériel roulant et de l'infrastructure pour réaliser le libre accès.

NOTE Ces exigences sont définies pour un nombre limité de pantographes, dénommés «pantographes interopérable,» en parallèle avec la géométrie et les caractéristiques des lignes aériennes de contact compatibles.

Le présent document décrit des paramètres et les valeurs pour toutes les lignes en projet et futures lignes.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-811:1991, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 811: Traction électrique*

IEC 60494-1:2013, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes – Caractéristiques et essais – Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes*

IEC 60913:2013, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

IEC 62313:2009, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant*

IEC 62499:2008, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage du courant – Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes*

IEC 62846:2016, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Exigences et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire*

IEC 62917, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Fils de contact rainurés en cuivre et en cuivre allié*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la IEC 60050-811:1991 et les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC maintiennent des bases de données terminologiques pour utilisation dans la normalisation aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia disponible à <http://www.electropedia.org/>
- ISO Plateforme de consultation en ligne <http://www.iso.org/obp>

3.1

arc

amorçage

flux de courant à travers un entrefer entre une bande de frottement et un fil de contact généralement signalé par l'émission d'une lumière intense

3.2

dispositif d'abaissement automatique

dispositif qui abaisse le pantographe dans l'éventualité d'une défaillance de l'archet du pantographe ou d'une détérioration de l'archet du pantographe

[SOURCE: IEC 60494-1:2013, 3.2.19]

3.3

force de contact

force verticale exercée par le pantographe sur la ligne aérienne de contact. La force de contact est la somme des forces de tous les points de contact d'un pantographe

Note 1 à l'article: La force de contact est la somme des forces de tous les points de contact.

3.4

point de contact

point du contact mécanique entre une bande de frottement et un fil de contact

3.5

hauteur de fil de contact

distance entre le dessus du rail (ou la surface de la route pour les systèmes de ligne aérienne de contact pour les trolleybus) et la face inférieure du fil de contact

Note 1 à l'article: La hauteur de fil de contact est mesurée perpendiculairement à la voie ou à la surface de la route.

3.6

archet de pantographe à profil continu

archet de pantographe avec bandes de frottement et cornes suspendues en une pièce

3.7

empiètement de l'archet de pantographe au-dessus du plan de contact

distance perpendiculaire entre le plan de contact et le point le plus haut de l'archet du pantographe. Le plan de contact est le plan parallèle au châssis supportant le pantographe au plan de contact

Note 1 à l'article: Des informations supplémentaires sont données dans l'EN 15273-1:2013, Figure 46.

3.8

hauteur maximale du fil de contact

maximum absolu de la hauteur du fil de contact au-dessus du niveau du rail apparaissant dans tous les cas possibles pendant la durée de vie de la ligne aérienne de contact

3.9**hauteur de conception maximale du fil de contact**

maximum théorique de la hauteur du fil de contact que le pantographe doit atteindre, sans inclure les tolérances et le soulèvement

3.10**largeur maximale de l'archet de pantographe**

distance maximale mesurée le long de l'axe de la voie entre les bords extérieurs des bandes de frottement

3.11**force moyenne de contact F_m**

valeur moyenne statistique de la force de contact

Note 1 à l'article: F_m est formée par les composantes statiques et aérodynamiques de la force de contact du pantographe

3.12**gabarit cinématique mécanique du pantographe**

gabarit de l'archet de pantographe dans toutes les conditions de fonctionnement

Note 1 à l'article: Des informations additionnelles sont données dans l'EN 15273-1:2013, article 3.

3.13**hauteur minimale du fil de contact**

minimum absolu de la hauteur du fil de contact au-dessus du niveau du rail apparaissant dans tous les cas possibles pendant la durée de vie de la ligne aérienne de contact

3.14**section de séparation**

partie de ligne de contact pourvue à chaque extrémité d'un point de sectionnement, de façon à éviter l'interconnexion par les organes de prise de courant, de deux caténaires successives pouvant présenter des différences de tension, de phase ou de fréquence

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-36-16]

3.15**hauteur nominale du fil de contact**

valeur nominale de la hauteur du fil de contact au-dessus du niveau du rail au support dans des conditions normales

3.16**archet de pantographe à profil non continu**

archet de pantographe avec bandes de frottement suspendues séparément (indépendamment) des cornes principales

3.17**ligne aérienne de contact**

ligne électrique destinée à alimenter des véhicules en énergie électrique par l'intermédiaire d'organes de prise de courant et constituée par des conducteurs placés au-dessus ou à côté de la limite supérieure du gabarit des véhicules

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-02]

3.18**pourcentage d'arc NQ**

proportion du temps de parcours donnant lieu à des arcs

caractéristique donnée par la formule suivante:

$$NQ = \frac{\sum t_{\text{arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

t_{arc} est la durée d'un arc de plus de 5 ms;

t_{total} est le temps de mesure avec un courant supérieur à 30 % du courant nominal.

Le résultat, exprimé en %, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule

3.19

force de contact statique

force verticale exercée vers le haut par l'archet de pantographe sur la ligne aérienne de contact causée par le dispositif d'élévation du pantographe, tandis que le pantographe est en service et que le véhicule est à l'arrêt

3.20

zone de transition de l'archet du pantographe

intervalle pour le point de transition entre les parties suspendues non indépendamment et les parties suspendues indépendamment de l'archet du pantographe (voir Figures 1 et 2)

3.21

gradient

ratio de la différence de hauteur de la ligne aérienne de contact au-dessus du haut du rail (ou de la surface de la route pour les systèmes de ligne aérienne de contact s'appliquant au trolleybus) en deux supports successifs par la longueur de l'intervalle

[SOURCE: IEC 60913:2013, 3.4.2]

3.22

perte de contact

condition où la force de contact est zéro

Note 1 à l'article: Une perte de contact induit sûrement de l'arc sauf dans le cas de marche sur l'erre. Cependant, si deux pantographes ou plus sont connectés électriquement entre eux, l'arc disparaîtra immédiatement et la condition deviendra «perte de courant.»

3.23

perte de courant

condition où le courant qui circule par le pantographe est à zéro dans les conditions de perte de contact

Note 1 à l'article: Lorsqu'un train est équipé avec deux pantographes ou plus connectés électriquement par un câble bus, la puissance de traction peut être fournie par d'autres pantographes à travers le câble bus en cas de perte de contact. Ainsi, une condition de perte de contact n'affectera généralement pas la conduite du train.

4 Symboles et termes abrégés

AC	courant alternatif
AQ	pourcentage de tout arc
CQ	pourcentage de perte de contact
DC	courant continu
D'	longueur de la section de séparation, en excluant les parties se chevauchant et en tenant compte du soulèvement par le passage du pantographe et des distances d'isolement
D	longueur totale de la section de séparation définie comme étant distance entre les systèmes adjacents / les phases adjacentes, en incluant les parties se

	chevauchant et en tenant compte du soulèvement par le passage du pantographe et des distances d'isolement
d	longueur de l'isolateur inséré dans le fil de contact
F_m	force moyenne de contact
$F_{\max}$	force maximale de contact
$F_{m, \min}$	force moyenne minimale de contact
$F_{m, \max}$	force moyenne maximale de contact
$F_{\min}$	force minimale de contact
F_{stat}	force de contact statique
GC	gabarit C conformément à l'EN 15273
L	distance intérieure entre deux pantographes adjacents
L'	distance extérieure entre le premier et le dernier pantographe en fonctionnement
L''	distance intérieure entre un pantographe en fonctionnement et le deuxième le suivant
I	largeur maximale d'archet de pantographe
NQ	pourcentage d'arc
σ	écart-type de la force de contact
$\sigma_{\max}$	écart type maximal de la force de contact
d_l	balancement du fil de contact
b_w	demi-longueur de l'archet de pantographe
$b_{w,c}$	demi-longueur de la partie conductrice (avec cornes en matériau isolant) ou de la partie utile (avec cornes en matériau conducteur) de l'archet de pantographe
b'_h	longueur du gabarit cinématique mécanique de pantographe à une hauteur du fil de contact
h'_o	hauteur de vérification maximale du gabarit de pantographe en position de captage
h'_u	hauteur de vérification minimale du gabarit de pantographe en position de captage
h'_{c0}	hauteur de référence du centre de roulement pour l'établissement du gabarit de pantographe
I'_0	insuffisance de dévers de référence prise en considération par le véhicule pour l'établissement du gabarit de pantographe
D'_0	dévers de référence pris en considération par le véhicule pour l'établissement du gabarit de pantographe
s'_0	coefficient de flexibilité convenu entre l'entreprise ferroviaire et le Gestionnaire de l'Infrastructure pour l'établissement du gabarit de pantographe
α	angle des parties suspendues indépendantes de l'archet de pantographe au point de transition
β	angle de la corne principale sur la partie fixe de l'archet de pantographe

5 Géométrie

5.1 Généralités

Les caractéristiques géométriques de la ligne aérienne de contact doivent être étudiées et établies conformément au 5.2. Les caractéristiques géométriques du ou des pantographes doivent être étudiées et établies conformément au 5.3, selon le type d'infrastructure sur laquelle ils seront mis en service.

5.2 Caractéristiques des lignes aériennes de contact

5.2.1 Généralités

Les paramètres géométriques de la ligne aérienne de contact suivants sont définis afin de réaliser le libre accès:

- gabarit;
- hauteur de fil de contact;
- pente du fil de contact;
- balancement du fil de contact par rapport à l'axe de la voie, dû au vent transversal;
- soulèvement libre et sans restriction du fil de contact au droit du support;
- configurations de la section neutre.

La ligne aérienne de contact doit être conforme à l'IEC 60913.

5.2.2 Gabarits

La conception de la ligne aérienne de contact doit permettre l'exploitation des véhicules de gabarits conformes à ceux appropriés à l'itinéraire.

NOTE Ce gabarit est calculé conformément à l'EN 15273.

5.2.3 Hauteur de fil de contact

La plage de hauteurs nominales de fil de contact doit être conforme au Tableau 1.

Le fil de contact peut être plus haut dans certains cas, comme pour les passages à niveau, les zones de chargement, etc. Dans de tels cas, la hauteur maximale du fil de contact à la conception ne doit pas être supérieure à 6,20 m.

La hauteur maximale de fil de contact est de 6,5 m.

La hauteur de fil de contact peut être inférieure dans certains cas liés au gabarit, comme dans les ponts et les tunnels. La hauteur minimale du fil de contact doit être calculée conformément au 5.10.4 de l'IEC 60913:2013.

Tableau 1 – Plage de hauteurs nominales de fil de contact pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu

Vitesse de ligne v km/h	$v \leq 200$	$200 < v < 250$	$v \geq 250$
Plage de hauteurs nominales de fil de contact (m)	5,0 à 5,75	5,0 à 5,5	5,0 à 5,3

5.2.4 Pente des fils de contact

La pente admissible des fils de contact est définie au 5.10.3 de l'IEC 60913:2013.

La variation de la hauteur des fils de contact doit satisfaire aux exigences imposées par le 5.10.3 de l'IEC 60913:2013.

La pente de fil de contact, spécifiée au 5.10.3 de l'IEC 60913:2013, peut être exceptionnellement dépassée lorsqu'une série de restrictions en matière de hauteur de fil de contact, comme pour les passages à niveau, les ponts, les tunnels, etc., empêche de s'y

conformer. Dans ce cas, les exigences du 7.3 ne sont pas applicables, et la force de contact ne doit pas dépasser la valeur maximale définie au 5.2.5.2 de l'IEC 60913:2013.

5.2.5 Balancement du fil de contact

Le balancement maximal du fil de contact doit être calculé en tenant compte du mouvement total du pantographe par rapport à la position nominale de la voie et de la partie conductrice (ou de la longueur utile, dans le cas de pantographes pourvus de cornes en matériau conducteur) selon la formule suivante:

$$d_l = b_{w,c} + b_w - b'_h$$

Les valeurs doivent être ajustées en tenant compte du mouvement du pantographe, de l'écartement de voie et des tolérances de voie, conformément à la norme gabarit appropriée et aux paramètres suivants:

$$s'_0 = 0,225$$

$$h'_{c0} = 0,5 \text{ m}$$

$$I'_0 = 0,066 \text{ m et } D'_0 = 0,066 \text{ m}$$

$$h'_o = 6,500 \text{ m et } h'_u = 5,000 \text{ m}$$

$$b_{w,c} = 600 \text{ mm pour les pantographes conformes à la Figure A.6}$$

$$b_w = 800 \text{ mm pour les pantographes conformes à la Figure A.6}$$

$$b_{w,c} = 775 \text{ mm pour les pantographes conformes à la Figure A.7}$$

$$b_w = 975 \text{ mm pour les pantographes conformes à la Figure A.7}$$

NOTE La norme de gabarit appropriée pourrait être l'EN 15273 (ou équivalente ou la série UIC 505).

Pour les pantographes interopérables définis en A.2, la limite maximale admissible de balancement du fil de contact normal à l'axe de la voie, telle qu'elle a été conçue, sous l'action d'un vent transversal, est donnée par le Tableau 2.

Tableau 2 – Balancement maximal

Dimensions en millimètres

Longueur du pantographe	Balancement maximal
1 600	400
1 950	550

Dans le cas de voies multi-écartement, l'exigence doit être respectée pour chaque paire de rails destinée à être interopérable (conçue pour être exploitée en tant que voie distincte).

NOTE Pour les exigences nationales supplémentaires en dehors de l'Europe, voir les Articles A.5 et A.6.

La vitesse du vent et la longueur du pantographe à considérer seront définies par le Gestionnaire de l'Infrastructure.

5.2.6 Soulèvement du fil de contact

Les exigences relatives à la prise en compte du soulèvement du fil de contact au droit du support sont indiquées au 5.10.2 de l'IEC 60913:2013.

5.2.7 Sections neutres

L'IEC 62313 donne des indications concernant le fonctionnement dans les sections neutres. Les exigences de conception des sections neutres sont définies comme suit:

- les trains doivent être en mesure de se déplacer d'une section à une section adjacente (laquelle est alimentée par une phase ou système différent) sans chevauchement de la section de séparation;
- la section de séparation doit être conçue de telle façon que les trains à plusieurs pantographes configurés selon A.1.5, espacés au plus de 400 m, puissent la traverser avec leurs pantographes en position haute;
- des moyens adéquats doivent être fournis pour permettre au train, qui s'arrête dans la section de séparation de phases, de pouvoir redémarrer.

Les pantographes des trains à plusieurs pantographes doivent être abaissés sur toute la longueur de la section de séparation de phase, si les exigences fonctionnelles ci-dessus ne peuvent pas être respectées. Des mesures techniques ou opérationnelles doivent être prises pour satisfaire aux exigences de sécurité et de disponibilité.

L'Article 8 donne des indications concernant la compatibilité entre les sections de séparation et certaines configurations de pantographes.

5.2.8 Zone de changement de profil de pantographe

Une zone de changement de profil de pantographe doit être aménagée au niveau des raccordements entre lignes conçues pour des profils différents. Dans la zone de changement, un pantographe d'un type donné doit être abaissé et un pantographe d'un autre type doit être mis en position haute. Dans la zone commune aux différents profils, la ligne aérienne de contact doit être conçue de la manière suivante:

- le balancement du fil de contact, selon le 5.2.5, doit être calculé pour un pantographe ayant la plus faible longueur d'archet;
- le gabarit du pantographe, selon le 5.2.2, doit être calculé pour un pantographe ayant la plus grande longueur d'archet.

Le nouveau pantographe ne doit pas être mis en position haute avant que l'autre ne soit abaissé.

NOTE Le fait d'abaisser un pantographe avant de mettre un autre en position haute est nécessaire pour éviter un soulèvement critique du fil de contact et des forces de contact importantes non prévues.

5.3 Caractéristiques du pantographe

5.3.1 Généralités

Les paramètres géométriques du pantographe suivants sont importants pour les performances d'interaction:

- le profil géométrique de l'archet du pantographe;
- la plage de travail de hauteur du pantographe;
- la longueur de bandes de frottement;
- la largeur maximale de l'archet de pantographe;
- l'empiètement de l'archet du pantographe au delà de la ligne de contact.

L'empiètement maximal de l'archet du pantographe ne doit pas dépasser 60 mm, dans toutes les conditions, conformément au 8.1.1.3 de la EN 15273-1:2013.

NOTE 1 En général, le cas critique se produit avec le point de contact à la limite des bandes de frottement, les forces de contact maximales étant appliquées.

Le balancement maximal du fil de contact, en utilisant des archets de pantographe interopérables, est spécifié au 5.2.5.

La conception du pantographe (voir le Tableau 3) doit assurer la performance conformément à l'Article 7, pour la plage de vitesses et une hauteur de fil de contact conformes au 5.2.3 et au Tableau 1. La hauteur de travail maximale doit être de 6,5 m.

Tableau 3 – Caractéristiques d'un pantographe pour les réseaux à courant continu et à courant alternatif

Profil d'archets de pantographe ^a	Voir Figure A.6 et Figure A.7
Largeur maximale de l'archet de pantographe (m) ^b	0,65
Gabarit cinématique mécanique de pantographe	Voir 5.2.2
^a Voir les Figures B.1 à B.18 concernant les profils nationaux des lignes existantes.	
^b Largeur maximale de l'archet de pantographe, voir A.1.3.	

NOTE 2 Le point de référence concernant les profils de pantographe fait référence au point de contact (de la bande de frottement et du fil de contact) au centre de l'archet du pantographe.

Le pantographe doit être conforme à l'IEC 60494-1. Des essais supplémentaires sont définis en 5.3.2.

5.3.2 Évaluation du profil d'un pantographe

5.3.2.1 Généralités

L'évaluation du profil d'un pantographe doit être entreprise sur un pantographe neuf.

5.3.2.2 Archet de pantographe à profil continu

Les archets de pantographe doivent demeurer conformes au profil global, conformément aux Figures A.6 et A.7.

Le débattement vertical maximal par rapport au profil nominal du pantographe n'est admis que vers le bas et doit être inférieur à 30 mm.

Les débattements au-dessous du profil du pantographe, dans la longueur minimale de la bande de captage, ne doivent pas dépasser 5° par rapport à une ligne horizontale correspondant à la position horizontale du pantographe.

5.3.2.3 Archet de pantographe à profil non continu (bandes de captage de courant suspendues indépendamment)

Des évaluations complémentaires au 5.3.2.2 doivent être entreprises de la manière suivante:

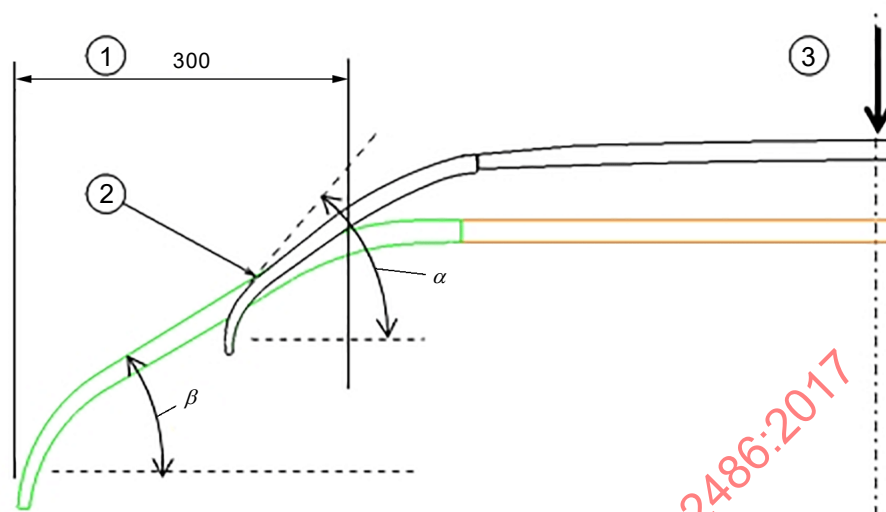
La transition entre les parties indépendantes de l'archet du pantographe doit être vérifiée.

Pour les archets de pantographe munis de bandes de frottement comportant des suspensions indépendantes, la valeur d'essai de la force de contact statique nominale donnée au Tableau 4 est appliquée au centre de l'archet.

Pour les pantographes capables de fonctionner avec différentes forces statiques (pantographes multi-tension), la valeur la plus faible doit être utilisée.

L'emplacement du point de transition entre les parties indépendamment suspendues de l'archet de captage doit être à moins de 300 mm de l'extrémité du pantographe.

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- 1 zone de transition
- 2 point de transition
- 3 force statique

Figure 2 – Point de transition– Archets de pantographes de 1 600 mm et 1 950 mm

Conditions: La valeur maximale de α ne doit pas dépasser 40° . La valeur maximale de β est donnée aux Figures A.6 et A.7.

5.3.3 Partie conductrice

La partie conductrice et la longueur minimale de la bande de frottement sont définies par les Figures A.6 et A.7.

6 Interfaces matérielles**6.1 Généralités**

L'usure du fil de contact et des bandes de frottement, ainsi que le courant admissible au point de contact dépendent de manière significative des matériaux de ces deux composants. Afin d'obtenir une performance satisfaisante, les caractéristiques du fil de contact et des bandes de frottement doivent être conformes aux 6.2 et 6.3.

6.2 Fil de contact

Le fil de contact doit respecter les exigences de l'IEC 62917 et doit être utilisé conformément à l'IEC 60913.

Conformément à l'IEC 62917, les matériaux autorisés pour la confection du fil de contact sont généralement le cuivre et l'alliage de cuivre. D'autres matériaux sont autorisés, si l'on peut prouver que les caractéristiques sont égales aux caractéristiques des matériaux autorisés ou meilleures que ces dernières.

6.3 Bandes de frottement

Le type de bande de frottement utilisé doit être déterminé en fonction des propriétés suivantes:

- le courant admissible;
- la force de contact;
- le matériau de la bande de frottement.

Sur les lignes en courant alternatif, le carbone pur doit être autorisé.

Sur les lignes en courant continu, le carbone pur ou le carbone imprégné doit être autorisé.

Sur les lignes en courant alternatif et en courant continu, le carbone pur doit être autorisé.

NOTE 1 Les bandes de captage en carbone pur sont constituées d'un mélange d'éléments de carbone sous forme de graphite et de carbone amorphe. Les bandes de captage en carbone imprégné sont des bandes de carbone pur dont les lacunes sont remplies de métal. Le degré d'imprégnation est défini par le pourcentage de métal, en poids.

Les bandes de frottement réalisées en d'autres matériaux doivent être soumises à un accord entre le Gestionnaire de l'Infrastructure et l'entreprise ferroviaire.

Le fonctionnement sur le même réseau d'infrastructure avec des matériaux de bande de frottement différents (voir le Tableau C.1) doit être fondé sur un accord entre le Gestionnaire de l'Infrastructure et l'entreprise ferroviaire.

NOTE 2 Si on utilise des matériaux multiples pour les bandes de frottement dans les réseaux, l'usure des bandes de frottement et/ou du fil de contact pourrait augmenter. Des recommandations s'appuyant sur des études en cours seront incluses dans la prochaine révision de la présente Norme.

Les bandes de frottement doivent être soumises aux essais conformément à l'IEC 62499:2008.

En qui concerne les réseaux continus, des essais supplémentaires selon l'Article A.3 doivent être effectués pour vérifier le courant maximal à l'arrêt.

7 Performance d'interaction

7.1 Généralités

La performance de l'interface entre la ligne aérienne de contact et le pantographe doit être soumise à une évaluation de conformité.

Concernant le captage de courant sans interruption, les exigences fonctionnelles sont décrites ici. Ces exigences ont trait au profil géométrique de l'archet de pantographe et au comportement dynamique du véhicule (par exemple, l'enveloppe cinématique) et assurent qu'au moins un fil de contact est toujours dans la partie conductrice de l'archet de pantographe (toutes tolérances comprises).

7.2 Courant admissible

Le courant dans la ligne aérienne de contact dépend de différents paramètres tels que la vitesse, le poids du train, le nombre de trains et leur distance, la déclivité de la ligne et le système d'alimentation électrique.

Les propriétés du pantographe et du fil de contact doivent être telles qu'il n'y ait pas d'échauffement excessif du fil de contact.

Le courant maximal admissible capté par le pantographe dépend des paramètres suivants:

- le nombre et le matériau des fils de contact;
- le nombre et le matériau des bandes de frottement;

- les forces de contact réelles au point de contact;
- la vitesse du train;
- les conditions d'environnement.

Le courant appelé par le train doit être conforme aux limites de travail de la ligne aérienne de contact, conformément au Tableau 2 de l'IEC 62313:2009. Les limites de température des conducteurs doivent être conformes au 5.1.2 de l'IEC 60913:2013.

La force de contact statique est définie au 3.3.5 de l'IEC 60494-1:2013, et elle est exercée par le pantographe sur le fil de contact. La ligne aérienne de contact doit être conçue pour une force de contact statique spécifiée dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Forces de contact statiques

	Plage d'application N	Valeur d'essai N
Courant alternatif	60 à 90	70
Courant continu 3 kV	90 à 120	90
Courant continu 1,5 kV	70 à 140	90

NOTE Pour le Japon, une plage nominale d'application 44 N à 84 N avec une valeur d'essai 54 N est valide.

L'évaluation de la conformité de la force de contact statique doit être effectuée par une revue de conception et des mesures, conformément à l'IEC 60494-1:2013.

La compatibilité avec le courant, train à l'arrêt, doit être évaluée conformément au A.3.1. Le courant maximal à l'arrêt est donné dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Courant maximal à l'arrêt

Catégorie	Courant alternatif	Courant continu 1,5 kV	Courant continu 3 kV
Courant maximal à l'arrêt par pantographe (A)	80	300	200

NOTE 1 Il convient que la force statique de contact soit ajustable pour un captage de courant sûr lorsque le train est à l'arrêt.

NOTE 2 Le courant maximal à l'arrêt est parfois substantiellement inférieur que les valeurs du Tableau 5 en fonction des spécifications du véhicule telles que le nombre de pantographes.

7.3 Comportement dynamique et qualité de captage du courant

L'usure des bandes de frottement et du fil de contact, ainsi que la sécurité et la performance de fonctionnement du train, sont influencées par l'interaction dynamique entre le pantographe et la ligne aérienne de contact.

Le comportement dynamique dépend des caractéristiques du pantographe et de la ligne aérienne de contact, ainsi que des conditions de fonctionnement. Les conditions principales de fonctionnement à considérer sont la vitesse des trains et leur nombre, leur distance et la position des pantographes.

Le nombre acceptable de pantographes, ainsi que leur espacement minimal (voir Tableau 8), sont limités par les performances dynamiques du pantographe et de la ligne aérienne de contact. La ligne aérienne de contact doit être conçue de manière conforme aux exigences en matière de comportement dynamique. Le soulèvement du fil de contact à la vitesse de conception de la ligne doit être conforme aux exigences du Tableau 6.

La qualité du captage de courant a une incidence fondamentale sur la durée de vie d'un fil de contact et doit donc répondre à des paramètres convenus et mesurables.

La conformité aux exigences en matière de comportement dynamique doit être vérifiée par l'évaluation:

- du soulèvement du fil de contact

et pour le comportement dynamique et la qualité de captage du courant par l'évaluation:

- de la force moyenne de contact F_m et de l'écart type $\sigma_{\max}$

ou

- du pourcentage d'arc NQ

Le Gestionnaire de l'Infrastructure doit décider quelle est la méthode de mesure à utiliser. Les valeurs à atteindre par la méthode choisie sont présentées aux Tableaux 6 et 7. Les valeurs doivent être mesurées conformément à l'IEC 62846.

NOTE Pour les exigences additionnelles (Chine, Japon) en dehors de l'Europe, voir les Articles A.5 et A.6.

Pour la qualification de performance avec plusieurs pantographes, on doit considérer le pantographe présentant les valeurs les plus critiques. Il convient de déterminer le pantographe aux performances les plus critiques à partir de simulations selon la EN 50318 ou à partir d'essai selon l'IEC 62846.

Le Tableau 6 présente les limites de performance d'interaction. Ces valeurs doivent s'appliquer, pour la plage de hauteurs nominales de fils de contact figurant dans le Tableau 1, à tout pantographe en fonctionnement.

F_m pour tout pantographe doit être entre la limite de conception et la limite d'approbation pour les pantographes donnés au Tableau 6; pour chaque pantographe, les critères relatifs à la qualité de captage de courant doivent être remplis.

Pour des vitesses supérieures à 320 km/h, des règles nationales relatives à la valeur de F_m doivent s'appliquer.

Tableau 6 – Limites pour performance d'interaction (force de contact)

Vitesse de ligne	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h	$v \leq 200$ km/h	$v > 200$ km/h
Catégorie	Courant alternatif	Courant alternatif	Courant continu 1,5 kV	Courant continu 1,5 kV	Courant continu 3 kV	Courant continu 3 kV
$F_{m, \max}$ (N) ^a Limite de conception ^b	$F_{m, \max} < 0,000\ 47\ v^2 + 90$	$F_{m, \max} < 0,000\ 97\ v^2 + 70$	$F_{m, \max} < 0,000\ 97\ v^2 + 140$	$F_{m, \max} < 0,002\ 28\ v^2 + 90$	$F_{m, \max} < 0,000\ 97\ v^2 + 110$	$F_{m, \max} < 0,000\ 97\ v^2 + 110$
$F_{m, \min}$ (N) Minimum pour approbation du pantographe ^{a d}	$0,000\ 47\ v^2 + 60$	$0,000\ 47\ v^2 + 60$	$0,001\ 12\ v^2 + 70$	$0,001\ 12\ v^2 + 70$	$0,000\ 72\ v^2 + 90$	$0,000\ 72\ v^2 + 90$
$\sigma_{\max}$ (N) à vitesse maximale ^c	$0,3\ F_{m, \max}$					
Espace nécessaire pour souèvement libre et sans restriction du fil de contact	Voir le 5.10.2 de l'IEC 60913:2013					
Si on utilise des simulations, elles doivent être validées conformément à la EN 50318.						
^a La représentation graphique des formules est donnée aux Figures A.8, A.9 et A10.						
^b La ligne aérienne de contact doit être conçue pour accepter, au minimum, la valeur de la force moyenne (F_m) indiquée ici. La conception du pantographe doit être telle qu'il applique, au maximum, la valeur de la force moyenne (F_m) indiquée ici.						
^c La limite de $\sigma = 0,3\ F_m$ donne une probabilité de moins de 0,27 % que des forces de contact inférieures à $0,1\ F_m$ se produisent, en considérant une distribution gaussienne des forces.						
^d Au Japon, $F_{m, \min} \geq F_{stat}$						

NOTE 1 Formules valides pour $v \neq 0$

NOTE 2 Pour des exigences nationales (Chine, Japon) à l'extérieur de l'Europe, voir les Articles A.5 et A.6.

Tableau 7 – Valeurs pour performance d'interaction (arcs)

Exigence	$v \leq 160$ km/h	$160 \text{ km/h} < v \leq 250$ km/h	$v > 250$ km/h
Pourcentage d'arc à vitesse maximale de ligne, NQ (%) (durée minimale de l'arc: 5 ms)	$\leq 0,1$	$\leq 0,1$ en courant alternatif $\leq 0,2$ en courant continu	$\leq 0,2$ en courant alternatif
Si, dans le cas d'une défaillance dans le fonctionnement normal du pantographe, l'exploitation doit se poursuivre à la vitesse normale en utilisant le pantographe de secours, la valeur de NQ ne doit pas être supérieure à 0,5. Si l'exploitation à la vitesse normale n'est pas exigée, le train doit circuler à une vitesse telle que la valeur normale de NQ soit conservée. Les conditions d'exploitation doivent être soumises à l'accord du Gestionnaire de l'Infrastructure.			

NOTE Pour les exigences additionnelles (Chine, Japon) en dehors de l'Europe, voir les Articles A.5 et A.6.

8 Exigences opérationnelles

8.1 Caractéristiques supplémentaires relatives à un dispositif d'abaissement automatique

Un dispositif d'abaissement automatique doit être utilisé pour les lignes sur lesquelles la vitesse est de 160 km/h ou plus si le client le demande.

Le pantographe doit s'abaisser, à la distance d'isolement électrique dynamique minimale, dans les 3 s à partir de l'instant où l'ordre a été donné. Le pantographe doit s'abaisser dans son logement en moins de 10 s. Le disjoncteur doit être en position ouverte avant l'abaissement du pantographe.

8.2 Espacement minimal entre deux pantographes en fonctionnement

La ligne aérienne de contact doit être conçue pour deux pantographes au minimum, fonctionnant de manière contiguë, ayant une distance entre eux définie par les types A, B, C ou D comme indiqué par le Tableau 8. La distance est mesurée entre les axes des archets des pantographes. Le Gestionnaire de l'Infrastructure doit définir le type de ligne (voir le Tableau 8).

NOTE Les limites concernant la largeur maximale de l'archet sont importantes en vue du fonctionnement correct des dispositifs de sectionnement. Les limites concernant les distances entre les pantographes en service sont importantes pour le fonctionnement correct des sections neutres. Voir A.1.

S'il n'y a pas de risques de court-circuit entre différentes sources de courant électrique, les pantographes en service peuvent être raccordés électroniquement même dans un système en courant alternatif. Dans les réseaux à courant continu, lorsqu'il existe un raccordement électrique entre des pantographes en service, un dispositif destiné à interrompre ce raccordement doit être prévu dans le cas où un quelconque accident de lignes de contact ou de matériel roulant est anticipé.

Tableau 8 – Distances minimales des pantographes en fonctionnement

	Courant alternatif				Courant continu 3 kV			Courant continu 1,5 kV			
	Distances minimales des pantographes en fonctionnement										
	m										
Désignation du type de ligne	A	B	C	D	A	B	C	A	B	C	D
Vitesse d'exploitation km/h											
$v > 250$	200	200	200	45	200	200	200	200	200	35	NA
$160 < v \leq 250$	200	85	35	45	200	115	35	200	85	35	NA
$120 < v \leq 160$	85	85	35	45	20	20	20	85	35	20	12
$80 < v \leq 120$	20	15	15	12	20	15	15	35	20	15	3
$v \leq 80$	8	8	8	12	8	8	8	20	8	8	3

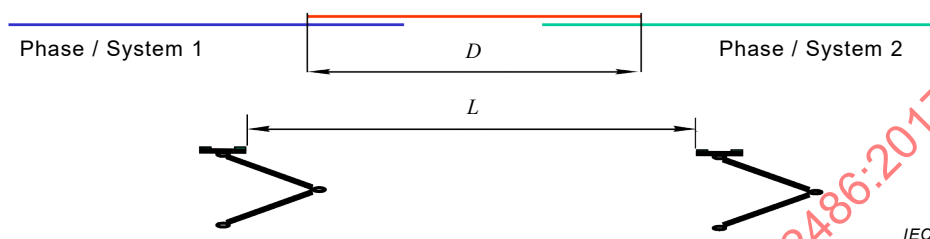
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

Annexe A (normative)

Exigences particulières

A.1 Sections neutres

A.1.1 Principe de la section de séparation



Légende

Phase / System Phase / Système

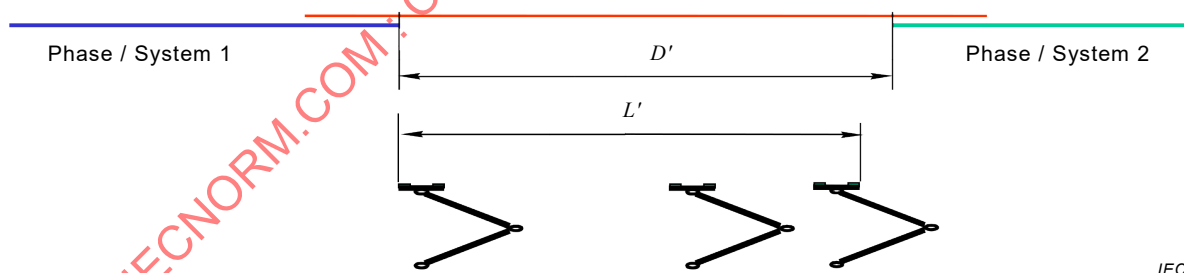
Conditions:

$L > D$

Figure A.1 – Principe de la section de séparation

La distance L doit être conforme à celle indiquée par le Tableau 8. L'interopérabilité n'est obtenue que pour une distance de pantographe L de 200 m. Pour d'autres distances, voir les Tableaux B.3 et B.4.

A.1.2 Section de séparation longue



Légende

Phase / System Phase / Système

Conditions:

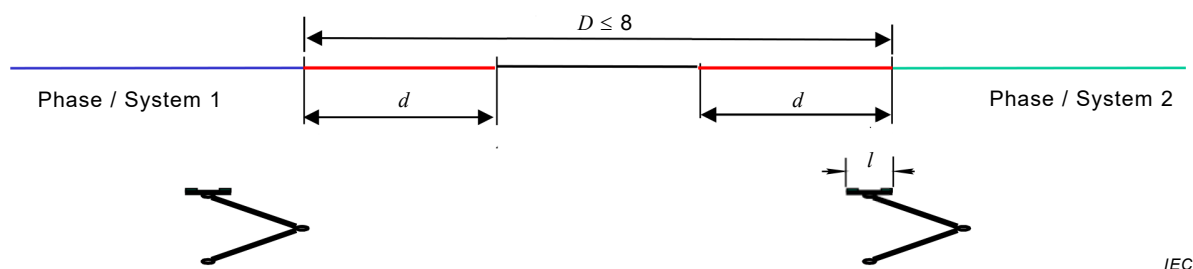
$L' < 400$ m

$D' > 400$ m

Figure A.2 – Section de séparation longue

NOTE Dans le cas d'une disposition selon la Figure A.2, la section neutre est plus longue que la distance entre les pantographes les plus éloignés en service sur un train interopérable, c'est-à-dire 400 m au maximum.

A.1.3 Section de séparation courte



Légende

Phase / System

Phase / Système

Figure A.3 – Section de séparation courte

Dans le cas de la Figure A.3, les sections neutres (d) peuvent être constituées par des isolateurs de sections neutres et les dimensions doivent être les suivantes:

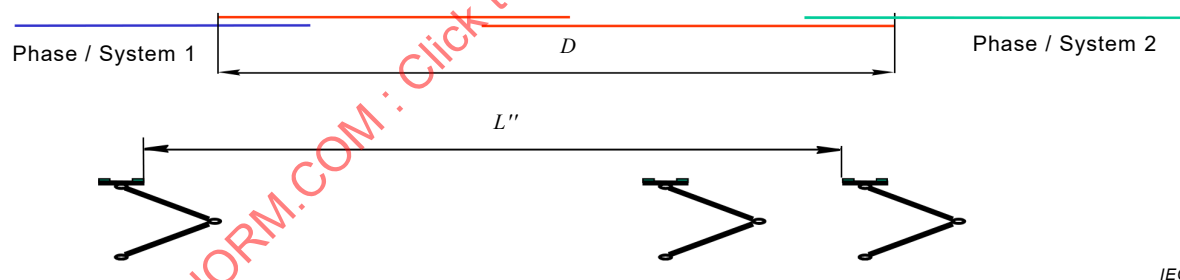
$$D \leq 8 \text{ m}$$

Par cette courte longueur, la probabilité qu'un train s'arrête à l'intérieur de la séparation de phase est telle qu'elle ne nécessite pas de prévoir des moyens adéquats pour redémarrer.

La longueur de d doit être choisie en fonction de la tension du système, de la vitesse de ligne maximale et de la largeur maximale du pantographe.

La section centrale peut être connectée au chemin de retour de courant.

A.1.4 Section de séparation scindée (à trois sectionnements)



Légende

Phase / System

Phase / Système

Conditions:

$$L'' > D$$

Figure A.4 – Section de séparation scindée (à trois sectionnements)

Selon la vitesse et les caractéristiques de la ligne, une des deux configurations suivantes peut être utilisée:

Configuration I

$D < 142 \text{ m}$
 $L'' > 142 \text{ m}$

Configuration II

$D < 79 \text{ m}$

$L'' > 79 \text{ m}$

A.1.5 Disposition des pantographes sur les trains

Pour négocier les types spécifiés de sections de séparation, l'espacement maximal des pantographes d'un train doit être de 400 m. De plus, l'écartement L'' couvrant trois pantographes consécutifs doit être supérieur à D . Le pantographe entre deux autres pantographes peut être disposé en n'importe quel endroit de cette plage, mais la distance minimale entre les pantographes en fonctionnement est de 8 m. En fonction de l'espacement minimal entre deux pantographes consécutifs, le Gestionnaire de l'Infrastructure doit déterminer la vitesse maximale d'exploitation du train. Aucun raccordement électrique ne peut exister entre des pantographes en service. La Figure A.5 illustre la disposition des pantographes.

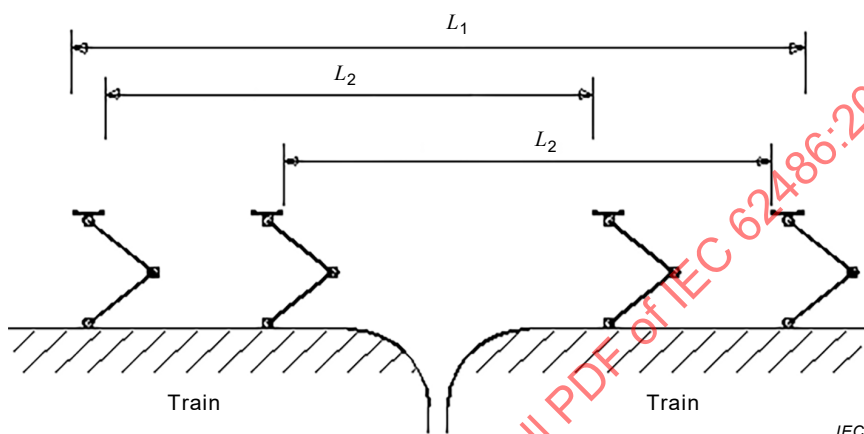


Figure A.5 – Disposition des pantographes sur les trains

La Figure A.5 représente la disposition des pantographes compatible avec les solutions indiquées à la Figure A.3.

Pour les solutions présentées aux Figures A.2 et A.4, la disposition des pantographes doit faire l'objet d'un accord avec le Gestionnaire de l'Infrastructure.

Conditions: $L' = L_1 < 400 \text{ m}$

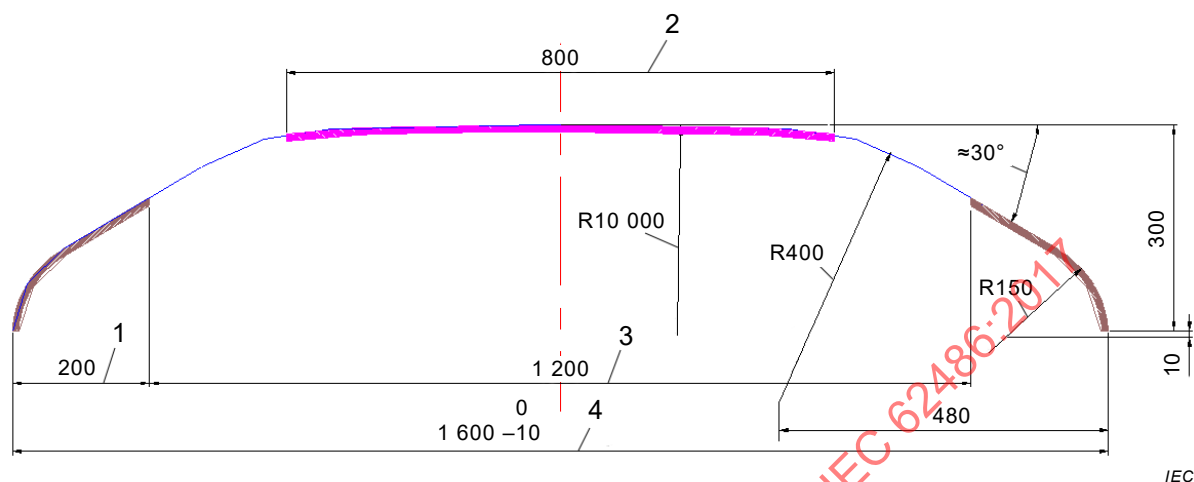
$L'' = L_2 > 142 \text{ m}$ pour la configuration I ou

$L'' = L_2 > 79 \text{ m}$ pour la configuration II

A.2 Profils de l'archet de pantographe interopérable

A.2.1 Archet de pantographe dont la longueur est de 1 600 mm

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 corne réalisée en matériau isolant (longueur projetée 200 mm)
- 2 longueur minimale de la bande de frottement 800 mm
- 3 zone de travail (correspondant à la partie conductrice) de l'archet de pantographe 1 200 mm
- 4 longueur de l'archet de pantographe 1 600 mm

NOTE L'archet d'un pantographe interopérable de 1 600 mm permet l'exploitation sur des lignes conçues pour des archets de pantographe de 1 450 mm. Par conséquent des cornes isolées sont strictement nécessaires.

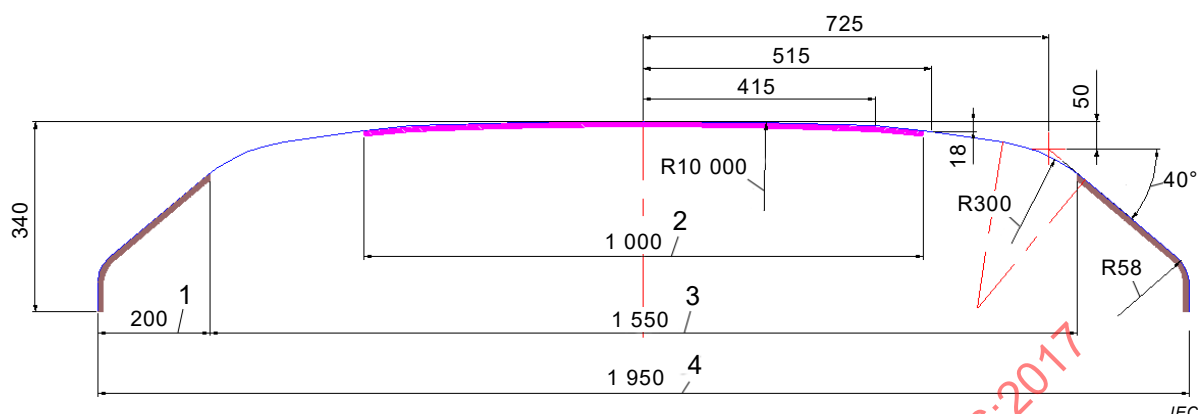
Figure A.6 – Profil d'un archet de pantographe d'une longueur de 1 600 mm

Les valeurs admissibles concernant l'empiétement de l'archet de pantographe et les débattements par rapport au profil sont définies au 5.3.

Un contact entre le fil de contact et l'archet de pantographe est possible à l'extérieur des bandes de frottement et dans toute la partie conductrice sur des sections de ligne limitées dans des conditions défavorables, comme par exemple, la concomitance d'une oscillation du véhicule et de vents forts.

A.2.2 Archet de pantographe dont la longueur est de 1 950 mm

Dimensions en millimètres



Légende

- 1 corne réalisée en matériau isolant (longueur projetée maximum 200 mm)
- 2 longueur minimale de la bande de frottement 1 000 mm
- 3 partie conductrice de l'archet de captage 1 550 mm
- 4 longueur de l'archet de pantographe 1 950(+0/-10) mm
- 5 zone de travail de l'archet de pantographe 1 450 mm

Figure A.7 – Profil d'un archet de pantographe d'une longueur de 1 950 mm

La conception du gabarit de l'infrastructure doit permettre le passage d'un pantographe équipé de cornes conductrices.

NOTE L'archet d'un pantographe de 1 950 mm nécessite une partie de conductrice de 1 550 mm. Par conséquent, il est possible de monter des cornes isolées de 200 mm ou moins, pour satisfaire aux exigences d'isolation par rapport au toit du véhicule.

A.3 Essais supplémentaires pour les réseaux à courant continu

A.3.1 Courant à l'arrêt

Si le Gestionnaire de l'Infrastructure le demande, l'échauffement du fil de contact par le courant à l'arrêt doit être vérifié pour des systèmes à courant continu.

NOTE 1 Une vérification pour les systèmes à courant alternatif n'est pas nécessaire, du fait d'un courant plus faible à l'arrêt.

NOTE 2 Celui-ci est surtout fonction de la consommation de courant par les équipements auxiliaires du train.

A.3.2 Conditions d'essai

L'essai du courant admissible entre le pantographe et la ligne de contact doit être réalisé avec la configuration complète, pantographe et ligne de contact. Des essais avec une configuration réduite sont admis, si on montre qu'ils représentent les conditions réelles de courant et de force statique, de composition des matériaux et de géométrie du contact entre la bande de frottement et le fil de contact.

A cet effet, les bandes de frottement doivent être dans un état d'usure initiale. Les fils de contact doivent être neufs, pour ces essais.

Les essais doivent être réalisés dans un environnement protégé (par exemple dans un atelier fermé) afin d'éviter toute influence des courants d'air.

Suivant le système de ligne aérienne de contact, les essais doivent être réalisés avec un ou deux fils de contact équipés de capteurs de température. Les capteurs de température doivent être situés aussi près que possible de la surface de contact.

A.3.3 Méthodes d'essai

Les essais doivent être réalisés avec la force de contact statique utilisée en exploitation.

Pour cet essai, le courant capté par le pantographe doit être spécifié en fonction de la consommation maximale de chaque véhicule à l'arrêt. Sauf indication contraire, les valeurs limites dans le Tableau 5 peuvent être utilisées pour déterminer le courant pour cet essai.

Chaque essai doit durer au minimum 30 min, sauf si la température affichée par l'un des capteurs atteint la valeur maximale autorisée pour les fils de contact. Dans ce cas, l'essai doit être interrompu.

Le courant et la température doivent être continuellement consignés.

Les essais doivent être considérés comme satisfaisants, si la température maximale des fils de contact après 30 min n'est pas supérieure à la valeur stipulée par le 5.1.2 de l'IEC 60913:2013.

A.4 Représentation des forces moyennes de contact

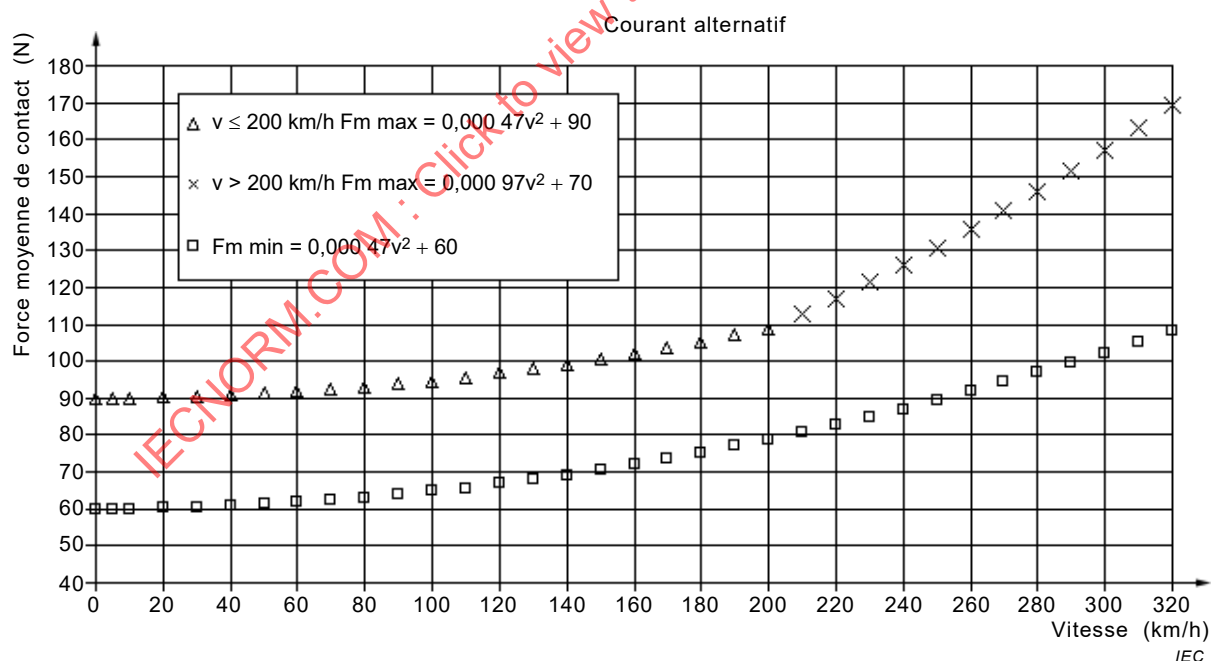


Figure A.8 – Représentation des forces de contact en courant alternatif

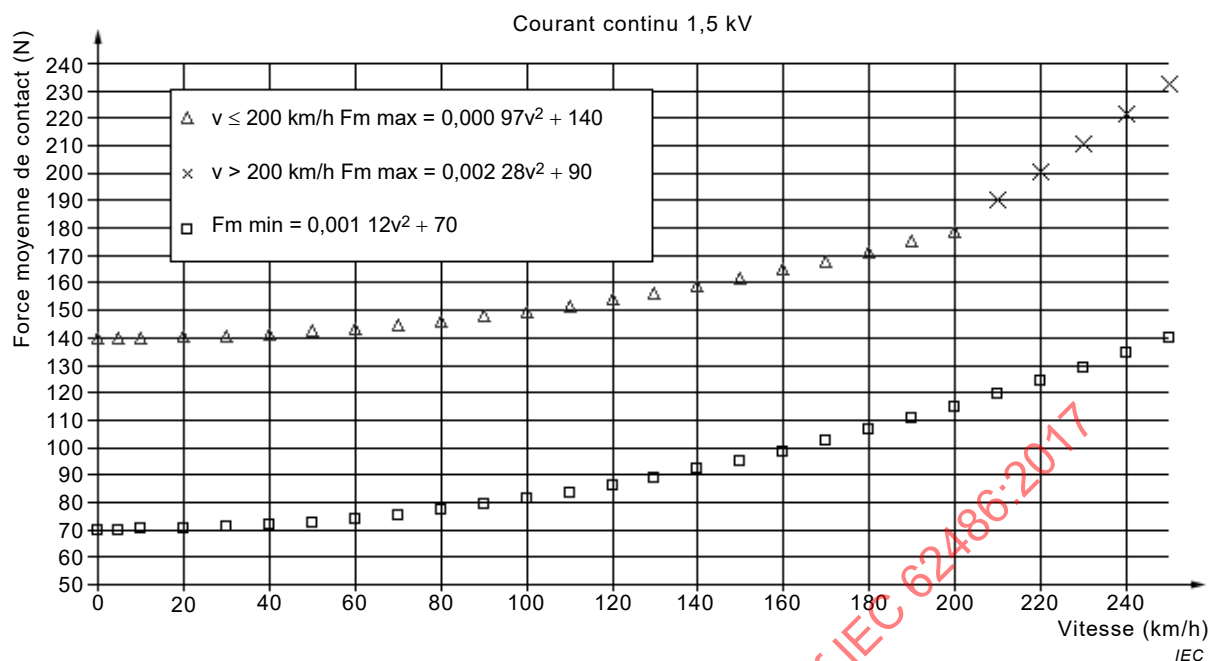


Figure A.9 – Représentation des forces de contact en courant continu 1,5 kV

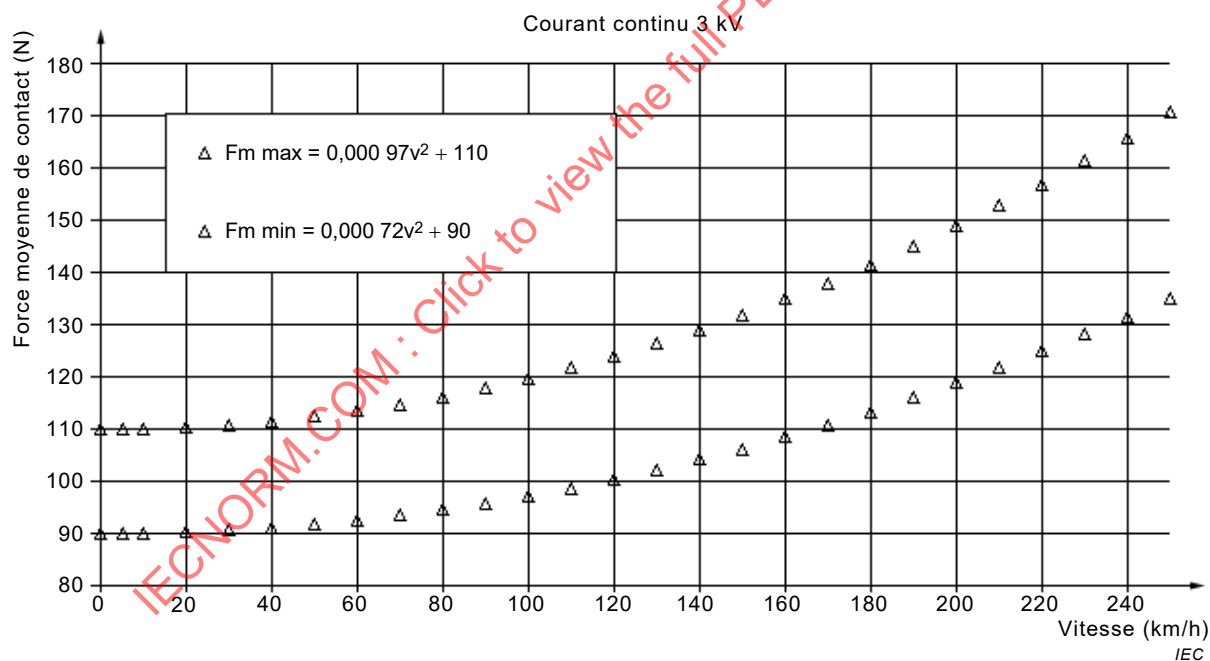


Figure A.10 – Représentation des forces de contact en courant continu 3,0 kV

A.5 Autres limitations (annexe nationale pour la Chine)

L'évaluation des arcs doit être en accord avec les valeurs du Tableau A.1 suivant.

Tableau A.1 – Valeurs pour les performances d'interaction (arcs)

Exigences	Valeur
Pourcentage d'arc à la vitesse maximale de la ligne, NQ' (%) ^a (durée minimale de l'arc 5 ms)	< 5
Durée maximale d'un arc T_{max} (ms)	<100
Ratio maximum en fonction du nombre d'arcs (durée minimale de l'arc 5 ms) par la longueur d'essai	≤ 1 arc par 160 m
^a t_{total} est le temps de mesure total sans considération du courant nominal NQ .	

A.6 Annexe nationale pour le Japon

A.6.1 Généralités

Condition nationale particulière: Caractéristiques ou pratiques nationales qui ne peuvent être modifiées même après une longue période de temps, par exemple les conditions climatiques, conditions électriques de mise à la terre.

Pour les pays dans lesquels les conditions particulières nationales pertinentes s'appliquent, ces dispositions sont normatives.

A.6.2 Déviation latérale maximale

Pour certains pays à l'extérieur de l'Europe, la limite maximale admissible de balancement du fil de contact de l'axe de la voie désigné sous l'action d'un vent transversal est donnée dans le Tableau A.2.

Tableau A.2 – Balancement maximum

Longueur de pantographe mm	Balancement maximum mm
1 600 à 1 950	440

A.6.3 Comportement dynamique et qualité du captage de courant (AQ , CQ)

L'usure des bandes de frottement et du fil de contact, ainsi que la sécurité et la performance de fonctionnement du train, sont influencées par l'interaction dynamique entre le pantographe et la ligne aérienne de contact.

Le comportement dynamique dépend des caractéristiques du pantographe et de la ligne aérienne de contact, ainsi que des conditions de fonctionnement. Les conditions principales de fonctionnement à considérer sont la vitesse des trains et leur nombre, leur distance et la position des pantographes.

Le nombre acceptable de pantographes, ainsi que leur espacement minimal (voir Tableau 8), sont limités par les performances dynamiques du pantographe et de la ligne aérienne de contact. La ligne aérienne de contact doit être conçue de manière conforme aux exigences en matière de comportement dynamique. Le soulèvement du fil de contact à la vitesse de conception de la ligne doit être conforme aux exigences du Tableau 6.

La qualité du captage de courant a une incidence fondamentale sur la durée de vie d'un fil de contact et doit donc répondre à des paramètres convenus et mesurables.

La conformité aux exigences en matière de comportement dynamique doit être vérifiée par l'évaluation:

- du soulèvement du fil de contact (voir Tableau 6);

et si le gestionnaire d'infrastructure le demande,

- de la contrainte de flexion du fil de contact

et pour la qualité de captage du courant, soit:

- de la force moyenne de contact F_m et de l'écart type $\sigma_{\max}$ (voir Tableau 6)

ou

- soit de NQ , AQ , ou CQ (voir Tableau 7 et Tableau A.3)

Dans le cas du pantographe connecté électriquement, la force de contact n'est pas appropriée comme index de la qualité du captage de courant car les occurrences de pertes de contact ne correspondent pas toujours avec les occurrences d'arc.

Dans le cas du pantographe sans connexion électrique, CQ n'est pas appropriée comme index de la qualité du captage de courant car la perte de courant a peu d'opportunité de se produire en raison de l'arc.

Le Gestionnaire de l'Infrastructure doit décider quelle est la méthode de mesure à utiliser. Les valeurs à atteindre par la méthode choisie sont présentées au Tableau 6, Tableau 7 et au Tableau A.3. Les valeurs doivent être mesurées conformément à l'IEC 62846.

Pour l'application de cette Annexe, les données suivantes s'appliquent.

- a) pourcentage de tout arc AQ

donné par la formule suivante:

$$AQ = \frac{\sum t_{\text{all_Arc}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

$t_{\text{all_Arc}}$ est la durée d'un arc mesuré avec la lumière visible d'arc;

t_{total} est la mesure de temps avec un courant supérieur à 30 % de courant nominal.

Le résultat, exprimé en %, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule (IEC 62846).

- b) pourcentage de perte de courant CQ

donné par la formule suivante:

$$CQ = \frac{\sum t_{\text{cl}}}{t_{\text{total}}} \times 100$$

où

t_{cl} est la durée de la perte de contact (par exemple une mesure avec une forme d'onde de courant capté par le pantographe qui est connecté à un autre pantographe);

t_{total} est la mesure de temps avec un courant supérieur à 30 % de courant nominal.

Le résultat, exprimé en %, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule (IEC 62846)

Tableau A.3 – Valeurs pour performances d'interaction (arcs et perte de courant)

Exigences	$v \leq 160 \text{ km/h}$	$160 \text{ km/h} < v \leq 250 \text{ km/h}$	$v > 250 \text{ km/h}$
AQ (%) ^a (en détectant un arc avec la lumière visible)	5	5	5
CQ (%) ^b (basé sur la forme d'onde du courant capté)	30	30	30
^a La mesure d'un arc avec lumière visible doit être effectuée la nuit ou dans un tunnel dans des conditions climatiques sans gel, glace, neige ou pluie forte. AQ mesuré à un endroit où il existe une source de lumière autre que l'arc ne doit pas être sujet à évaluation. Si AQ ne répond pas aux critères d'acceptation à cause d'irrégularités locales, il peut être accepté sur la base d'un accord entre le gestionnaire d'infrastructure et le gestionnaire d'opérations. ^b La mesure de CQ en utilisant la forme d'onde de courant capté doit être appliquée seulement quand les pantographes sont connectés. Si CQ ne répond pas aux critères d'acceptation à cause d'irrégularités locales, il peut être accepté sur la base d'un accord entre le gestionnaire d'infrastructure et le gestionnaire d'opérations.			

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017

Annexe B (informative)

Conditions nationales particulières

B.1 Généralités

Condition nationale particulière: 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

La présente Annexe donne des informations destinées aux opérateurs ferroviaires et relatives aux conditions d'accès aux lignes existantes dans les Tableaux B.1 à B.9.

B.2 Caractéristiques nationales

Les valeurs des forces de contact données dans les Tableaux B.5 et B.6 sont fondées sur les systèmes de mesure nationaux.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62486:2017