

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (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 © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62486

Edition 1.0 2010-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (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

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 45.060

ISBN 978-2-88912-064-2

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Symbols and abbreviations.....	9
5 Geometry	9
5.1 General.....	9
5.2 Overhead contact line characteristics	9
5.3 Pantograph characteristics	11
6 Material interfaces.....	12
6.1 General.....	12
6.2 Contact wire	12
6.3 Contact strips	12
7 Interaction performance.....	13
7.1 General.....	13
7.2 Current capacity	13
7.3 Interaction dynamic performance.....	14
Annex A (normative) Special requirements	17
Annex B (normative) Special national conditions.....	25
Annex C (informative) Materials for contact strips	35
Bibliography.....	36
Figure A.1 – Symbol visualisation	17
Figure A.2 – Short neutral section.....	18
Figure A.3 – Long neutral section	18
Figure A.4 – Neutral section with insulators	18
Figure A.5 – Split neutral section	19
Figure A.6 – Arrangement of pantographs on trains	19
Figure A.7 – Standard profile of pantograph head	20
Figure A.8 – Space for passage of pantograph heads on interoperable lines.....	22
Figure A.9 – Space for passage of pantograph heads and pantograph gauge (JP).....	23
Figure B.1a – Mean contact force F_m (+ 10 %) depending on running speeds for FR (see Table B.5)	29
Figure B.1b – Mean contact force F_m (–10 %) depending on running speeds CH, DE (see Table B.5)	30
Figure B.2 – Pantograph head with length of 1 450 mm	30
Figure B.3 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1)	31
Figure B.4 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB, CTRL)	31
Figure B.5 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2)	32
Figure B.6 – Pantograph head with length of 1 800 mm (NO, SE)	32
Figure B.7 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB)	33
Figure B.8 – Pantograph head with length of 1 950 mm (PL).....	34
Figure B.9 – Pantograph head with length of 1 760 mm to 1 880 mm (JP).....	34

Table 1 – Overhead contact line characteristics for a.c. and d.c. systems	10
Table 2 – Pantograph characteristics for a.c. and d.c. systems	12
Table 3 – Maximum current at standstill	14
Table 4 – Values for interaction performance	15
Table 5 – Values for interaction performance (arcs)	15
Table A.1 – Dimensions for dynamic envelope for pantograph passage for high-speed lines (examples, track radius more than 3 000 m)	22
Table B.1 – Overhead contact line characteristics for a.c. systems	25
Table B.2 – Overhead contact line characteristics for d.c. systems	25
Table B.3 – Rolling stock characteristics for a.c. systems	26
Table B.4 – Rolling stock characteristics for d.c. systems	27
Table B.5 – Interaction performance for a.c. systems.....	28
Table B.6 – Interaction performance for d.c. systems.....	29
Table C.1 – Contact strip material normally used	35
Table C.2 – Results of investigation about use of alternative materials (excerpt from ERRI A 186)	35

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
CURRENT COLLECTION SYSTEMS –
TECHNICAL CRITERIA FOR THE INTERACTION
BETWEEN PANTOGRAPH AND OVERHEAD LINE
(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 standard is based on EN 50367.

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

FDIS	Report on voting
9/1396/FDIS	9/1433/RVD

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

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

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

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

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 LINE (TO ACHIEVE FREE ACCESS)

1 Scope

Combination of different overhead contact lines and pantographs will provide various interaction performances.

This International Standard defines parameters for interoperability in the field of interaction between the pantograph and the overhead contact line. The standard specifies the interface requirements of rolling stock and infrastructure to achieve free access.

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

Annex B gives some essential parameters for existing lines.

The energy supply system is not covered by this standard.

2 Normative references

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

IEC 60494-1:2002, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs – Characteristics and tests – Part 1: Pantographs for mainline vehicles*

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

3 Terms and definitions

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

3.1

maximum collected current

highest value of current that is collected by a pantograph from an overhead contact line

3.2

contact force

vertical force applied by the pantograph to the overhead contact line. The contact force is the sum of forces for all contact points of one pantograph

3.3

static contact force

mean vertical force exerted upwards by the pantograph head on the overhead contact line, and caused by the pantograph-raising device, whilst the pantograph is raised and the vehicle is at standstill

3.4**mean contact force**

statistical mean value of the contact force

3.5**maximum contact force**

maximum value of the contact force

3.6**minimum contact force**

minimum value of the contact force

3.7**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

[IEV 811-33-02]

3.8**neutral section**

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

[IEV 811-36-16, modified]

3.9**nominal voltage**

voltage by which an installation or part of an installation is designated

[IEC 60850]

3.10**contact wire height**

distance from the top of the rail to the lower face of the contact wire, measured perpendicular to the track

[EN 50119]

3.11**minimum contact wire height**

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

3.12**nominal contact wire height**

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

[EN 50119]

3.13**maximum contact wire height**

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

3.14**automatic dropping device**

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

[IEC 60494-1]

3.15 arcing

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

3.16 percentage of arcing

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 than 5 ms;

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

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

3.17 maximum width

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

3.18 kinematics envelope

maximum envelope of the pantograph head under all operating conditions

3.19 skew of pantograph head

vertical distance between the highest point of the pantograph head and the contact point

3.20 percentage of all arcing

this is given by the following formula:

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

where

t_{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 per cent, is a characteristic for a given speed of the vehicle

3.21 percentage of contact loss

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 per cent, is a characteristic for a given speed of the vehicle

4 Symbols and abbreviations

C	length of common part
D	overall length of neutral section
D'	length of neutral zone
D	length of insulator inserted in the contact wire
F_m	mean contact force
F_{max}	maximum contact force
F_{min}	minimum contact force
GC	gauge C according UIC leaflet 506
L	distance between closest pantographs
L'	distance covered by farthest pantographs
L''	distance between 3 consecutive pantographs
l	maximum width
NQ	percentage of arcing
AQ	percentage of all arcing
CQ	percentage of contact loss
σ_{max}	maximum standard deviation of contact force

5 Geometry

5.1 General

The infrastructure manager shall ensure that the values for the geometric characteristics of the overhead contact line are as shown in Table 1 and Table 2.

The pantographs of the train shall fulfil the geometric characteristics as shown in Table 4, according to the type of infrastructure on which it will circulate under the rules of free access.

5.2 Overhead contact line characteristics

For free access, the parametric requirements to achieve interaction that are dependent on the geometry of the overhead contact line are as follows:

- contact wire height;
- gauge;
- permissible contact wire gradient;
- permissible lateral deflection of the contact wire under action of cross wind;
- contact wire uplift at the support;
- neutral section.

Newly built high-speed lines shall allow the circulation of vehicles complying with GC as defined in UIC leaflet 506. For line speed more than 250 km/h, the contact wire height shall not exceed a certain limit for aerodynamic reasons, which excludes gauges higher than GC (as for piggyback services). The requirements for the contact wire uplift at the support are

defined in 5.2.1.3 of EN 50119:2001 in Europe. The permissible contact wire gradient is defined in 5.2.8.2 of EN 50119:2001 in Europe. The wind speed to be considered will be defined by the infrastructure manager.

The functional requirements 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 several pantographs at an overall distance of maximum 400 m can cross with their pantographs up;
- power consumption of the train shall be brought to zero, except in case of changeover section, when entering the phase separation section. See also IEC 62313;
- the infrastructure manager shall provide adequate means to allow a train that stops underneath the neutral section to restart. See also IEC 62313;
- in the case of trains with several pantographs, the pantographs shall be lowered for the entire length of the neutral section if some 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 pantograph arrangements, see 5.2 and Clause A.1.

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

Minimum contact wire height shall be calculated in accordance with 5.10.4 of EN 50119:2001 in Europe.

Table 1 – Overhead contact line characteristics for a.c. and d.c. systems

Dimensions in metres

Line speed (km/h)	$v \leq 200$	$200 < v < 250$	$v \geq 250$
Range of nominal contact wire height	5,0 up to 5,75	5,0 up to 5,5	5,00 up to 5,3
Maximum contact wire height a.c.	6,2	6,0	5,5
Maximum contact wire height d.c.	6,2	6,2	5,3

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

Maximum lateral deviation of the contact wire from the track centre line under action of a cross wind is calculated for pantographs 1 450 mm, 1 600 mm.

The permissible contact wire deviation under the action of a cross wind shall be calculated for contact wire heights above 5300 mm and/or on curved track. It shall be calculated using the half-width of the dynamic envelope of the pantograph passage, L_2 . L_2 shall be calculated in accordance with Clause A.3.

The smaller value of either 0,4 m or $(1,4 - L_2)$ m for 1 600 mm pantograph.

The smaller value of either 0,55 m or $(1,7 - L_2)$ m for 1 950 mm pantograph.

The overhead contact line shall conform to EN 50119 in Europe.

5.3 Pantograph characteristics

The geometry of the pantograph is characterised by the following major interaction parameters (see Table 2):

- geometric profile of pantograph head;
- range of working height;
- length of contact strips;
- maximum width;
- skew of pantograph head.

For a current collection without interruption, functional requirements are described in this clause. These requirements are related to the geometric profile of the pantograph head and to the dynamic behaviour of the vehicle (i.e. kinematics envelope) and ensure that at least one contact wire is always inside the conducting range of the pantograph head (including all tolerances).

The permissible value for the skew of the pantograph head is 60 mm.

The maximum lateral deviation of the pantograph head is specified in Clause A.3.

Additional characteristics, related to the train, shall also be implemented as follows:

- automatic dropping device;
- minimum and maximum spacing between two operating pantographs;
- an electrical connection between operating pantographs in a.c. systems shall not be used (except in case of changeover section);
- lowering times under normal conditions. From the moment of initiation, the pantograph shall lower to the minimum voltage insulating distance in less than 3 s. The pantograph shall lower to the housed position in less than 10 s.

NOTE 1 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.

NOTE 2 For d.c. systems, when an electrical connection between operating pantographs exists, a device to interrupt this connection should be provided.

The design of the pantograph shall ensure performance in accordance with Clause 7 for the speed range and a contact wire height according to Table 1. The maximum value of working height shall be the value which has sufficient margin to infrastructure.

For compatibility between pantographs arrangement and neutral sections, see Clause A.1.

Table 2 – Pantograph characteristics for a.c. and d.c. systems

Line speed (km/h) Category	$v \leq 160$ $v \geq 250$
Profile of pantograph head ^a	See Clause A.2
Maximum width (m) ^b	0,65
Automatic dropping device ^c	Necessary
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)	See Clause A.1
Skew of pantograph head (mm)	60
Maximum lateral deviation of the pantograph head	See Clause A.3
^a See Figures B.2 to B.8 for the national profiles for existing lines. ^b Maximum width, see Clause A.1. ^c If do not use recommended contact strips – to be discussed by infrastructure manager.	

The pantograph shall conform to IEC 60494-1.

6 Material interfaces

6.1 General

The wear of contact wire and contact strips as well as the permissible current at the contact point depend 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 6.1 and 6.2.

6.2 Contact wire

The contact wire shall comply with the requirements of EN 50149 in Europe and shall be used in accordance with EN 50119 in Europe.

Permissible materials of contact wire are copper and copper-alloy.

NOTE If other materials are used, it is recommended to furnish proof that the characteristics are equal to or better than the characteristics of the permitted materials.

6.3 Contact strips

The contact strips shall comply with the requirements of IEC 60494-1. The type of contact strip used shall be in accordance with the following properties:

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

The material of the contact strips shall be subject to acceptance by the infrastructure manager. Recommended material for the contact strips is plain carbon, if necessary impregnated with added material.

For the use of other materials, it is necessary to furnish proof that the characteristics are equal to or better than the characteristics of the recommended materials.

NOTE 1 Other commonly used materials for contact strips are

- copper-steel, copper alloy, copper,
- copper-clad carbon,
- sintered material.

The operation with different contact strip material on the infrastructure network (see Table C.1) shall be based on an agreement between infrastructure manager and transport company.

NOTE 2 If mixed materials for contact strips in the networks are used, the wear of contact strips and/or contact wire could increase. For the results of investigation, see Table C.2.

The contact strips material shall conform to EN 50405 in Europe.

For additional tests for d.c.-systems, see Clause A.4.

7 Interaction performance

7.1 General

The performance of the overhead contact line and pantograph interface shall be subject to approval by the infrastructure manager.

7.2 Current capacity

The current in the overhead contact line depends on speed, train weight, distance between trains, line gradient, overhead contact line construction. The properties of pantograph and contact wire shall be such that overheating does not occur.

The maximum current 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. See IEC 62313.

The static contact force should be adjustable for safe current collection at standstill.

A static contact force at standstill of $70 \text{ N }^{+20}_{-10} \text{ N}$ for a.c. systems and $90 \text{ N }^{+20}_{-20} \text{ N}$ for d.c. systems 1,5 kV and $110 \text{ N }^{+10}_{-20} \text{ N}$ for 3 kV shall be used.

For some d.c. systems, it may be necessary to use a static contact force around 140 N to improve the contact of carbon collector strips with the contact wire to avoid a hazardous heating of the contact wire when the train is at standstill with its auxiliaries working.

The maximum current at standstill shall be specified according to the auxiliary load, if not values given Table 3 shall applied.

Table 3 – Maximum current at standstill

Category	AC	DC	
		1,5 kV	3 kV
Maximum current at standstill per pantograph (A) ^a	80	300	200
^a In the case using carbon contact strips, consideration is required.			

7.3 Interaction dynamic performance

Safety and performance of train operation, 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 on the characteristics of the pantograph and overhead contact line and the operating conditions. The principal operating conditions to be considered are the train speed, the number, the distance and the position of the pantographs.

The acceptable number of pantographs and their minimum spacing are limited by the dynamic performance of pantograph and overhead contact line.

For the safe operation of the system, the necessary space for contact wire uplift at the support is required in accordance with 5.2.1.2 of EN 50119 in Europe.

Good quality dynamic interaction performance with minimum wear is assured by consideration of quality of current collection. This can be evaluated by

- F_m ; σ ,
- percentage of arcing (NQ).

The infrastructure manager shall decide which measurement system will be used. The acceptance criteria are considered to be met, if F_m ; σ or percentage of arcing and uplift at the support is fulfilled.

The values shall be measured in accordance with EN 50317 taking the weather conditions into account in Europe.

For the qualification of the 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 in Europe or testing in accordance with EN 50317 in Europe.

In Table 4 values for interaction performance are shown. These values shall be respected for any pantograph also in the case of trains with multiple pantographs simultaneously in operation.

Table 4 – Values for interaction performance

Requirements	$v \leq 200$ AC	$v \geq 200$ AC	$v \leq 200$ DC 3 kV	$v < 250$ DC	
			$v \leq 200$ DC 1,5 kV		
F_m (N)	$60^b < F_m < 0,00047 \times v^2 + 90$ [N]	$F_m \leq 0,00097 \times v^2 + 70$ [N]	$70 < F_m < 0,00097 \times v^2 + 110$ [N]	$F_m \leq 0,00097 \times v^2 + 110$ [N]	
			$70^b < F_m < 0,000228 \times v^2 + 140$ [N]		
$\sigma_{\max}$ (N) at maximum speed	0,3 F_m			0,3 F_m	
Space for free and unrestricted uplift of the contact wire	See 5.2.1.3 of EN 50119 ^a				
For lines with extremely heavy passage of pantographs it is possible to use the parameter stress of the contact wire. The value shall be not more than the value at which fatigue breakdown of the contact wire is assumed with respect to the expected number of passage of pantographs.					
NOTE If simulation will be used, they are referred to in EN 50318 in Europe.					
^a For JP, the uplift of the contact wire by the passing of pantograph should be under 2/3 of the free space for the uplift.					
^b For JP minimum is 55 N.					

Table 5 – Values for interaction performance (arcs)

Requirements	for $v \leq 160$ km/h	for $160 < v \leq 250$ km/h	$v > 250$ km/h
Percentage of arcing at maximum line speed, NQ (%) ^b (minimum duration of arc 5 ms)	$\leq 0,1$ for AC systems $\leq 0,1$ for DC systems	$\leq 0,1$ for AC systems $\leq 0,2$ for DC systems	$\leq 0,2^a$ for AC systems
AQ (%) ^c (by detecting an arc with visible light)	5	5	5
CQ (%) ^d (based on the waveform of collected current)	30	30	30
^a 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 . ^b Measurement of an arc with UV light shall be conducted under weather conditions free from frost, ice, snow and heavy rainfall. If NQ 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. ^c 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. ^d Measurement of CQ using the waveform of collected current shall be applied only when the pantographs are equipped with metal contact strips and also 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. If for inevitable reason this method is applied to pantographs with carbon contact strips, criteria shall be based on an agreement between the infrastructure manager and operation manager, because CQ may be overevaluated.			

F_m represents a target value which should be achieved to ensure on the one hand a current collection without undue arcing and which should not be exceeded and on the other hand to limit wear and damage to contact strips.

F_m for any pantograph shall be lower than or equal to the value given by the curve, knowing that for each pantograph, the criteria for current collection quality shall be fulfilled.

F_m for the existing a.c. lines is given in Table B.5, Figures B.1a and B.1b.

F_m for the existing d.c. lines is given in Table B.6.

Annex A (normative)

Special requirements

A.1 Neutral sections

A.1.1 General

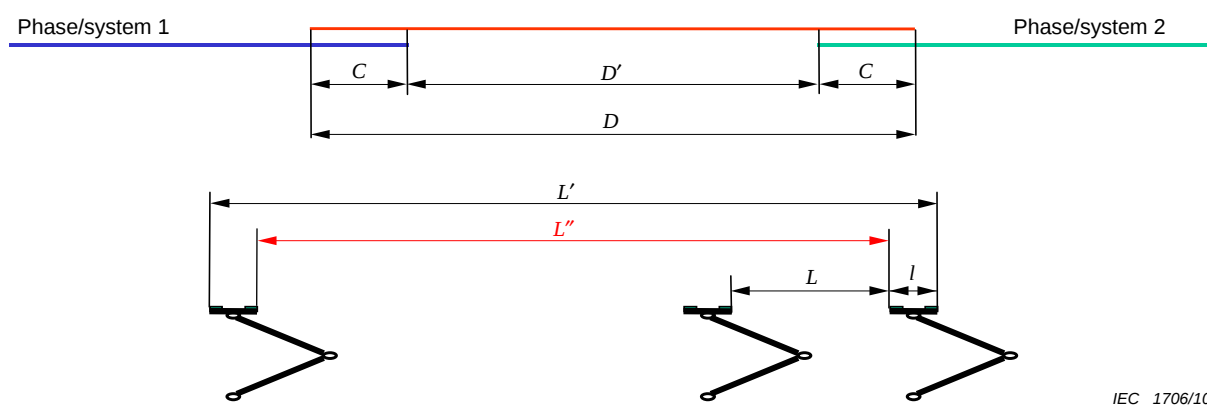
The type of different source sections shall conform to IEC 62313.

The following arrangements (Figures A.2 to A.5) shall be employed to ensure interoperability between pantographs and neutral sections.

The symbols used are the following and are shown in Figure A.1 and Figure A.4.

C	length of the overlapping zone
D	overall length of neutral section
D'	length of neutral zone
d	length of insulator inserted in contact wire
L	distance between closest pantographs
L'	distance covered by farthest pantographs
L''	distance between 3 consecutive pantographs
l	maximum width of pantograph head

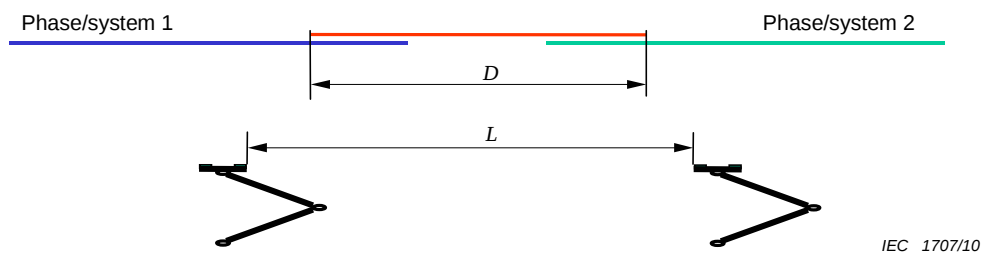
Isolation distances and rolling stock tolerances shall be considered.



IEC 1706/10

Figure A.1 – Symbol visualisation

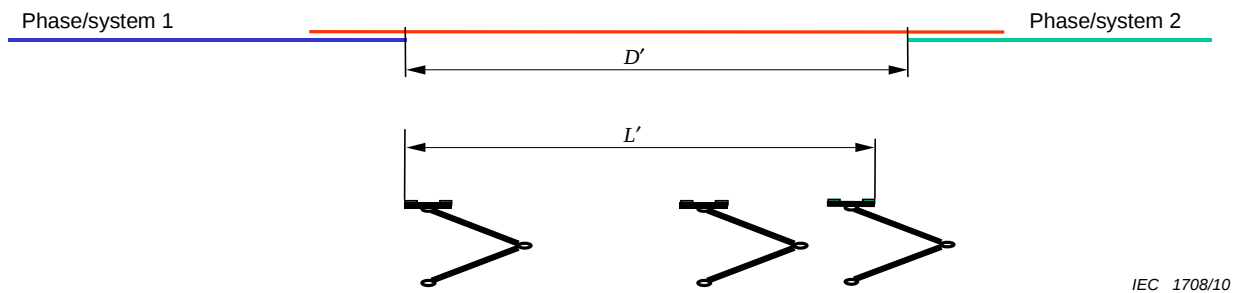
A.1.2 Short neutral section



Conditions: $L > D$

Figure A.2 – Short neutral section

A.1.3 Long neutral section

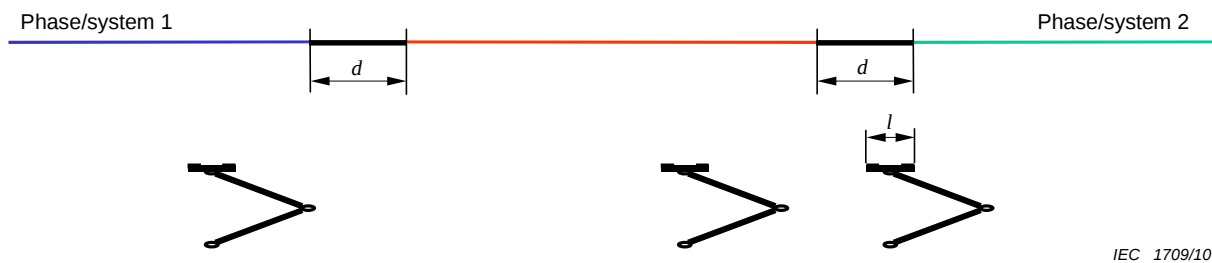


Conditions: $L' < 400$ m
 $D' > 402$ m

Figure A.3 – Long neutral section

NOTE In case of the arrangement according to Figure A.3 the neutral section is longer than the distance between the farthest pantographs in operation on an interoperable train which is 400 m.

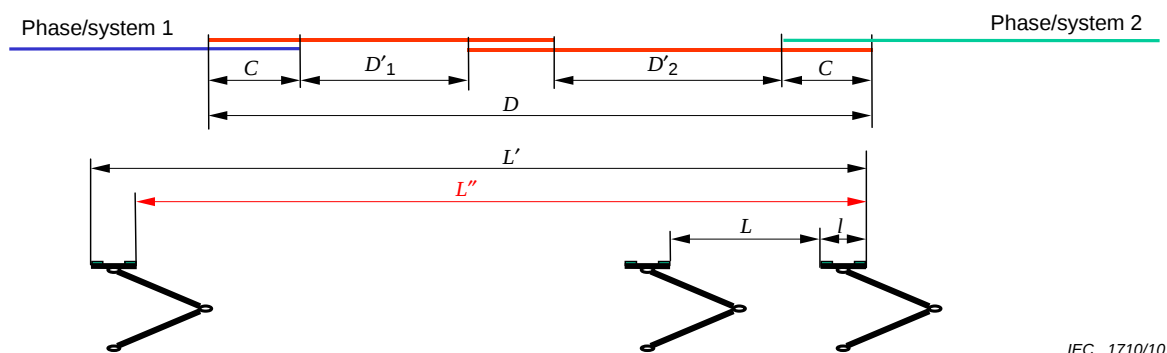
A.1.4 Neutral section with insulators



Conditions: $d > l$

Figure A.4 – Neutral section with insulators

A.1.5 Split neutral section



Conditions:

$L' > D + 2l$	$D < 142 \text{ m}$
$L + 2l < D'_1$	$L'' > 143 \text{ m}$
$L + 2l < D'_2$	

Figure A.5 – Split neutral section

NOTE In case of the arrangement according to Figure A.5, the overall length of the neutral section (D) is shorter than the spacing between three consecutive pantographs which is more than 143 m (L'').

A.1.6 Arrangement of pantograph on trains

To negotiate the specified types of phase separation sections, the maximum spacing of pantographs within a train shall be 400 m. In addition, the span covering three consecutive pantographs shall be greater than 143 m. The intermediate pantograph may be arranged at any position within this span. 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.6 shows the pantograph arrangement.

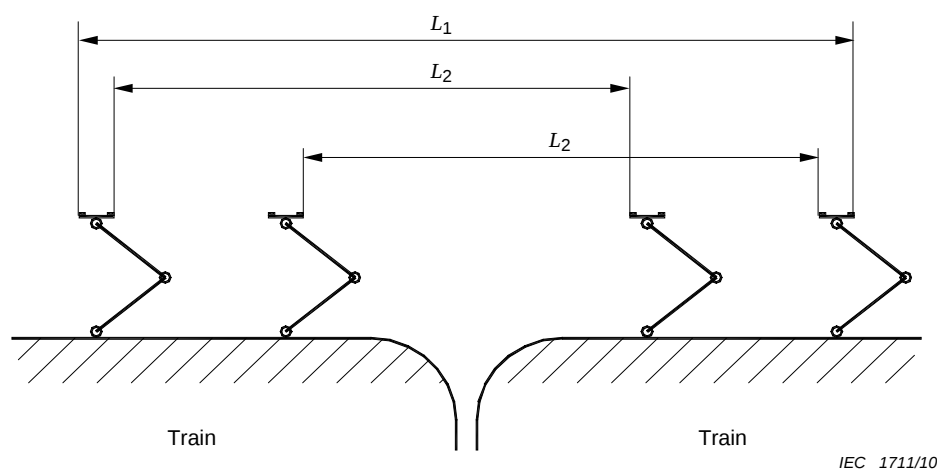


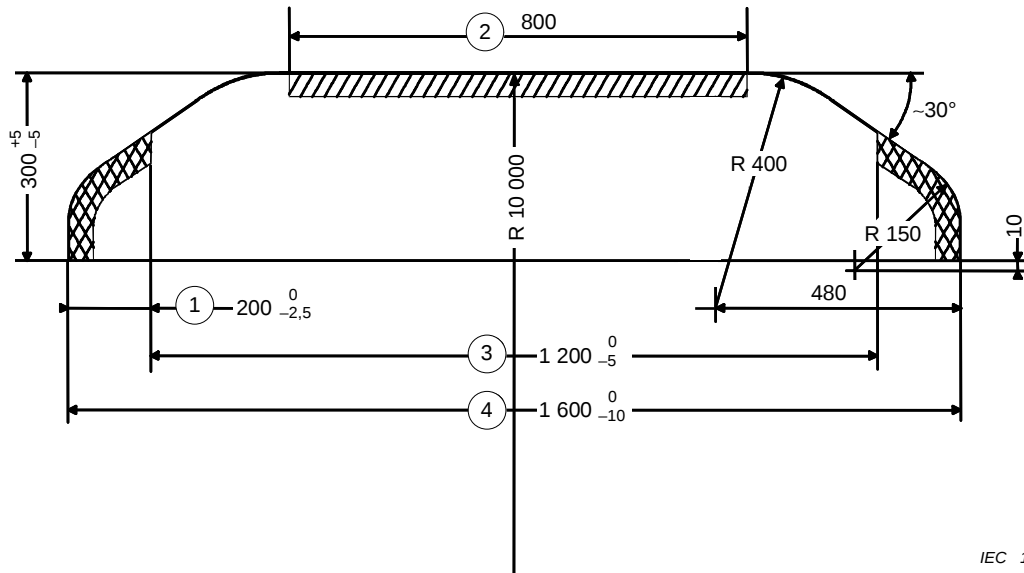
Figure A.6 – Arrangement of pantographs on trains

Figure A.6 shows the arrangement of pantographs which is compatible with the solutions shown in Figures A.3 and A.5.

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

Conditions: $L' = L_1 < 400 \text{ m}$
 $L'' = L_2 > 143 \text{ m}$

A.2 Standard profile for pantograph head



Dimensions in millimetres

Key

- ① Horn made of insulating material (projected length 200 mm)
- ② Minimum length of the contact strip
- ③ Conducting range of collector head
- ④ Collector head length

Figure A.7 – Standard profile of pantograph head

A.3 Kinematics envelope for the passing of pantograph head

Figure A.8 shows the dimensions for the space necessary for passing of interoperable pantographs on TSI compliant lines. In addition to this space the infrastructure manager shall take account of the space necessary for installation of the contact line itself and the necessary safety clearances. The space depends on the design of individual contact line and the corresponding voltage.

In Figure A.8 the width b_1 refers to the contact wire height of 5,0 m while b_2 depends on the contact wire height as applicable for a specific line. S is the provision for uplift according to Table 4.

The value b_2 is obtained according to EN 15273:2008

$$b_2 = b_w/2 + l/2 - 0,77755 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R,$$

for high speed lines ($b_w = 1,6$; $l = 1,450$):

$$b_2 = 0,74745 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R;$$

For conventional lines ($b_w = 1,45; 1,6; 1,95$; $l = 1,470$):

$$b_2 = b_w / 2 - 0,04255 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R.$$

All values are measured in metres.

Behaviour caused by the vehicle itself:

- a) pantograph head length: b_w
- b) Dynamic displacement caused by the behaviour of the reference vehicle

(EN 15273-1 Annex H2):

$$e_p = e_{pu} + (H - 5) \times 0,04, \quad e_{pu} = 0,11 \text{ m}, \quad e_{po} = 0,17 \text{ m}$$

Behaviour of the vehicle caused by the parameters of the line:

- c) offcentring (on curve) : $2,5/R$ (EN 15273-1 Annex H, H2)
- d) Excess width of track gauge: $(l - 1,435)/2$: TSI-HS: $l = 1,45 \text{ m}$; TSI-CR: $l = 1,47 \text{ m}$ (EN 15273-1 Annex H, H2)
- e) Cant deficiency: $0,15 \times (c - 0,066) (H - 0,5)$
(0,5: height of rol center EN 15273-1 Annex H, H2)
(0,066: cant deficiency included in e_p , (EN 15273-3, Annex C 1.5))

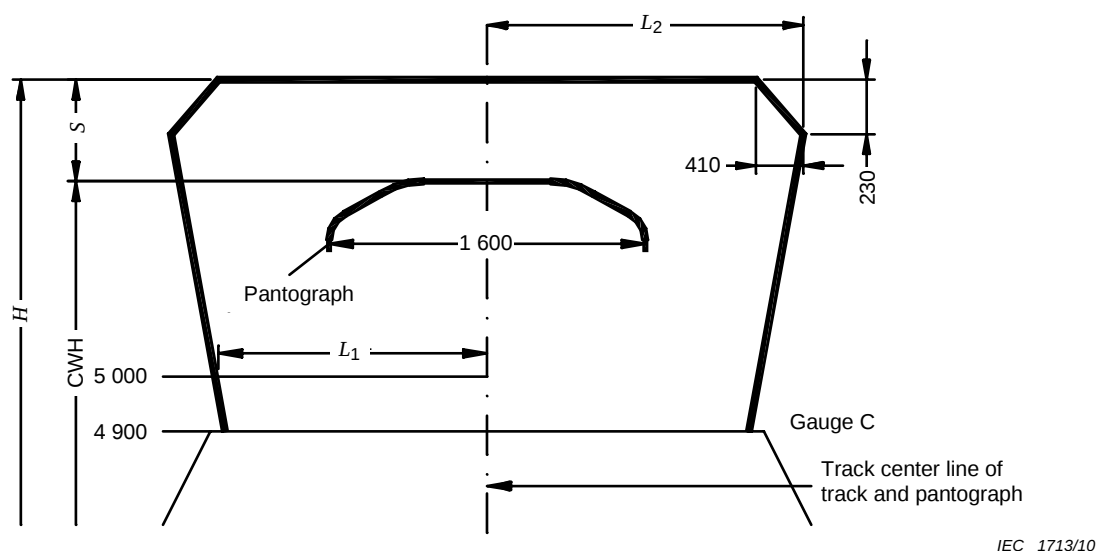
Behaviour of the vehicle caused by the maintenance action

- f) Lateral displacement of the track: $T1 \leq 0,025 \text{ m}$
- g) Lateral component resulting from asymmetric vertical displacement: $T2,g = 0,015 \times H/Sr$,
 $Sr = 1,5 \text{ m}$ (distance of wheel-rail contact points, EN 15273-3, Annex C 1.5)

$T1$ and $T2,g$ are parameters defined by the infrastructure manager and not included in EN 15273.

$T1 \leq 0,025 \text{ m}$ and $T2,g = 0,015 \times H/Sr$ normally used parameters of the track.

If greater tolerances are used the lateral deviation of the contact wire has to be reduced. This reduction shall be described and checked during the design review.



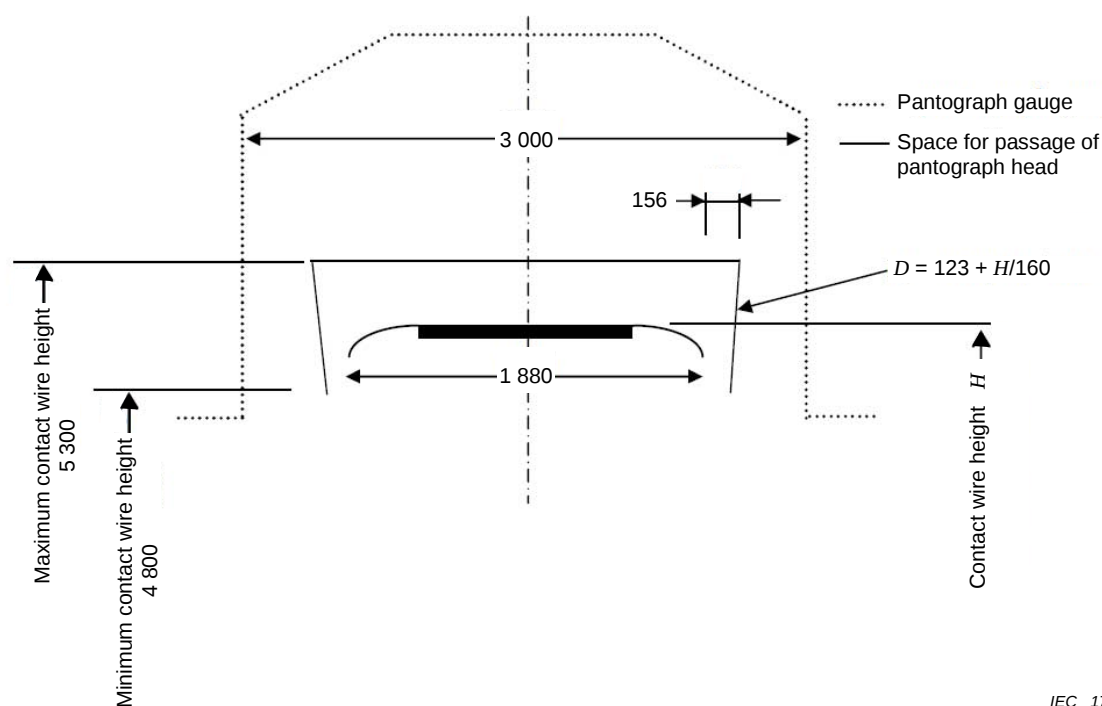
Dimensions in millimetres

Figure A.8 – Space for passage of pantograph heads on interoperable lines

Table A.1 shows as an example the relations between track radius, cant and dimensions L_1 and L_2 for high-speed lines with a track radius of more than 3 000 m. The dimension H is the sum of the contact wire height (CWH) and the provision S for uplift.

Table A.1 – Dimensions for dynamic envelope for pantograph passage for high-speed lines (examples, track radius more than 3 000 m)

Cant C	Width L_1 at 5,00 m height	Width L_2 (see Figure A.8)
m	m	m
0,0	0,94	$0,74 + 0,04 \times H$
0,066	0,99	$0,74 + 0,05 \times H$
0,180	1,06	$0,73 + 0,07 \times H$



Dimensions in millimetres

Figure A.9 – Space for passage of pantograph heads and pantograph gauge (JP)

($b_w = 1,88$, $l = 1,435$ high speed line $V \geq 200 \text{ km/h}$)

A.4 Additional tests for d.c. systems

A.4.1 Current at standstill

The temperature rise of the contact wire by the current at standstill shall be checked for d.c. systems, if required by the infrastructure manager.

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

NOTE 2 It concerns especially the train auxiliary equipment current consumption.

NOTE 3 "If metal contact strips are used, a check for the temperature rise is not necessary.

A.4.1.1 Testing conditions

The test shall be undertaken with one pantograph equipped with the specified pantograph head.

The contact surfaces of the contact strips shall be in "one plane". The contact strips shall be in a "run in" condition for this purpose. Testing shall be performed with new contact wire.

The pantograph shall be mounted on a traction unit or validated test facility.

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

Testing shall be performed 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.4.1.2 Testing procedure

Testing shall be performed with the static contact force specified in 7.1, if not specified.

The current collected by the pantograph shall be representative of the maximum consumption of the rolling stock with the specified limit in Table 5.

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 (this value shall be specified by the infrastructure manager). 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 and temperature rise of the contact wires after 30 min is not higher than the value stipulated by the infrastructure manager.

A.4.2 Current in operation

A.4.2.1 Testing conditions

The wear of the contact strips by the current in operation shall be checked, if required.

The pantograph shall be mounted on a traction unit whose capacity permits the collection of maximum electric current.

The pantograph fitted with the test contact strips shall be set in such a manner during the on-track runs and before the measurements that the worst conditions for current collection are fulfilled.

A.4.2.2 Testing procedure

The traction unit shall haul a train of the maximum allowed mass at the speed to obtain the maximum current.

In each configuration, the maximum current value shall be collected for 30 min.

In order to ensure that the running performance of the contact strips is sufficiently representative, 10 measuring runs shall be performed in each configuration.

It is recommended that the contact strips be replaced in each case after a cycle of 10 runs.

After each cycle, the condition of the contact strips shall be inspected and the extent of wear (mm per 1 000 km) determined so that their running performance can be assessed.

Testing shall be deemed to be satisfactory when no defects which can impair the running performance of the contact strips are detected and when the extent of wear is consistent with the running performance indicated by the train operator.

Annex B (normative)

Special national conditions

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

NOTE If it affects harmonization, it forms part of the European Standard.

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

B.1 National characteristics

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

Table B.1 – Overhead contact line characteristics for a.c. systems

	AT	CH	DE	DK	Euro-Tunnel	FI	FR	GB	NL	NO	SE	SK	JP
Nominal contact wire height (m)	5,3 5,5 5,75	5,3	5,5	5,5	5,93	6,15	5,5	4,7	5,5	5,6	5,5	5,5	5,0
Maximum contact wire height (m)	6,2	6,0	6,5	6,0	6,2	6,5	6,2	5,94	5,7	6,0	6,1	6,3	5,4
Minimum contact wire height (m)	4,85	4,8	4,95	4,91	5,93	5,6	4,59	4,14 ^a	5,2	4,80	4,8	5,0	4,8
Maximum lateral deviation of the contact wire from the track centre line under action of cross wind (m)	0,55	0,4	0,55	0,385	0,4	0,46	0,4	0,56	0,4	0,55	0,55	0,5	0,55
^a May be reduced to 3,925 for specific routes.													

Table B.2 – Overhead contact line characteristics for d.c. systems

	BE	ES	FR	IT	NL	PL	SI	SK	JP
Nominal contact wire height (m)	5,3	5,5	5,5	5,0	5,5	5,6	5,35	5,5	5,0
Maximum contact wire height (m)	6,0	6,2	6,3	6,2	5,75	6,2	6,2	6,3	5,4
Minimum contact wire height (m)	4,8	4,6	4,47	4,51	4,8	4,9	4,95	4,95	4,4 ^a
Maximum lateral deviation of the contact wire from the track centre line under action of cross wind (m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,53	0,5	0,35	0,55	0,55
^a May be reduced to maximum height of lowered pantograph plus insulation distance for specific routes.									

Table B.3 – Rolling stock characteristics for a.c. systems

	AT	CH	DE	DK	FI	FR	GB	NO	SE	SK	JP
Geometric profile of pantograph head	See Figure B.3	See Figure B.4	See Figure B.3	See Figure B.3	See Figure B.3	See Figures B.2, B.4	See Figures B.4 ^a , B.7	See Figure B.6	See Figure B.6	Varies	See Figure B.9
Range of working height for normal performance (m)	4,7 - 6,5	4,6 - 6,5	4,8 - 6,3	4,9 - 6,1	4,8 - 7,0	4,5 - 6,50	4,14 - 6,2 3,925 (reduced)	4,6 - 6,2	4,8 - 6,1	4,8 - 6,3	4,4-5,8
Range of working height for low speed (m)	4,7 - 6,5	4,6 - 6,5	4,7 - 6,5	4,7 - 6,5	4,8 - 7,0	4,6 - 6,50	4,14 - 6,2 3,925 (reduced)	4,6 - 6,2	4,8 - 6,1	4,8 - 6,3	4,4-5,8
Length of contact strips (m)	1,03	0,696	1,03	1,03	≥ 1,1	Varies	Varies	1,03	1,0	1,2	≥0,675
Maximum width (m)	0,65	0,6	0,62	0,6	≤ 0,415	0,6	0,46 ^a	0,65	0,65	0,6	≤0,415
Min. value for F_{stat} (N)	65	65	60	70	60	70	70	55	50	65	34
Automatic dropping device	Necessary	Necessary	Necessary	Necessary	Necessary	-	Necessary	-	Necessary	-	-
Number of pantographs in action per train	1,2,3	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)			$20 < L < 35^b$			7 - 354			$20 < L < 30$		
	^b $L > 7$	$L > 7$	$L > 85$	$L > 18$	$19 < L < 200$		$L > 10$	$L > 20$	$L > 40$	$L > 8$	$L > 13$
NOTE 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.											
^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.											

Table B.4 – Rolling stock characteristics for d.c. systems

	BE	ES	FR	IT	NL	PL	SI	SK	JP
Geometric profile of pantograph head	See Figures B.3, B.6	See Figures B.3, B.6	See Figures B.3, B.4, B.5	See Figure B.2	See Figure B.3	See Figure B.8	See Figure B.2	Varies	See Figure B.9
Range of working height for normal performance (m)	4,6 - 6,5	4,6 - 6,5	4,5 - 6,5	4,51 - 6,2	4,8 - 5,75	4,8 - 6,2	4,9 - 6	4,8 - 5,6	4,2-5,6
Range of working height for low speed (m)					4,8 - 5,75			4,8 - 5,6	4,2-5,6
Length of contact strips (m)	0,7	0,95	Varies	1,07 - 1,27	≥ 0,8	1,1	0,8 - 0,9	1,2	≥ 0,9
Maximum width (m)	0,6	0,6	0,6	0,56	0,64	0,6	0,42	0,6	≤0,415
Min. value for F_{stat} (N)	90	90	90	90	^a	70	70	65	44
Automatic dropping device	Neces- sary	Neces- sary	Neces- sary	Neces- sary	Advisable	Advisable	Advisable	-	-
Number of pantographs in action per train	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3,4	1,2	1,2,3,4,5	1,2	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4,5
Minimum and maximum spacing between two operating pantographs (m)	10 - 365	6 - 200	6 - 354	$9 < L < 295$	$8 < L$	7 - 200	$8 < L$	$L > 8$	$L > 13$

^a On some existing lines in the Netherlands a limitation device for maximum working height is required. Working height is 5,86 m; maximum temperature of contact point at standstill is 150 °C.

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

Table B.5 – Interaction performance for a.c. systems

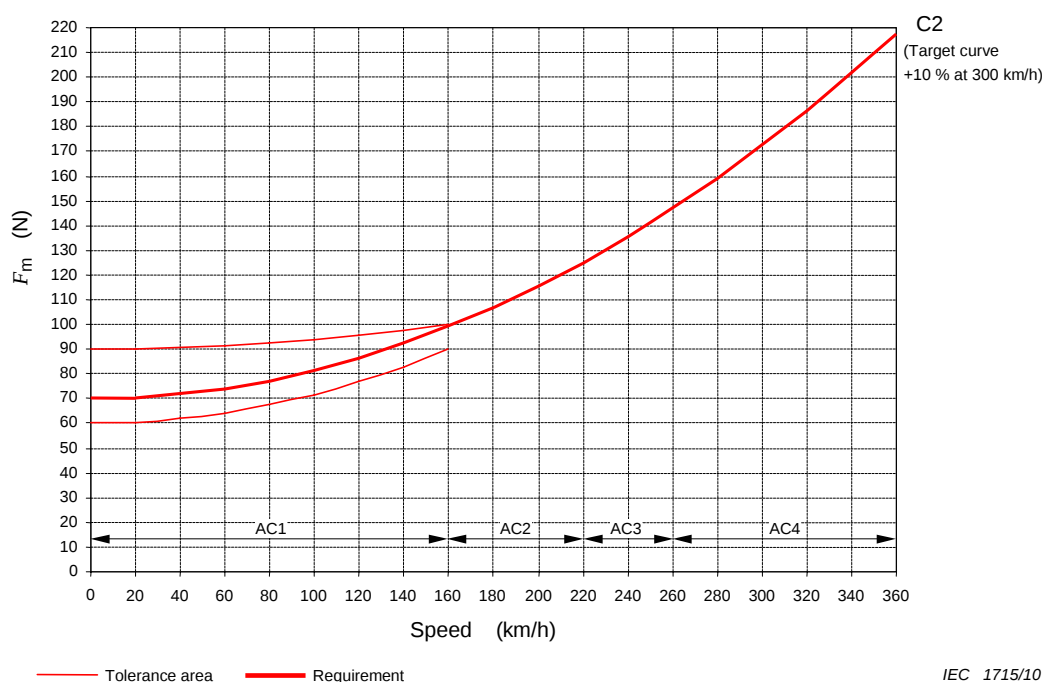
	AT	CH	DE	DK	SE	FI	FR		GB		NO, NL	JP	
Speed (km/h)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	< 200	< 250	≤ 200	≤ 160	160 < v ≤ 200	≤ 160	160 < v ≤ 200	< 200	< 200	200 ≤
F_m (N)	≤ 120	< 120		< 120	< 110	< 120	< 120	< 150	< 120	< 120	< 100		
		See Fig. B.1b	See Fig. B.1b					For v > 250 km/ h see Fig. B.1a					
F_{max} (N)	200	230 250 ^b	200	< 200	200	200	200	250	250 ^a	250 ^a	200		
F_{min} (N)	40	> 10 > 0 ^b	40 ^c	> 0	0	> 0	20	20	> 0	> 0	10		
σ (N)	24	36	24	24	-	-	-	-	-	-	-		
NQ (%)	-	-	-	-	-	-	0,1 (5 ms)	0,1 (5 ms)	-	-	-	-	
AQ (%) ^d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
CQ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 ^e	
Maximum permissible uplift of contact wire at the support (mm)	120	EN 50119 5.2.1.3	120	150	120	120	80	120	80	125	120	70	150
^a Open route. ^b Two pantographs and short distance (~ 36 m). ^c Values without inertia correction. ^d Detecting an arc with visible light. ^e When pantographs are electrically connected, contact loss shall be evaluated by measurement of collected current waveform.													

Table B.6 – Interaction performance for d.c. systems

	BE	ES	FR		IT	NL	PL	SI	JP
Speed (km/h)	< 160	≤ 220	< 160	160 < v ≤ 200	< 160	≤ 250	≤ 250	≤ 160	<200
F_m (N)	170	170	< 160	< 220	170	170	170	85	
F_{max} (N)	300	300	300	350	300	300	300	100	
F_{min} (N)	40	40	20	20	40	40	40	70	
σ (N)	43	43	-	-	43	43	43	28	
NQ (%)	-	-	0,1 (5 ms)	0,1 (5 ms)	-	-	-		-
AQ (%) ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ^b
CQ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ^b
Maximum permissible uplift of contact wire at the support (mm)	100	100	80	80	120	100	100	100	70

^a Detecting an arc with visible light.

^b When pantographs are electrically connected, contact loss shall be evaluated by measurement of collected current waveform. Instead of arc detection, contact loss can be evaluated by measuring voltage of pantograph with no current collection.

**Figure B.1a – Mean contact force F_m (+ 10 %) depending on running speeds for FR (see Table B.5)**

IEC 1715/10

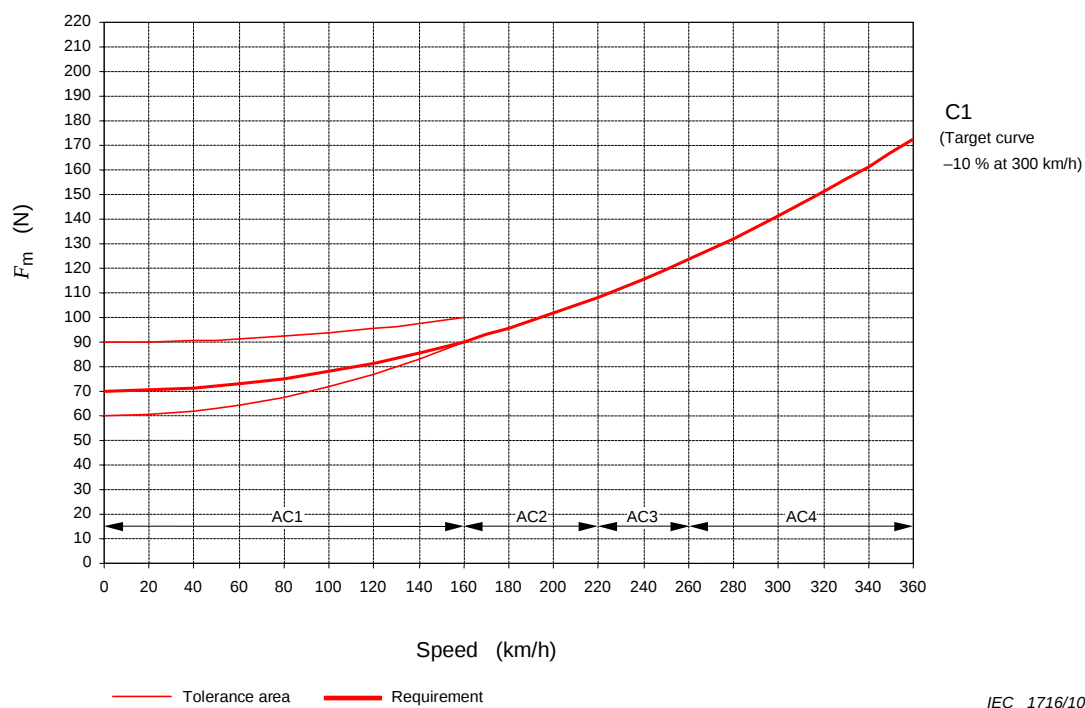


Figure B.1b – Mean contact force F_m (–10 %) depending on running speeds CH, DE (see Table B.5)

B.2 General characteristics of pantograph head

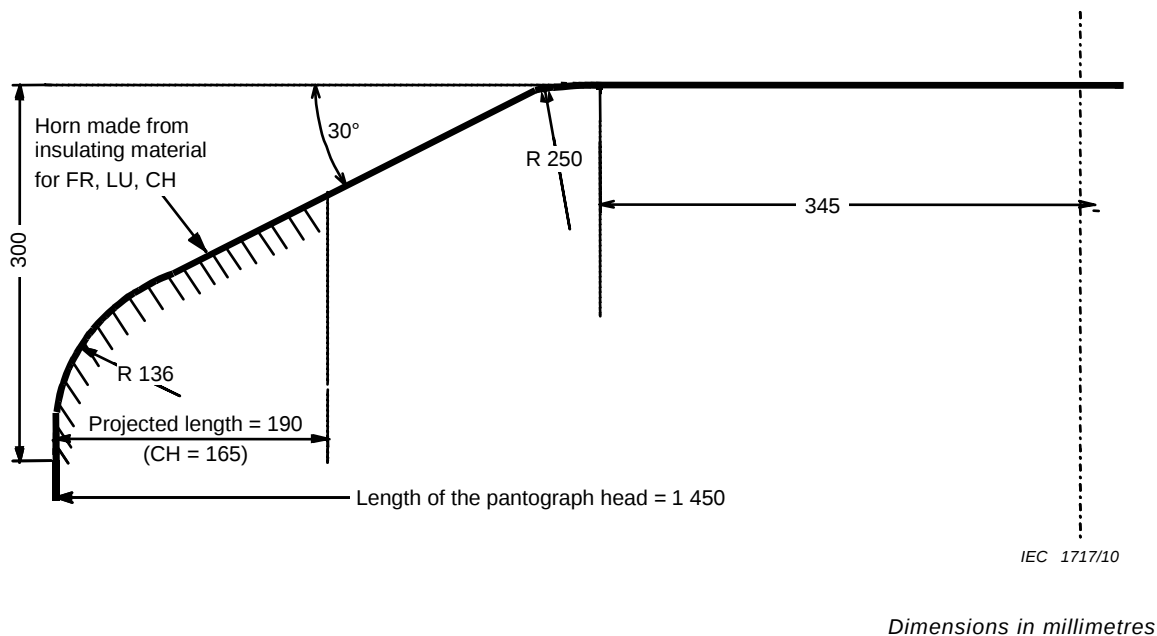
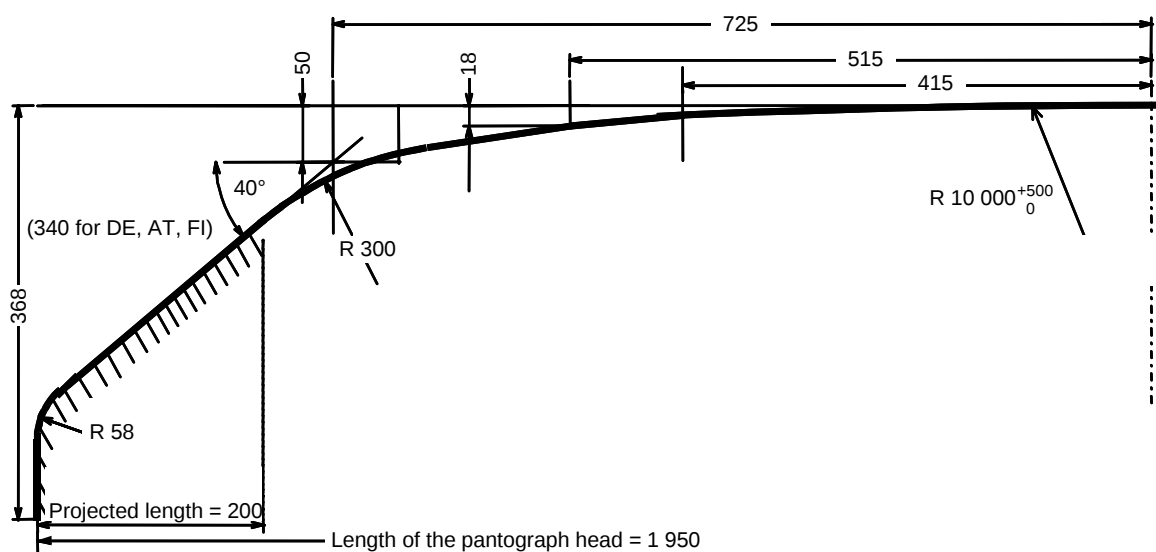


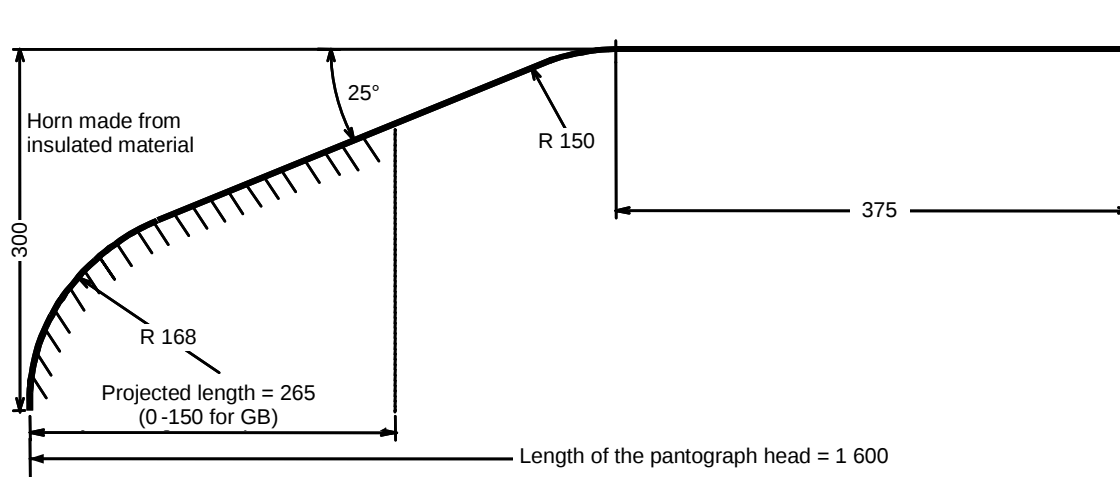
Figure B.2 – Pantograph head with length of 1 450 mm



IEC 1718/10

Dimensions in millimetres

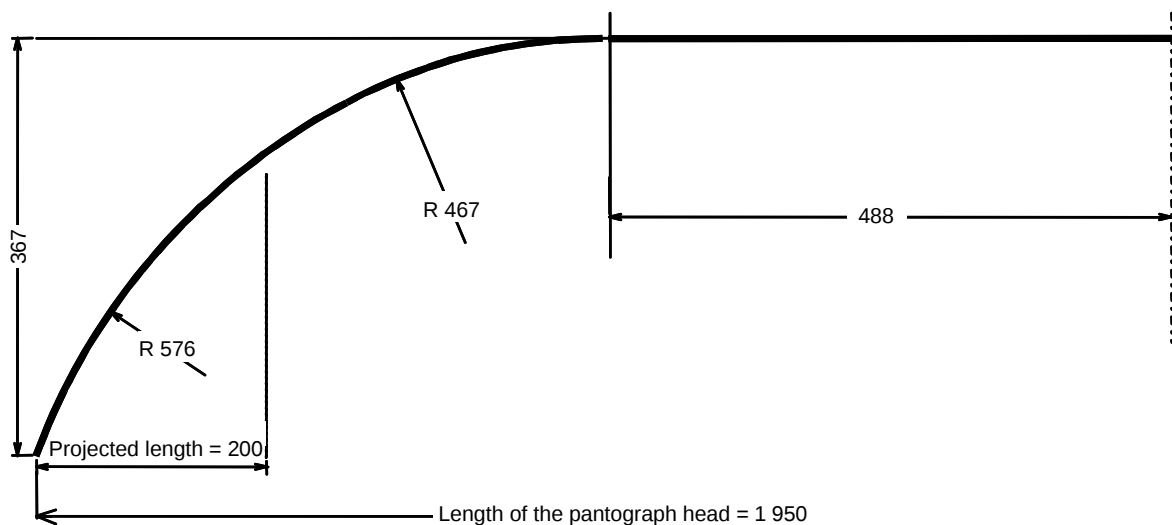
Figure B.3 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 1)



IEC 1719/10

Dimensions in millimetres

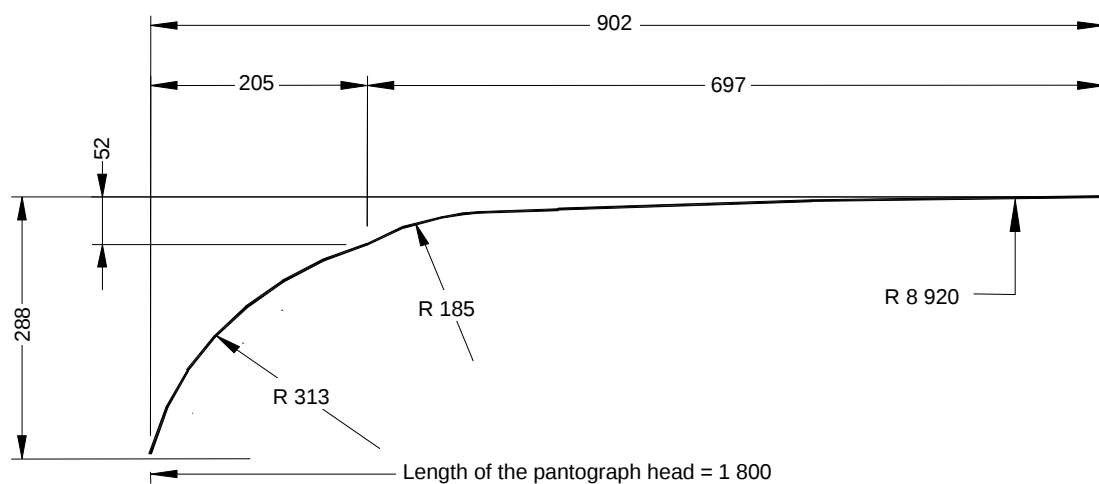
Figure B.4 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB, CTRL)



IEC 1720/10

Dimensions in millimetres

Figure B.5 – Pantograph head with length of 1 950 mm (Type 2)



IEC 1721/10

Dimensions in millimetres

Figure B.6 – Pantograph head with length of 1 800 mm (NO, SE)

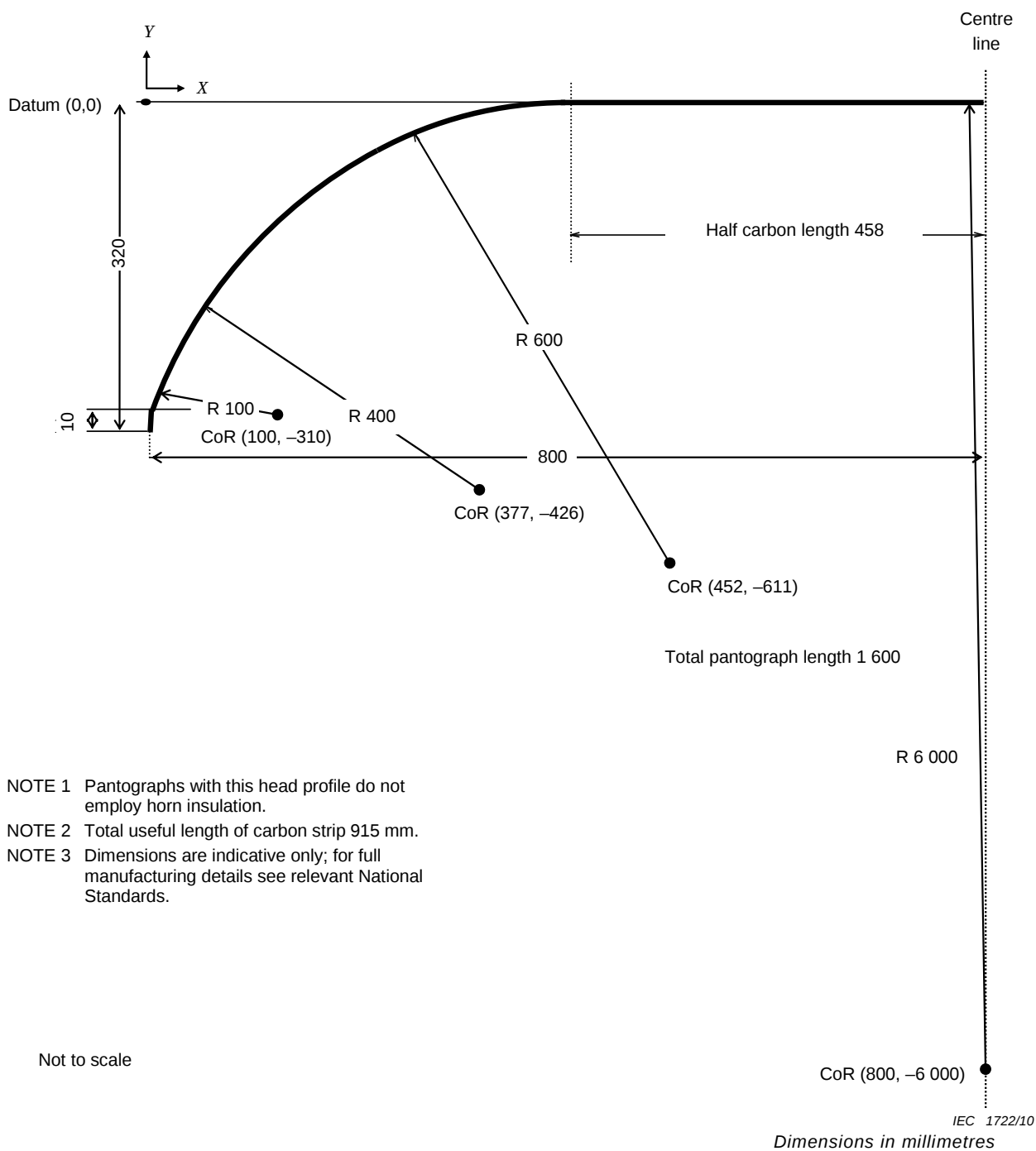
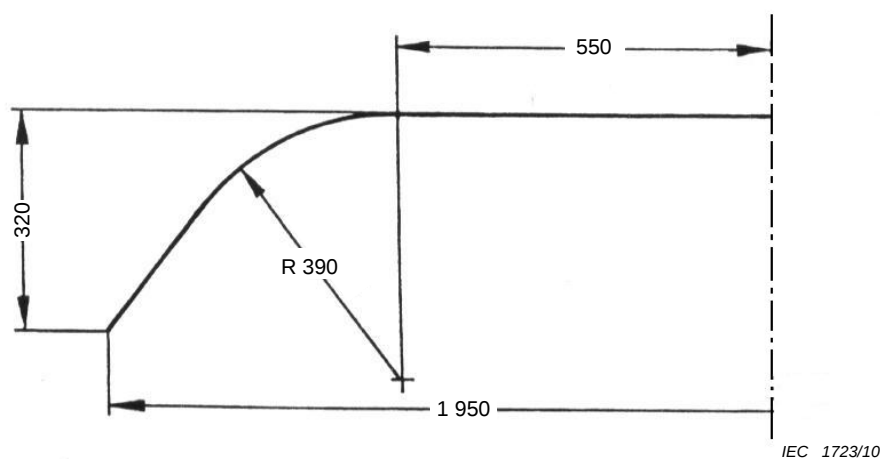
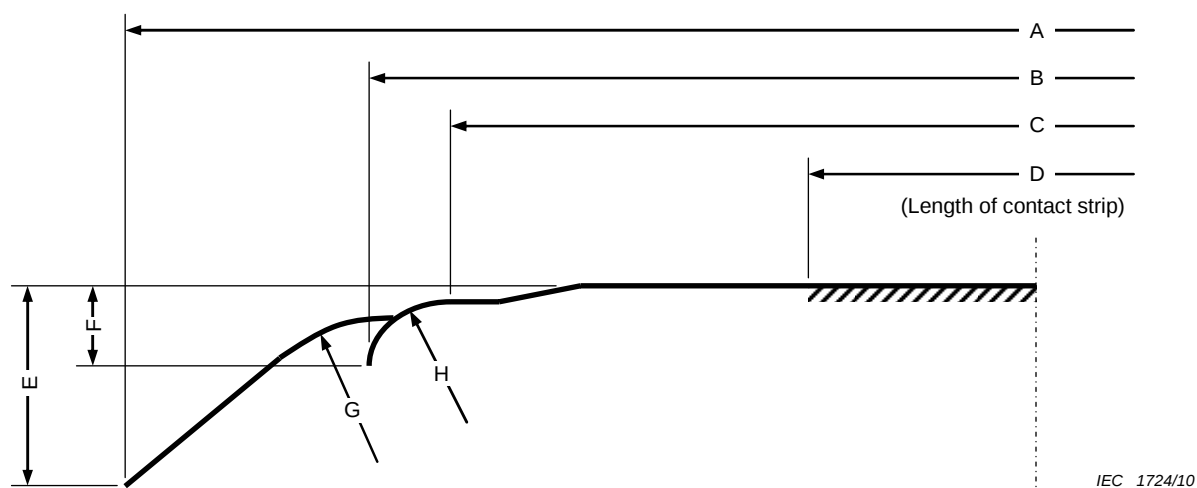


Figure B.7 – Pantograph head with length of 1 600 mm (GB)



Dimensions in millimetres

Figure B.8 – Pantograph head with length of 1 950 mm (PL)



A	B	C	D	E	F	G	H
1 760~ 1 880	1 200~ 1 390	990~ 1 210	540~810	250~293	67~93	R162~ R290	R106~ R130

NOTE The geometry of the pantograph is different according to line, requirements shall be defined by the infrastructure manager.

Figure B.9 – Pantograph head with length of 1 760 mm to 1 880 mm (JP)

Annex C (informative)

Materials for contact strips

Table C.1 – Contact strip material normally used

Contact strips	AC							DC							
	AT/DE/DK/FI/NO/SE	CH	ES	FR	GB	NL	SK	BE	ES	FR	IT	NL	SI	SK	PL
Plain carbon	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
Copper alloy Copper steel									X	X	X		b		
Copper-clad carbon		X						X		X	X		a		
Copper or copper alloy									X		X		X		X
Metallised carbon			X	X	X	X		X		X		X	a		
Sintered copper							X			X	X		b	X	
^a Under evaluation. ^b Depends of the result of the evaluation.															

Table C.2 – Results of investigation about use of alternative materials (excerpt from ERRI A 186)

		Commonly used contact strip materials			
		Plain carbon	Metallised carbon	Copper steel	Copper-clad carbon
Alternative strip materials	Plain carbon			Strip wear 0,2 mm per 1 000 km recommended only for small currents	ok
	Metallised carbon	Strip wear: normal: < 0,2 mm per 1 000 km alternative: 0,13 mm per 1 000 km roughness of contact wire similar		With high currents: strip wear 0,5 mm per 1 000 km not recommended	Strip wear: normal: < 0,07 mm per 1 000 km alternative: 0,05 mm per 1 000 km roughness of contact wire similar
	Copper steel	Strip wear: normal: < 0,3 mm per 1 000 km alternative: 0,03 mm per 1 000 km roughness of contact wire similar			Strip wear and roughness of contact wire acceptable if alternative strips < 10 % of total number of strips
	Copper-clad carbon	ok			

Bibliography

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

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

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*

96/48/EC, *EU council directive on the interoperability of the trans-European high speed rail system TSI sub-system Energy, Official Journal L 235 , 17/09/1996 p. 0006 – 0024*

2001/16/EC, *Directive of the European Parliament and of the Council on the interoperability of the trans-European conventional rail system, Official Journal L 110, 20/04/2001 p. 0001 – 0027*

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

EN 15273-1, *Railway applications – Gauges – Part 1: General – Common rules for infrastructure and rolling stock*

EN 15273-2, *Railway applications – Gauges – Part 2: Rolling stock gauge*

EN 50119:2001, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction overhead contact lines*

EN 50149:2001, *Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires*

EN 50317:2002, *Railway applications – Current collection systems – Requirements for and validation of measurements of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line*
Amendment 1 (2004)

EN 50318:2002, *Railway applications – Current collection systems – Validation of simulation of the dynamic interaction between pantograph and overhead contact line*

EN 50388:2005, *Railway applications – Power supply and rolling stock – Technical criteria for the coordination between power supply (substation) and rolling stock to achieve interoperability*

EN 50405 ¹, *Railway applications – Current collection systems – Pantographs, testing methods for carbon contact strips*

UIC leaflet 505:1997, *Railway transport stock – Rolling stock construction gauge*

UIC leaflet 506, *Rules governing application of the enlarged GA, GB and GC gauges*

UIC leaflet 608, *Conditions to be complied with for the pantographs of tractive units used in international services*

¹ To be published.

ISO 3166-1:2006, *Codes for the representation of names of countries and their subdivisions – Part 1: Country codes*

Technical Specification for testing for speedup of railways (in Japanese):1993, *Railway Bureau, Ministry of Transport* (Japan)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	40
1 Domaine d'application	42
2 Références normatives.....	42
3 Termes et définitions	42
4 Symboles et abréviations.....	45
5 Géométrie	45
5.1 Généralités.....	45
5.2 Caractéristiques de la ligne aérienne de contact	46
5.3 Caractéristiques du pantographe.....	47
6 Matériaux constitutifs des interfaces.....	48
6.1 Généralités.....	48
6.2 Fil de contact	48
6.3 Bandes de frottement	49
7 Performance d'interaction.....	49
7.1 Généralités.....	49
7.2 Courant admissible.....	49
7.3 Performance d'interaction dynamique.....	50
Annexe A (normative) Exigences particulières	53
Annexe B (normative) Conditions nationales particulières.....	62
Annexe C (informative) Matériaux des bandes de frottement	72
Bibliographie.....	73
Figure A.1 – Visualisation des symboles	53
Figure A.2 – Section de séparation courte	54
Figure A.3 – Section de séparation longue.....	54
Figure A.4 – Section de séparation avec isolateurs.....	54
Figure A.5 – Section de séparation à trois sectionnements	55
Figure A.6 – Disposition des pantographes sur les trains	55
Figure A.7 – Profil standard de l'archet de pantographe.....	56
Figure A.8 – Espace pour le passage des archets de pantographes sur des lignes interopérables.....	58
Figure A.9 – Espace pour le passage d'archets de pantographes et gabarit de pantographe (JP)	59
Figure B.1a – Force moyenne de contact F_m (+ 10 %) en fonction des vitesses de circulation pour FR (voir Tableau B.5).....	66
Figure B.1b – Force moyenne de contact F_m (–10 %) en fonction des vitesses de circulation pour CH, DE (voir Tableau B.5).....	67
Figure B.2 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 450 mm	67
Figure B.3 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (Type 1)	68
Figure B.4 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 600 mm (GB, CTRL)	68
Figure B.5 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (Type 2)	69
Figure B.6 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 800 mm (NO, SE)	69
Figure B.7 – Archet du pantographe avec une longueur de 1 600 mm (GB)	70
Figure B.8 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (PL).....	71

Figure B.9 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 760 mm à 1 880 mm (JP)..... 71

Tableau 1 – Caractéristiques de la ligne aérienne de contact pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu..... 47

Tableau 2 – Caractéristiques du pantographe pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu..... 48

Tableau 3 – Courant maximal à l'arrêt..... 50

Tableau 4 – Valeurs pour la performance d'interaction..... 51

Tableau 5 – Valeurs pour la performance d'interaction (arcs)..... 52

Tableau A.1 – Dimensions concernant l'enveloppe dynamique pour le passage du pantographe pour lignes à grande vitesse (exemples, rayon de voie de plus 3 000 m)..... 58

Tableau B.1 – Caractéristiques des lignes de contact aériennes des systèmes à courant alternatif..... 62

Tableau B.2 – Caractéristiques des lignes de contact aériennes pour les systèmes à courant continu..... 62

Tableau B.3 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant alternatif 63

Tableau B.4 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant continu..... 64

Tableau B.5 – Performance d'interaction pour systèmes à courant alternatif..... 65

Tableau B.6 – Performance d'interaction pour systèmes à courant continu 66

Tableau C.1 – Matériau de bandes de frottement normalement utilisé..... 72

Tableau C.2 – Résultats d'investigation au sujet de l'utilisation de matériaux alternatifs (extrait de l'ERRI A 186) 72

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 (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

Cette norme est basée sur l'EN 50367.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1396/FDIS	9/1433/RVD

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

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

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

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

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

La combinaison des différents systèmes de lignes aériennes et systèmes de pantographe fournit divers critères de performance d'interaction.

La présente Norme internationale définit les paramètres pour l'interopérabilité dans le domaine d'interaction entre le pantographe et la ligne aérienne de contact. La norme spécifie les exigences d'interface du matériel roulant et de l'infrastructure pour réaliser le libre accès.

La présente norme décrit des paramètres et les valeurs pour toutes les lignes en projet et futures lignes.

L'Annexe B donne des paramètres essentiels pour les lignes existantes.

La présente norme ne couvre pas le réseau d'alimentation.

2 Références normatives

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

CEI 60494-1:2002, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes: Caractéristiques et essais – Partie 1: Pantographes pour véhicules grandes lignes*

CEI 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*

3 Termes et définitions

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

3.1

courant capté maximal

valeur la plus élevée de courant qui est capté par un pantographe d'une ligne aérienne de contact

3.2

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

3.3**force de contact statique**

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

3.4**force moyenne de contact**

valeur moyenne statistique de la force de contact

3.5**force maximale de contact**

valeur maximale de la force de contact

3.6**force minimale de contact**

valeur minimale de la force de contact

3.7**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

[VEI 811-33-02]

3.8**section de séparation****section neutre**

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

[VEI 811-36-16, modifiée]

3.9**tension nominale**

tension par laquelle une installation ou une partie d'installation est désignée

[CEI 60850]

3.10**hauteur du fil de contact**

distance entre le dessus du rail et la face inférieure du fil de contact mesurée perpendiculairement à la voie

[EN 50119]

3.11**hauteur minimale du fil de contact**

minimum absolu de la hauteur du fil de contact, apparaissant dans tous les cas possibles pendant la durée de vie de la ligne aérienne de contact

3.12**hauteur nominale du fil de contact**

valeur nominale de la hauteur du fil de contact au support dans des conditions normales

[EN 50119]

3.13**hauteur maximale du fil de contact**

maximum absolu de la hauteur du fil de contact apparaissant dans tous les cas possibles pendant la durée de vie de la ligne aérienne de contact

3.14**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

[CEI 60494-1]

3.15**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

3.16**pourcentage d'arc**

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 pourcentage, est une caractéristique pour une vitesse donnée du véhicule

3.17**largeur maximale de l'archet**

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

3.18**enveloppe cinématique**

enveloppe spatiale maximale du pantographe dans toutes les conditions de fonctionnement

3.19**inclinaison de l'archet du pantographe**

distance verticale entre le point le plus haut de l'archet du pantographe et le point de contact

3.20**pourcentage d'arc total**

caractéristique donnée par la formule suivante:

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

où

t_{arc} est la durée d'un arc mesurée avec une lumière visible d'amorçage;

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

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

3.21

pourcentage de perte de contact

caractéristique donnée par la formule suivante:

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

où

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

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

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

4 Symboles et abréviations

C	longueur de la zone de chevauchement
D	longueur totale de la section de séparation
D'	longueur de la section neutre
D	longueur de l'isolateur inséré dans le fil de contact
F_m	force moyenne de contact
F_{max}	force maximale de contact
F_{min}	force minimale de contact
GC	gabarit C conformément à la fiche UIC 506
L	distance entre les pantographes les plus proches
L'	distance entre les pantographes les plus éloignés
L''	distance entre trois pantographes consécutifs
l	largeur maximale de l'archet
NQ	pourcentage d'arc
AQ	pourcentage d'arc total
CQ	pourcentage de perte de contact
σ_{max}	maximum écart-type de la force de contact

5 Géométrie

5.1 Généralités

Le gestionnaire de l'infrastructure doit s'assurer que les valeurs pour les caractéristiques géométriques de la ligne aérienne de contact sont celles représentées dans le Tableau 1 ou le Tableau 2.

Les pantographes du train doivent remplir les caractéristiques géométriques présentées dans le Tableau 4, conformément au type d'infrastructure sur lequel il circulera selon les règles du libre accès.

5.2 Caractéristiques de la ligne aérienne de contact

Pour le libre accès, les paramètres d'interaction exigés, dépendant de la géométrie de la ligne aérienne de contact, sont les suivants:

- hauteur du fil de contact;
- gabarit;
- pente d'inclinaison admissible du fil de contact;
- déviation latérale admissible du fil de contact due au vent transversal;
- soulèvement du fil de contact au droit du support;
- section de séparation.

Les lignes à grande vitesse nouvellement construites doivent permettre la circulation de véhicules conformes au *GC* défini dans la fiche UIC 506. Concernant les vitesses de ligne supérieures à 250 km/h, la hauteur du fil de contact ne doit pas dépasser une certaine limite pour des raisons aérodynamiques, ce qui exclut les gabarits supérieurs au *GC* (comme pour les services de feroutage). Les exigences concernant le soulèvement du fil de contact au droit du support sont définies en 5.2.1.3 de l'EN 50119:2001 en Europe. La pente admissible du fil de contact est définie en 5.2.8.2 de l'EN 50119:2001 en Europe. La vitesse du vent à considérer est définie par le gestionnaire de l'infrastructure.

Les exigences fonctionnelles des sections de séparation sont définies ainsi:

- 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(e)) sans chevauchement de la section de séparation;
- la section de séparation doit être conçue de telle façon que les trains à plusieurs pantographes espacés au plus de 400 m, puissent la traverser avec leurs pantographes en position haute;
- la consommation de courant du train doit être amenée à zéro, sauf en cas de section de commutation, en entrant dans la section de séparation de phases. Voir aussi la CEI 62313;
- le gestionnaire de l'infrastructure doit fournir des moyens adéquats pour permettre au train qui s'arrête au-dessous de la section de séparation de redémarrer. Voir aussi la CEI 62313;
- les pantographes des trains à plusieurs pantographes doivent être abaissés sur toute la longueur de la section de séparation si certaines des exigences fonctionnelles ci-dessus ne peuvent pas être remplies. Des mesures techniques ou opérationnelles doivent être prises pour satisfaire aux exigences de sécurité et de disponibilité.

Pour la compatibilité entre la disposition des pantographes et des sections de séparation, voir 5.2 et l'Article A.1.

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

La hauteur minimale du fil de contact doit être calculée conformément à 5.10.4 de l'EN 50119:2001 en Europe.

**Tableau 1 – Caractéristiques de la ligne aérienne de contact
pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu**

Dimensions en mètres

Vitesse de ligne (km/h)	$v \leq 200$	$200 < v < 250$	$v \geq 250$
Gamme de hauteurs nominales du fil de contact	5,0 à 5,75	5,0 à 5,5	5,00 à 5,3
Hauteur maximale du fil de contact, courant alternatif	6,2	6,0	5,5
Hauteur maximale du fil de contact, courant continu	6,2	6,2	5,3

La vitesse du vent et la longueur du pantographe à prendre en compte seront définies par le gestionnaire de l'infrastructure.

Le balancement maximal du fil de contact dû au vent transversal est calculé pour les pantographes de 1 450 mm, 1 600 mm.

La déviation admissible du fil de contact due au vent transversal doit être calculée pour les hauteurs du fil de contact supérieures à 5 300 mm et/ou sur voie en courbe. Elle doit être calculée en utilisant la mi-largeur de l'enveloppe dynamique du passage du pantographe, L_2 . L_2 doit être calculé conformément à l'Article A.3.

La plus petite des deux valeurs 0,4 m et $(1,4 - L_2)$ m pour pantographe de 1 600 mm.

La plus petite des deux valeurs 0,55 m et $(1,7 - L_2)$ m pour pantographe de 1 950 mm.

La ligne aérienne de contact doit être conforme à l'EN 50119 en Europe.

5.3 Caractéristiques du pantographe

La géométrie du pantographe est caractérisée par les principaux paramètres d'interaction suivants (voir Tableau 2):

- profil géométrique de l'archet du pantographe;
- plage de hauteur de travail;
- longueur de bandes de frottement;
- largeur maximale de l'archet;
- inclinaison de l'archet du pantographe.

Concernant un captage de courant sans interruption, les exigences fonctionnelles sont décrites dans cet article. Ces exigences ont trait au profil géométrique de l'archet du pantographe et au comportement dynamique du véhicule (enveloppe cinématique) et assurent qu'au moins un fil de contact est toujours à l'intérieur de la plage de travail de l'archet de pantographe (y compris toutes les tolérances).

La valeur admissible de l'inclinaison de l'archet du pantographe est 60 mm.

Le balancement maximal de l'archet du pantographe est spécifié à l'Article A.3.

Des caractéristiques d'interaction additionnelles, liées au train, doivent être également mises en œuvre comme suit:

- dispositif d'abaissement automatique;
- espacement minimal et maximal entre deux pantographes en fonctionnement;

- on ne doit pas utiliser un raccordement électrique entre des pantographes en service dans des systèmes à courant alternatif (sauf en cas de section de commutation);
- les durées d'abaissement en conditions normales. Le pantographe doit s'abaisser à la distance de sectionnement de la tension 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.

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

NOTE 2 Pour le courant continu, lorsqu'il existe un raccordement électrique entre des pantographes en fonctionnement, il convient de fournir un dispositif pour interrompre ce raccordement.

La conception du pantographe doit assurer la performance conformément à l'Article 7 pour la plage de vitesses et une hauteur de fil de contact selon le Tableau 1. La hauteur de travail maximale doit être celle qui a une marge suffisante par rapport à l'infrastructure.

Pour la compatibilité entre la disposition des pantographes et les sections de séparation, voir Article A.1.

Tableau 2 – Caractéristiques du pantographe pour les réseaux à courant alternatif et à courant continu

Vitesse de ligne (km/h) Catégorie	$v \leq 160$ $v \geq 250$
Profil de l'archet du pantographe ^a	Voir Article A.2.
Largeur maximale de l'archet (m) ^b	0,65
Dispositif d'abaissement automatique ^c	Nécessaire
Espacements minimal et maximal entre deux pantographes en service (m)	Voir Article A.1.
Inclinaison de l'archet du pantographe (mm)	60
Balancement maximal de l'archet du pantographe	Voir Article A.3.
^a Voir les Figures B.2 à B.8 concernant les profils nationaux des lignes existantes. ^b Largeur maximale de l'archet, voir Article A.1. ^c Si n'utilisent pas des bandes de frottement recommandées – à débattre avec le gestionnaire de l'infrastructure.	

Le pantographe doit être conforme à la CEI 60494-1.

6 Matériaux constitutifs des interfaces

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 à 6.1 et 6.2.

6.2 Fil de contact

Le fil de contact doit respecter les exigences de l'EN 50149 en Europe et doit être utilisé conformément à l'EN 50119 en Europe.

Les matériaux autorisés pour la confection du fil de contact sont le cuivre et l'alliage de cuivre.

NOTE Si l'on utilise d'autres matériaux, il est recommandé de fournir la preuve que les caractéristiques sont égales aux caractéristiques des matériaux autorisés ou meilleures que ces dernières.

6.3 Bandes de frottement

Les bandes de frottement doivent être conformes aux exigences de la CEI 60494-1. Le type de bande de frottement utilisé doit être conforme aux caractéristiques suivantes:

- courant admissible;
- force statique;
- matériau de la bande de frottement.

Le matériau des bandes de frottement doit être soumis à l'acceptation par le gestionnaire de l'infrastructure. Le matériau recommandé pour les bandes de frottement est le carbone pur, le cas échéant, imprégné de matériaux additionnels.

Pour l'utilisation d'autres matériaux, il est nécessaire de fournir la preuve que les caractéristiques sont égales aux caractéristiques des matériaux recommandés ou meilleures que ces dernières.

NOTE 1 Les autres matériaux communément utilisés pour les bandes de frottement sont:

- le cuivre-acier, le cuivre, l'alliage de cuivre,
- le carbone gainé de cuivre,
- les matériaux frittés.

Le fonctionnement sur le réseau d'infrastructure avec un matériau de bande de frottement différent (voir Tableau C.1) doit être fondé sur un accord entre le gestionnaire de l'infrastructure et la compagnie de transport.

NOTE 2 Si dans les réseaux, on utilise des matériaux multiples pour les bandes de frottement, l'usure des bandes de frottement et/ou du fil de contact pourrait augmenter. Voir les résultats d'investigation au Tableau C.2.

Le matériau des bandes de frottement doit être conforme à l'EN 50405 en Europe.

Voir l'Article A.4 pour les essais supplémentaires des systèmes à courant continu.

7 Performance d'interaction

7.1 Généralités

Le gestionnaire de l'infrastructure doit approuver les performances de la ligne aérienne de contact et l'interface du pantographe.

7.2 Courant admissible

Le courant dans la ligne aérienne de contact dépend de la vitesse, du poids du train, de la distance entre les trains, de la déclivité de la ligne, de la construction de la ligne aérienne de contact. 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 dépend des paramètres suivants:

- nombre et matériau des fils de contact;
- nombre et matériau des bandes de frottement;
- forces de contact réelles au point de contact;
- vitesse du train;

- conditions d'environnement.

Le courant appelé par le train doit être conforme aux limites de travail de la ligne aérienne de contact. Voir CEI 62313.

Il convient que la force de contact statique soit réglable pour un captage sûr du courant à l'arrêt.

On doit utiliser à l'arrêt une force de contact statique de $70 \text{ N}^{+20 \text{ N}}_{-10 \text{ N}}$ pour les réseaux en courant alternatif, de $90 \text{ N}^{+20 \text{ N}}_{-20 \text{ N}}$ pour les réseaux en courant continu de 1,5 kV et de $110 \text{ N}^{+10 \text{ N}}_{-20 \text{ N}}$ pour 3 kV.

Pour quelques systèmes à courant continu, il peut être nécessaire d'utiliser une force de contact statique d'environ 140 N afin d'améliorer le contact des bandes de frottement en carbone avec le fil de contact et éviter ainsi un échauffement dangereux de celui-ci lorsque le train est à l'arrêt avec ses auxiliaires en service.

Le courant maximal à l'arrêt doit être spécifié en fonction de la charge auxiliaire; sinon, les valeurs données au Tableau 3 doivent être appliquées.

Tableau 3 – Courant maximal à l'arrêt

Catégorie	CA	CC	
		1,5 kV	3 kV
Courant maximal à l'arrêt par pantographe (A) ^a	80	300	200
^a Dans le cas d'utilisation de bandes de frottement en carbone, il est requis d'en tenir compte.			

7.3 Performance d'interaction dynamique

L'usure du pantographe et de la ligne aérienne 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 de fonctionnement principales à considérer sont la vitesse du train, le nombre, la distance et la position des pantographes.

Le nombre acceptable de pantographes ainsi que leur espacement minimal sont limités par les performances dynamiques du pantographe et de la ligne aérienne de contact.

Pour un fonctionnement sans risque du système, l'espace nécessaire pour le soulèvement maximal du bras de rappel est exigé conformément à 5.2.1.2 de l'EN 50119 en Europe.

Une performance d'interaction dynamique de bonne qualité avec un minimum d'usure, est assurée en prenant en considération la qualité de captage du courant. Celle-ci peut être mesurée par

- F_m ; σ ,
- pourcentage d'arc (NQ).

Le gestionnaire de l'infrastructure doit décider quel système de mesure sera utilisé. On considère que les critères de réception sont remplis si F_m ; σ ou le pourcentage d'arc et le soulèvement au support sont satisfaits.

Les valeurs doivent être mesurées conformément à l'EN 50317 en tenant compte des conditions climatiques en Europe.

Pour la qualification de la performance avec un nombre de pantographes supérieur à un, on doit considérer le pantographe qui présentera les valeurs les plus critiques. Il convient de déterminer le pantographe aux performances les plus critiques à partir de simulations selon l'EN 50318 en Europe ou à partir d'essais selon l'EN 50317 en Europe.

Le Tableau 4 présente des valeurs de performance de l'interaction. Ces valeurs doivent aussi être respectées pour tout pantographe de trains ayant des pantographes multiples simultanément en service.

Tableau 4 – Valeurs pour la performance d'interaction

Exigences	$v \leq 200$ CA	$v \geq 200$ CA	$v \leq 200$ 3 kV CC	$v < 250$ CC	
			$v \leq 200$ 1,5 kV CC		
F_m (N)	$60^b < F_m < 0,00047 \times v^2 + 90$ [N]	$F_m \leq 0,00097 \times v^2 + 70$ [N]	$70 < F_m < 0,00097 \times v^2 + 110$ [N]	$F_m \leq 0,00097 \times v^2 + 110$ [N]	
			$70^b < F_m < 0,000228 \times v^2 + 140$ [N]		
$\sigma_{\max}$ (N) à vitesse maximale	0,3 F_m			0,3 F_m	
Espace nécessaire pour soulèvement libre et sans restriction du fil de contact	Voir 5.2.1.3 de l'EN 50119 ^a				
Pour les lignes à passage extrêmement lourd de pantographe, il est possible d'utiliser le paramètre de contrainte du fil de contact. La valeur ne doit pas être supérieure à celle à laquelle la rupture par fatigue du fil de contact est supposée se produire en fonction du nombre attendu de passages de pantographes.					
NOTE Si des simulations sont utilisées, elles sont référencées dans l'EN 50318 en Europe.					
^a Pour le Japon (JP), il convient que le soulèvement du fil de contact par le passage du pantographe soit sous les 2/3 de l'espace libre pour le soulèvement.					
^b Pour le Japon (JP), le minimum est de 55 N.					

Tableau 5 – Valeurs pour la performance d'interaction (arcs)

Exigences	pour $v \leq 160$ km/h	pour $160 \text{ km/h} < v \leq 250$ km/h	$v > 250$ km/h
Pourcentage d'arc à vitesse de ligne maximale, NQ (%) ^b (durée minimale d'arc 5 ms)	$\leq 0,1$ pour les systèmes en courant alternatif (CA) $\leq 0,1$ pour les systèmes en courant continu (CC)	$\leq 0,1$ pour les systèmes en courant alternatif (CA) $\leq 0,2$ pour les systèmes en courant continu (CC)	$\leq 0,2$ ^a pour les systèmes en courant alternatif (CA)
AQ (%) ^c (par détection d'un arc avec lumière visible)	5	5	5
CQ (%) ^d (en se basant sur la forme d'onde du courant capté)	30	30	30
^a 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. ^b La mesure d'un arc au moyen de lumière UV doit être conduite dans des conditions climatiques exemptes de givre, de glace, de neige et des fortes pluies. Si NQ ne remplit pas les critères d'acceptation en raison d'une irrégularité locale, il peut être accepté par accord entre le gestionnaire de l'infrastructure et le gestionnaire d'exploitation. ^c La mesure d'un arc au moyen de lumière visible doit être effectuée la nuit ou dans un tunnel dans des conditions climatiques exemptes de givre, de glace, de neige et de fortes pluies. L'AQ mesuré dans un endroit où existe une source lumineuse autre que l'arc ne doit pas être soumis à l'évaluation. Si AQ ne remplit pas les critères d'acceptation en raison d'une irrégularité locale, il peut être accepté par accord entre le gestionnaire de l'infrastructure et le gestionnaire d'exploitation. ^d La mesure de CQ utilisant la forme d'onde du courant capté doit être appliquée uniquement lorsque les pantographes sont équipés de bandes de frottement métalliques et qui sont aussi raccordés électriquement. Si CQ ne remplit pas les critères d'acceptation en raison d'une irrégularité locale, il peut être accepté par accord entre le gestionnaire de l'infrastructure et le gestionnaire d'exploitation. Si pour une raison inévitable cette méthode est appliquée aux pantographes équipés de bandes de frottement carbonées, les critères doivent être fondés sur un accord entre le gestionnaire de l'infrastructure et le gestionnaire d'exploitation, car CQ peut être surévalué.			

F_m représente une valeur cible qu'il convient d'atteindre pour assurer un captage du courant sans amorçage exagéré d'une part et qu'il convient de ne pas dépasser d'autre part dans le but de limiter l'usure et les détériorations des bandes de frottement.

F_m pour tout pantographe doit être inférieur ou égal à la valeur donnée par la courbe, sachant que pour chaque pantographe, les critères de qualité de captage du courant doivent être remplis.

F_m pour les lignes existantes en courant alternatif est donné dans le Tableau B.5, les Figures B.1a et B.1b.

Pour les lignes existantes en courant continu, F_m est donné dans le Tableau B.6.

Annexe A (normative)

Exigences particulières

A.1 Sections de séparation

A.1.1 Généralités

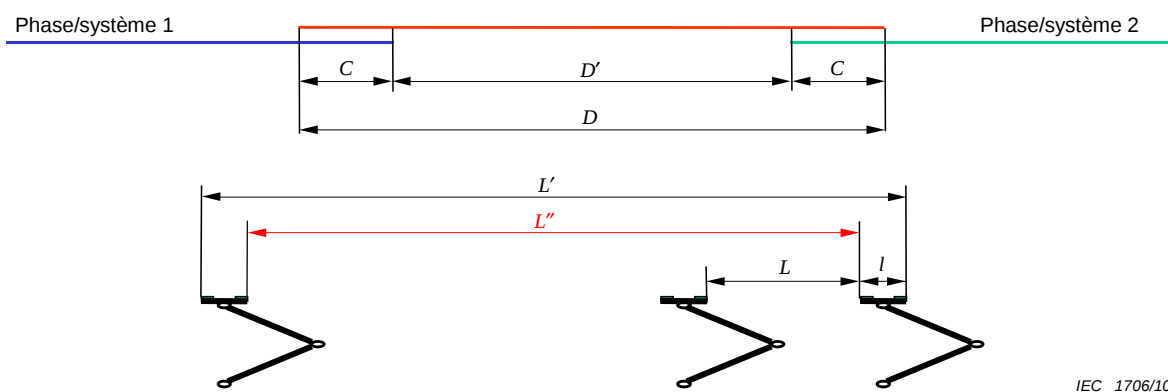
Le type des sections de source différentes doit être conforme à la CEI 62313.

On doit utiliser les configurations représentées de la Figure A.2 à la Figure A.5 pour assurer l'interopérabilité entre les pantographes et les sections de séparation.

Les symboles utilisés sont les suivants et sont représentés de la Figure A.1 et à la Figure A.4.

C	longueur de la zone de chevauchement
D	longueur totale de la section de séparation
D'	longueur de la section neutre
d	longueur de l'isolateur inséré dans le fil de contact
L	distance entre les pantographes les plus proches
L'	distance entre les pantographes les plus éloignés
L''	distance entre trois pantographes consécutifs
l	largeur maximale de l'archet du pantographe

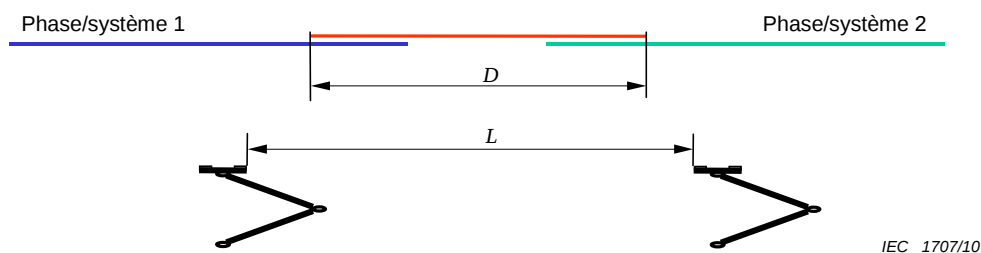
Les tolérances du matériel roulant et de la distance d'isolement doivent être prises en considération.



IEC 1706/10

Figure A.1 – Visualisation des symboles

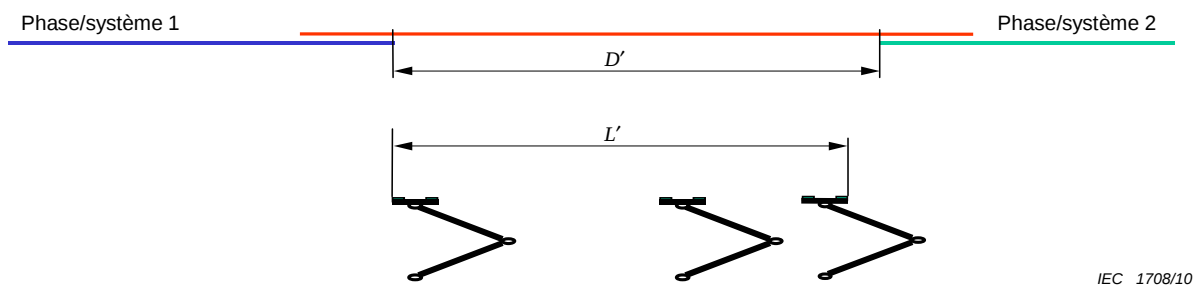
A.1.2 Section de séparation courte



Conditions: $L > D$

Figure A.2 – Section de séparation courte

A.1.3 Section de séparation longue

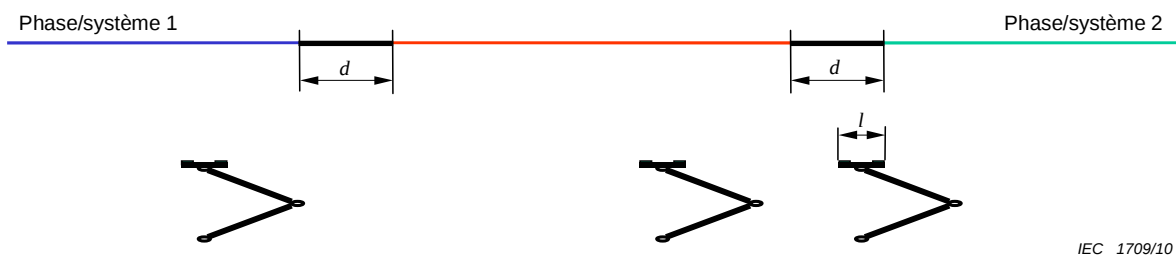


Conditions: $L' < 400$ m
 $D' > 402$ m

Figure A.3 – Section de séparation longue

NOTE Dans le cas d'une disposition selon la Figure A.3, la section neutre est plus longue que la distance entre les pantographes les plus éloignés en fonctionnement sur un train interopérable, c'est-à-dire 400 m.

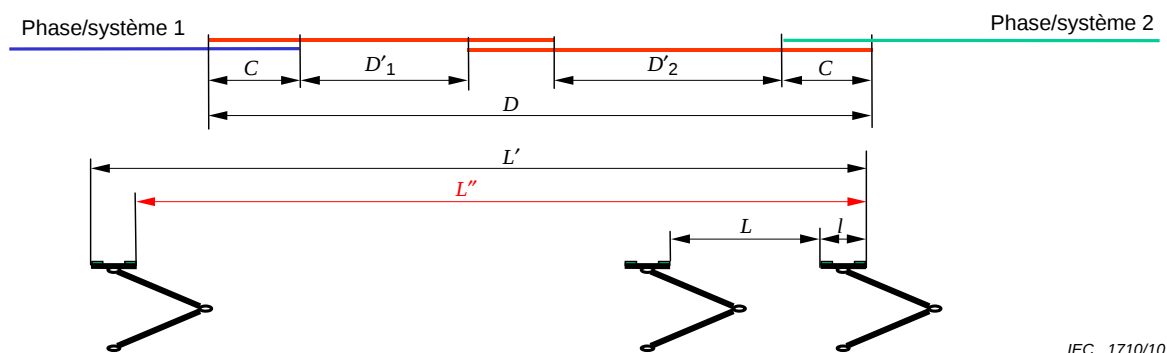
A.1.4 Section de séparation avec isolateurs



Conditions: $d > l$

Figure A.4 – Section de séparation avec isolateurs

A.1.5 Section de séparation à trois sectionnements



Conditions: $L' > D + 2l$ $D < 142 \text{ m}$
 $L + 2l < D'_1$ $L'' > 143 \text{ m}$
 $L + 2l < D'_2$

Figure A.5 – Section de séparation à trois sectionnements

NOTE Dans le cas d'une disposition selon la Figure A.5, la longueur hors tout de la section de séparation (D) est plus courte que l'espacement (L'') entre trois pantographes consécutifs qui est supérieur à 143 m.

A.1.6 Disposition des pantographes sur les trains

Pour négocier les types spécifiés de séparations de phases, l'espacement maximal des pantographes sur un train est de 400 m. De plus, l'espacement de trois pantographes consécutifs doit être supérieur à 143 m. Le pantographe intermédiaire peut être disposé à n'importe quel endroit. Selon la distance minimale entre deux pantographes consécutifs, le gestionnaire de l'infrastructure doit déterminer la vitesse maximale du train en service. Aucun raccordement électrique ne peut exister entre des pantographes en service. La Figure A.6 représente la disposition des pantographes.

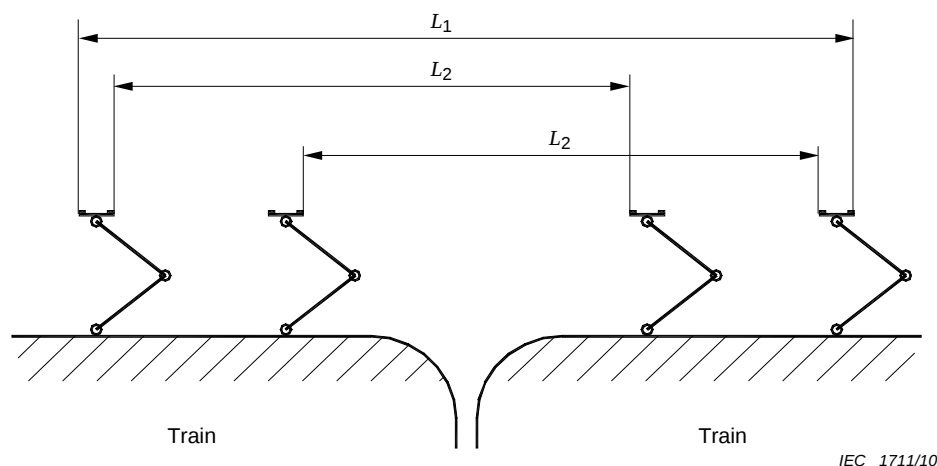


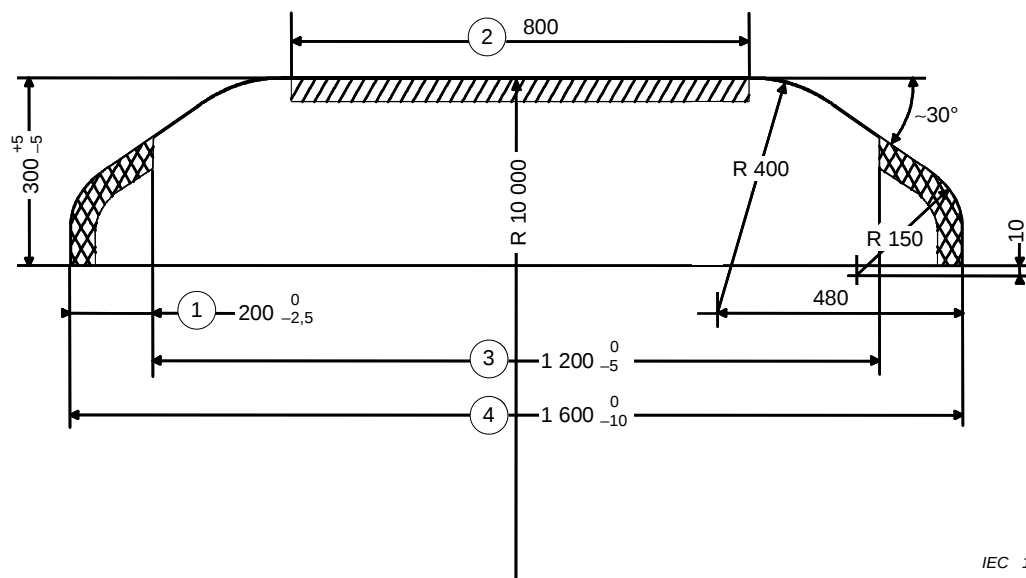
Figure A.6 – Disposition des pantographes sur les trains

La Figure A.6 représente la disposition des pantographes qui est compatible avec les solutions des Figures A.3 et A.5.

Les dispositions des pantographes représentés aux Figures A.2 et A.4 doivent faire l'objet d'un accord avec le gestionnaire de l'infrastructure.

Conditions: $L' = L_1 < 400 \text{ m}$
 $L'' = L_2 > 143 \text{ m}$

A.2 Profil standard de l'archet du pantographe



Dimensions en millimètres

Légende

- ① Corne réalisée en matériau isolant (longueur projetée 200 mm)
- ② Longueur minimale de la bande de frottement
- ③ Zone conductrice de l'archet
- ④ Longueur de l'archet

Figure A.7 – Profil standard de l'archet de pantographe

A.3 Enveloppe cinématique pour le passage du pantographe

La Figure A.8 représente les dimensions de l'espace nécessaire pour le passage des pantographes sur des lignes conformes aux spécifications STI. Outre cet espace, le gérant d'infrastructure doit tenir compte de l'espace nécessaire à l'installation de la ligne de contact elle-même et des distances d'isolement nécessaires à la sécurité. L'espace dépend de la conception de la ligne de contact individuelle et de la tension correspondante.

Dans la Figure A.8, la largeur b_1 fait référence à la hauteur du fil de contact de 5,0 m tandis que b_2 dépend de la hauteur du fil de contact applicable à une ligne spécifique. S est la disposition concernant le soulèvement conformément au Tableau 4.

La valeur b_2 est obtenue conformément à l'EN 15273:2008

$$b_2 = b_w/2 + l/2 - 0,77755 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R,$$

pour les lignes à grande vitesse ($b_w = 1,6$; $l = 1,450$):

$$b_2 = 0,74745 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R;$$

Pour les lignes conventionnelles ($b_w = 1,45$; $1,6$; $1,95$; $l = 1,470$):

$$b_2 = b_w / 2 - 0,04255 + 0,04 \times H + 0,15 \times H \times C - 0,075 \times C + 2,5/R.$$

Toutes les valeurs sont mesurées en mètres.

Comportement dû au véhicule proprement dit:

- a) longueur de l'archet du pantographe: b_w
- b) Déplacement dynamique dû au comportement du véhicule de référence

(EN 15273-1 Annexe H2):

$$e_p = e_{pu} + (H - 5) \times 0,04, \quad e_{pu} = 0,11 \text{ m}, \quad e_{po} = 0,17 \text{ m}$$

Comportement du véhicule dû aux paramètres de la ligne

- c) déport (en courbe): $2,5/R$ (EN 15273-1 Annexe H, H2)
- d) Excès d'écartement de voie $(I - 1,435)/2$: TSI-HS: $I = 1,45 \text{ m}$; TSI-CR: $I = 1,47 \text{ m}$ (EN 15273-1 Annexe H, H2)
- e) Insuffisance de dévers: $0,15 \times (c - 0,066) (H - 0,5)$
(0,5: hauteur du centre de roulis EN 15273-1 Annexe H, H2)
(0,066: Insuffisance de dévers incluse en EP, (EN 15273-3, Annexe C 1.5))

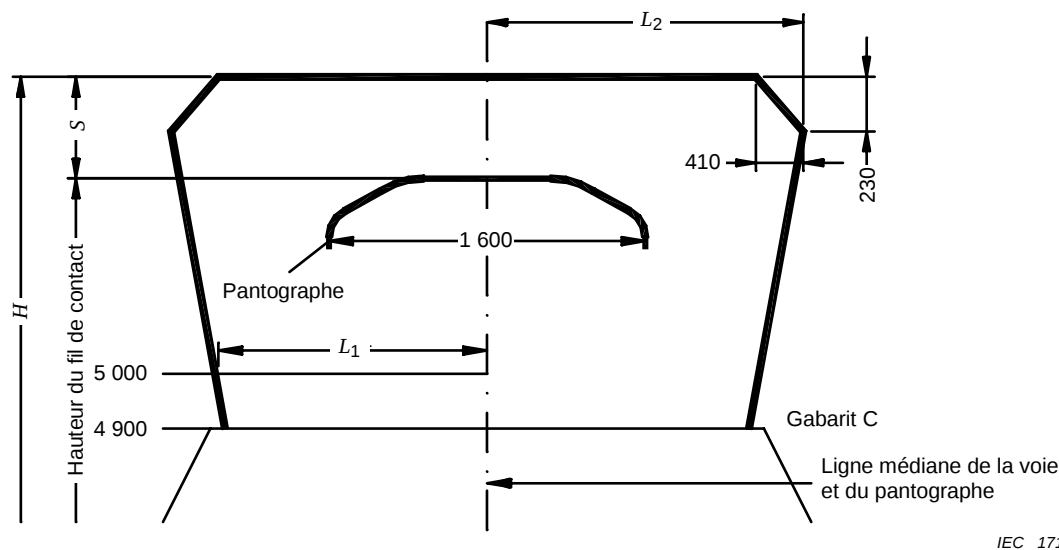
Comportement du véhicule dû à l'action d'entretien

- f) Déjettement de la voie: $T1 \leq 0,025 \text{ m}$
- g) Composante latérale résultant du déplacement vertical asymétrique $T2,g = 0,015 \times H/Sr$,
 $Sr = 1,5 \text{ m}$ (distance des points de contact roue-rail, EN 15273-3, Annexe C 1.5)

$T1$ et $T2,g$ sont des paramètres définis par le gestionnaire de l'infrastructure et non inclus dans la EN 15273.

$T1 \leq 0,025 \text{ m}$ et $T2,g = 0,015 \times H/Sr$ des paramètres normalement utilisés de la voie.

Si des tolérances plus élevées sont utilisées, le balancement du fil de contact doit être diminué. Cette diminution doit être décrite et vérifiée pendant la revue de projet.



IEC 1713/10

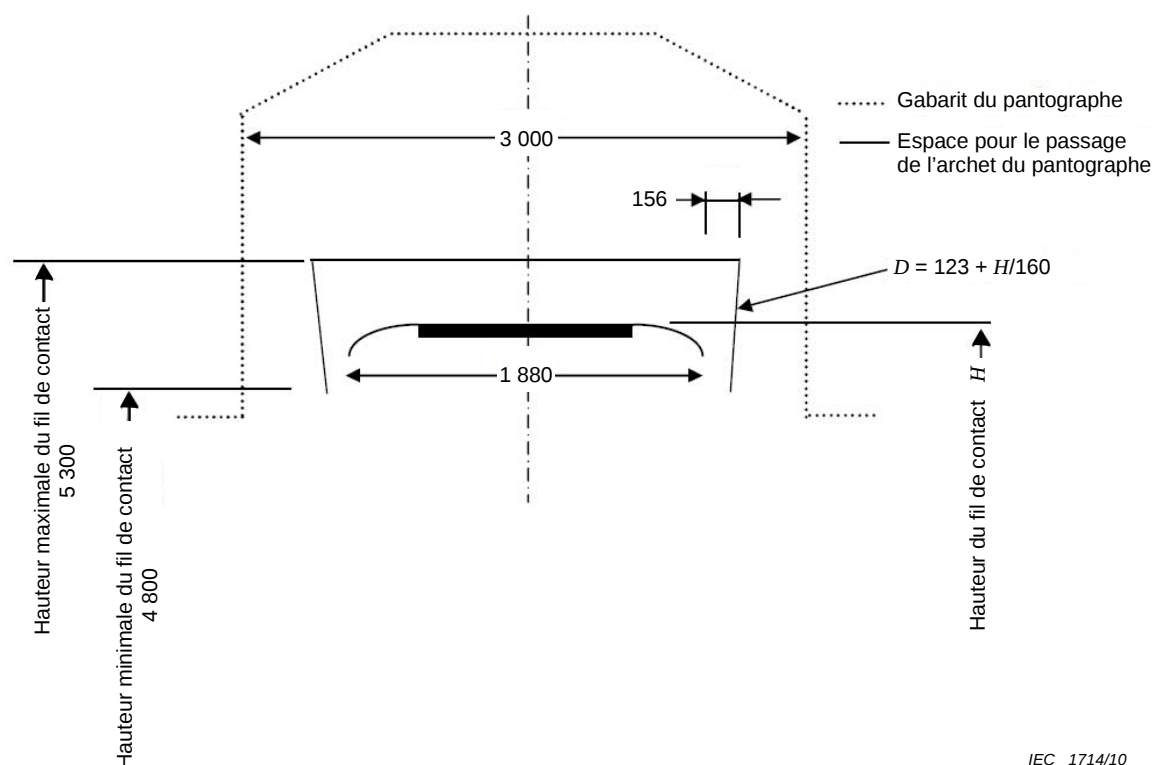
Dimensions en millimètres

Figure A.8 – Espace pour le passage des archets de pantographes sur des lignes interoperables

Le Tableau A.1 présente, à titre d'exemple, la relation entre le rayon de la voie, le dévers et les dimensions L_1 et L_2 des lignes à grande vitesse avec un rayon de voie de plus de 3 000 m. La dimension H est la somme de la hauteur du fil de contact (CWH) et de la disposition S pour le soulèvement.

Tableau A.1 – Dimensions concernant l'enveloppe dynamique pour le passage du pantographe pour lignes à grande vitesse (exemples, rayon de voie de plus 3 000 m)

Dévers C	Largeur L_1 à hauteur de 5,00 m	Largeur L_2 (voir Figure A.8)
m	m	m
0,0	0,94	$0,74 + 0,04 \times H$
0,066	0,99	$0,74 + 0,05 \times H$
0,180	1,06	$0,73 + 0,07 \times H$



Dimensions en millimètres

Figure A.9 – Espace pour le passage d'archets de pantographes et gabarit de pantographe (JP)

($b_w = 1,88$, $l = 1,435$ ligne à grande vitesse $V \geq 200$ km/h)

A.4 Essais supplémentaires pour les réseaux à courant continu

A.4.1 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 Ceci concerne surtout la consommation de courant par les équipements auxiliaires du train.

NOTE 3 Si des bandes de frottement métalliques sont utilisées, une vérification pour l'échauffement n'est pas nécessaire.

A.4.1.1 Conditions d'essai

L'essai doit être effectué avec un pantographe équipé de l'archet spécifié.

Les surfaces de contact des bandes de frottement doivent être dans "un plan". A cet effet, les bandes de frottement doivent être dans un état "rodé". Les essais doivent être réalisés avec des fils de contact neufs.

Le pantographe doit être monté sur une unité motrice ou un dispositif d'essai validé.

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

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.4.1.2 Méthodes d'essai

Les essais doivent être réalisés avec la force de contact statique spécifiée en 7.1, si elle n'a pas été spécifiée.

Le courant transporté par le pantographe doit être représentatif de la consommation maximale du matériel roulant avec la limite spécifiée dans le Tableau 5.

Chaque essai doit durer 30 min sauf si la température affichée par l'un des capteurs atteint la valeur maximale autorisée pour les fils de contact (cette valeur doit être spécifiée par le gestionnaire de l'infrastructure). 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 et l'échauffement des fils de contact après 30 min ne sont pas supérieurs aux valeurs stipulées par le gestionnaire de l'infrastructure.

A.4.2 Courant en fonctionnement

A.4.2.1 Conditions d'essai

Si cela est exigé, l'usure par le courant des bandes de frottement en exploitation doit être vérifiée.

Le pantographe doit être monté sur une unité de traction dont la capacité permet le captage du courant électrique maximal.

Le pantographe équipé de bandes de frottement d'essai doit être réglé de telle manière que, pendant les parcours sur voie et avant les mesures, les conditions les plus défavorables de captage du courant soient remplies.

A.4.2.2 Méthodes d'essai

L'unité de traction doit remorquer un train de la masse maximale autorisée à la vitesse permettant d'obtenir le courant maximal.

Pour chaque configuration, la valeur maximale du courant doit être captée pendant 30 min.

Afin de s'assurer que la performance en fonctionnement des bandes de frottement est suffisamment représentative, 10 marches d'essais avec mesures doivent être réalisées dans chaque configuration.

Il est recommandé que les bandes de frottement soient remplacées dans chaque cas après un cycle de 10 marches d'essais.

Après chaque cycle, l'état des bandes de frottement doit être examiné et l'étendue de l'usure (en mm par 1 000 km) déterminée de sorte que leur performance en fonctionnement puisse être évaluée.

Les essais doivent être considérés comme satisfaisants lorsqu'aucun défaut susceptible d'affecter la performance en fonctionnement des bandes de frottement n'est détecté et lorsque l'étendue de l'usure est compatible avec la performance en fonctionnement indiquée par l'exploitant du train.

Annexe B (normative)

Conditions nationales particulières

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.

NOTE Si elle affecte l'harmonisation, elle fait partie intégrante de la Norme européenne.

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

B.1 Caractéristiques nationales

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

**Tableau B.1 – Caractéristiques des lignes de contact aériennes
des systèmes à courant alternatif**

	AT	CH	DE	DK	Euro-Tunnel	FI	FR	GB	NL	NO	SE	SK	JP
Hauteur nominale du fil de contact (m)	5,3 5,5 5,75	5,3	5,5	5,5	5,93	6,15	5,5	4,7	5,5	5,6	5,5	5,5	5,0
Hauteur maximale du fil de contact (m)	6,2	6,0	6,5	6,0	6,2	6,5	6,2	5,94	5,7	6,0	6,1	6,3	5,4
Hauteur minimale du fil de contact (m)	4,85	4,8	4,95	4,91	5,93	5,6	4,59	4,14 ^a	5,2	4,80	4,8	5,0	4,8
Balancement maximal du fil de contact dû au vent transversal (m)	0,55	0,4	0,55	0,385	0,4	0,46	0,4	0,56	0,4	0,55	0,55	0,5	0,55
^a Peut être réduite à 3,925 pour des itinéraires particuliers.													

**Tableau B.2 – Caractéristiques des lignes de contact aériennes
pour les systèmes à courant continu**

	BE	ES	FR	IT	NL	PL	SI	SK	JP
Hauteur nominale du fil de contact (m)	5,3	5,5	5,5	5,0	5,5	5,6	5,35	5,5	5,0
Hauteur maximale du fil de contact (m)	6,0	6,2	6,3	6,2	5,75	6,2	6,2	6,3	5,4
Hauteur minimale du fil de contact (m)	4,8	4,6	4,47	4,51	4,8	4,9	4,95	4,95	4,4 ^a
Balancement maximal du fil de contact dû au vent transversal (m)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,53	0,5	0,35	0,55	0,55
^a Peut être réduite à la hauteur maximale du pantographe abaissé augmentée de la distance de sectionnement pour des itinéraires spécifiques.									

Tableau B.3 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant alternatif

	AT	CH	DE	DK	FI	FR	GB	NO	SE	SK	JP
Profil géométrique de l'archet du pantographe	Voir Figure B.3	Voir Figure B.4	Voir Figure B.3	Voir Figure B.3	Voir Figure B.3	Voir Figures B.2, B.4	Voir Figures B.4 ^a , B.7	Voir Figure B.6	Voir Figure B.6	Varie	Voir Figure B.9
Plage de hauteur de travail pour une performance normale (m)	4,7 - 6,5	4,6 - 6,5	4,8 - 6,3	4,9 - 6,1	4,8 - 7,0	4,5 - 6,50	4,14 - 6,2 3,925 (réduite)	4,6 - 6,2	4,8 - 6,1	4,8 - 6,3	4,4-5,8
Plage de hauteur de travail pour une vitesse faible (m)	4,7 - 6,5	4,6 - 6,5	4,7 - 6,5	4,7 - 6,5	4,8 - 7,0	4,6 - 6,50	4,14 - 6,2 3,925(réduite)	4,6 - 6,2	4,8 - 6,1	4,8 - 6,3	4,4-5,8
Longueur des bandes de frottement (m)	1,03	0,696	1,03	1,03	≥ 1,1	Varie	Varie	1,03	1,0	1,2	≥0,675
Largeur maximale de l'archet (m)	0,65	0,6	0,62	0,6	≤ 0,415	0,6	0,46 ^a	0,65	0,65	0,6	≤0,415
Valeur min. de F_{stat} (N)	65	65	60	70	60	70	70	55	50	65	34
Dispositif d'abaissement automatique	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire	-	Nécessaire	-	Nécessaire	-	-
Nombre de pantographes en action par train	1,2,3	1,2,3,4	1,2,3,4	1,2,3,4,5	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3	1,2,3,4,5	1,2,3,4	1,2,3
Espacements minimal et maximal entre deux pantographes en service (m)			$20 < L < 35^b$			7 - 354			$20 < L < 30$		
	$^b L > 7$	$L > 7$	$L > 85$	$L > 18$	$19 < L < 200$		$L > 10$	$L > 20$	$L > 40$	$L > 8$	$L > 13$
NOTE Il peut être demandé que quelques lignes françaises à grande vitesse soient équipées de limiteurs de la hauteur de travail (dispositif empêchant un pantographe de dépasser une hauteur donnée dans les limites de la plage de travail afin de réduire le soulèvement du fil de contact).											
^a Uniquement la liaison ferroviaire du tunnel sous la Manche (ctrl).											
^b Les trains dont la distance entre deux pantographes en service est inférieure à 20 m sont acceptés par le gestionnaire de l'infrastructure ferroviaire si le soulèvement du fil de contact et les forces de contact sont dans les tolérances.											

Tableau B.4 – Caractéristiques du matériel roulant pour systèmes à courant continu

	BE	ES	FR	IT	NL	PL	SI	SK	JP
Profil géométrique de l'archet du pantographe	Voir Figures B.3, B.6	Voir Figures B.3, B.6	Voir Figures B.3, B.4, B.5	Voir Figure B.2	Voir Figure B.3	Voir Figure B.8	Voir Figure B.2	Varie	Voir Figure B.9
Plage de hauteur de travail pour une performance normale (m)	4,6 - 6,5	4,6 - 6,5	4,5 - 6,5	4,51 - 6,2	4,8 - 5,75	4,8 - 6,2	4,9 - 6	4,8 - 5,6	4,2-5,6
Plage de hauteur de travail pour une vitesse faible (m)					4,8 - 5,75			4,8 - 5,6	4,2-5,6
Longueur des bandes de frottement (m)	0,7	0,95	Varie	1,07 - 1,27	≥ 0,8	1,1	0,8 - 0,9	1,2	≥ 0,9
Largeur maximale de l'archet (m)	0,6	0,6	0,6	0,56	0,64	0,6	0,42	0,6	≤0,415
Valeur min. de F_{stat} (N)	90	90	90	90	^a	70	70	65	44
Dispositif d'abaissement automatique	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire	Nécessaire	Conseillé	Conseillé	Conseillé	-	-
Nombre de pantographes en action par train	1,2,3,4	1,2,3	1,2,3,4	1,2	1,2,3,4,5	1,2	1,2	1,2,3,4	1,2,3,4,5
Espacements minimal et maximal entre deux pantographes en service (m)	10 – 365	6 - 200	6 - 354	$9 < L < 295$	$8 < L$	7 - 200	$8 < L$	$L > 8$	$L > 13$
^a Aux Pays-Bas, quelques lignes existantes exigent un limiteur de la hauteur maximale de travail. La hauteur de travail est de 5,86 m; la température maximale du point de contact à l'arrêt est 150 °C.									

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

Tableau B.5 – Performance d'interaction pour systèmes à courant alternatif

	AT	CH	DE	DK	SE	FI	FR		GB		NO, NL	JP	
Vitesse (km/h)	≤ 200	≤ 200	≤ 200	< 200	< 250	≤ 200	≤ 160	160 < v ≤ 200	≤ 160	160 < v ≤ 200	< 200	< 200	200 ≤
F_m (N)	≤ 120	< 120		< 120	< 110	< 120	< 120	< 150	< 120	< 120	< 100		
		Voir Figure B.1b	Voir Figure B.1b					Pour v > 250 km/ h, voir Fig. B.1a					
F_{max} (N)	200	230 250 ^b	200	< 200	200	200	200	250	250 ^a	250 ^a	200		
F_{min} (N)	40	> 10 > 0 ^b	40 ^c	> 0	0	> 0	20	20	> 0	> 0	10		
σ (N)	24	36	24	24	-	-	-	-	-	-	-		
NQ (%)	-	-	-	-	-	-	0,1 (5 ms)	0,1 (5 ms)	-	-	-	-	
AQ (%) ^d	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
CQ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30 ^e	
Soulèvement maximal autorisé du fil de contact au support (mm)	120	EN 50119 5.2.1.3	120	150	120	120	80	120	80	125	120	70	150
^a Itinéraire ouvert. ^b Deux pantographes et courte distance (~ 36 m). ^c Valeurs sans correction de l'inertie. ^d Détection d'un arc en lumière visible. ^e Lorsque les pantographes sont reliés électriquement, la perte de contact doit être évaluée par mesure de la forme d'onde du courant capté.													

Tableau B.6 – Performance d'interaction pour systèmes à courant continu

	BE	ES	FR		IT	NL	PL	SI	JP
Vitesse (km/h)	< 160	≤ 220	< 160	160 < v ≤ 200	< 160	≤ 250	≤ 250	≤ 160	<200
F_m (N)	170	170	< 160	< 220	170	170	170	85	
F_{max} (N)	300	300	300	350	300	300	300	100	
F_{min} (N)	40	40	20	20	40	40	40	70	
σ (N)	43	43	-	-	43	43	43	28	
NQ (%)	-	-	0,1 (5 ms)	0,1 (5 ms)	-	-	-		-
AQ (%) ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ^b
CQ (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	5 ^b
Soulèvement maximal autorisé du fil de contact au support (mm)	100	100	80	80	120	100	100	100	70

a Détection d'un arc en lumière visible.

b Lorsque les pantographes sont reliés électriquement, la perte de contact doit être évaluée par mesure de la forme d'onde du courant capté. Au lieu de la détection d'un arc, la perte de contact peut être évaluée en mesurant la tension du pantographe sans captage de courant.

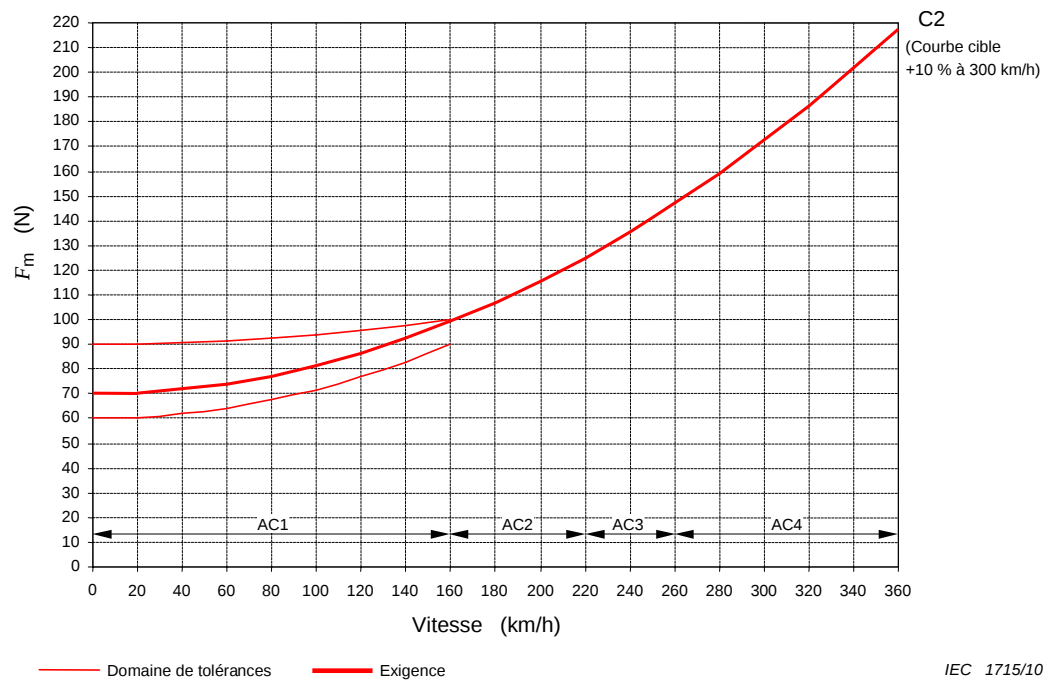


Figure B.1a – Force moyenne de contact F_m (+ 10 %) en fonction des vitesses de circulation pour FR (voir Tableau B.5)

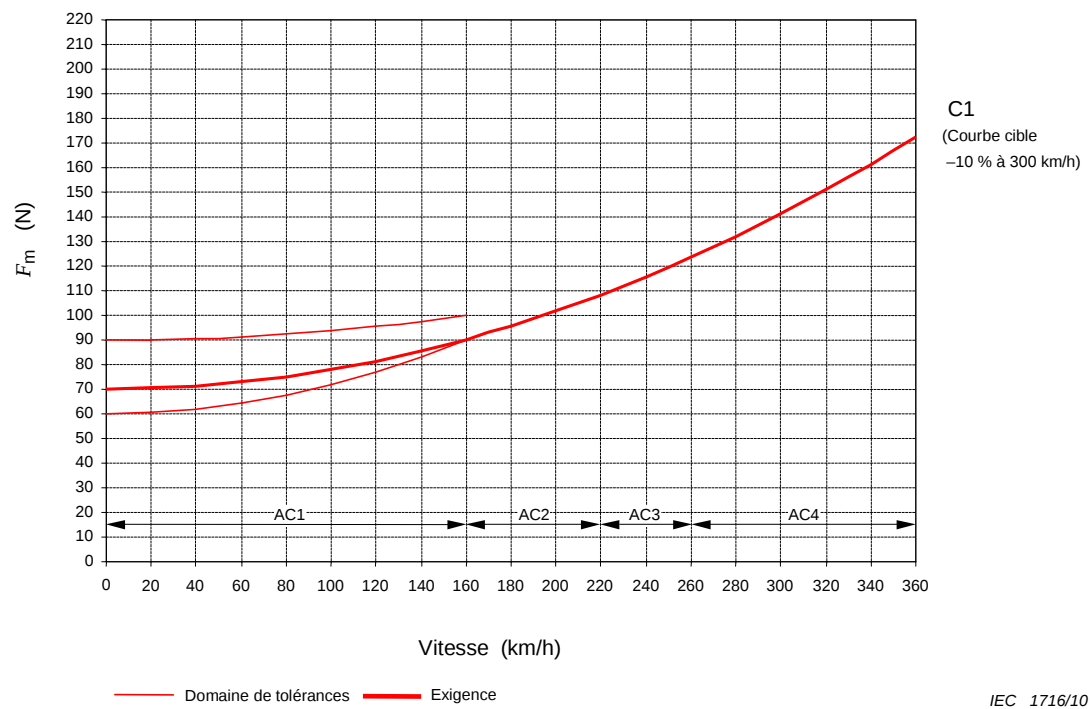


Figure B.1b – Force moyenne de contact F_m (-10 %) en fonction des vitesses de circulation pour CH, DE (voir Tableau B.5)

B.2 Caractéristiques générales de l'archet du pantographe

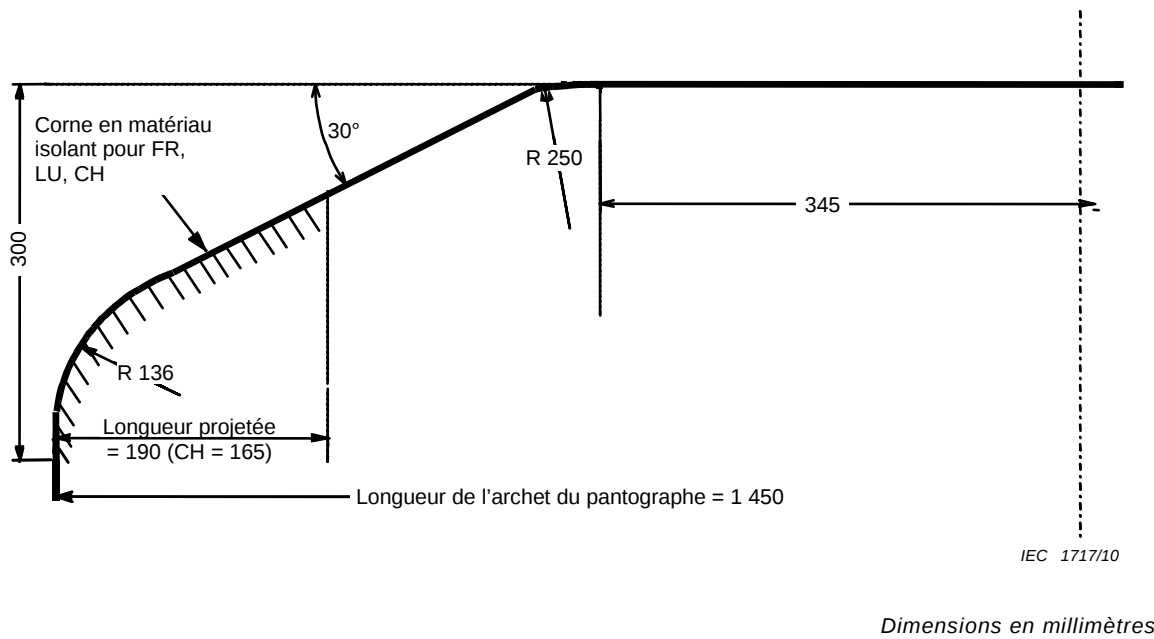
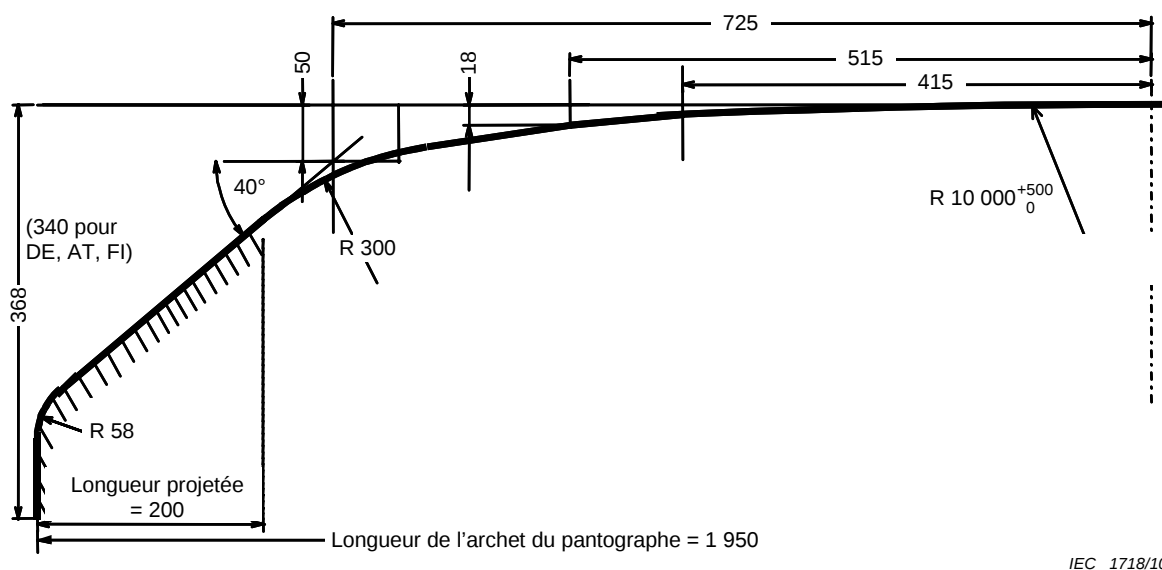
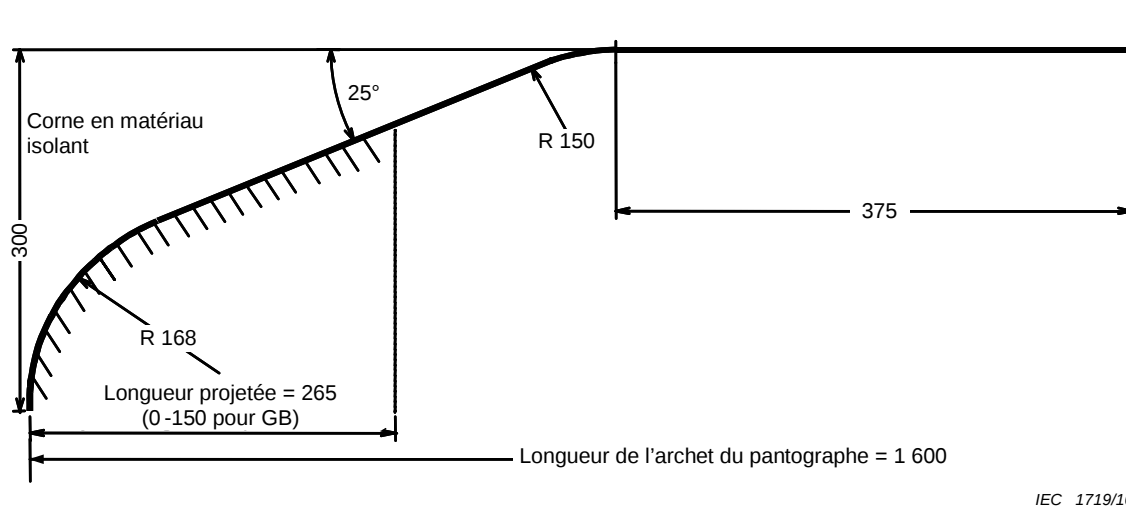


Figure B.2 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 450 mm



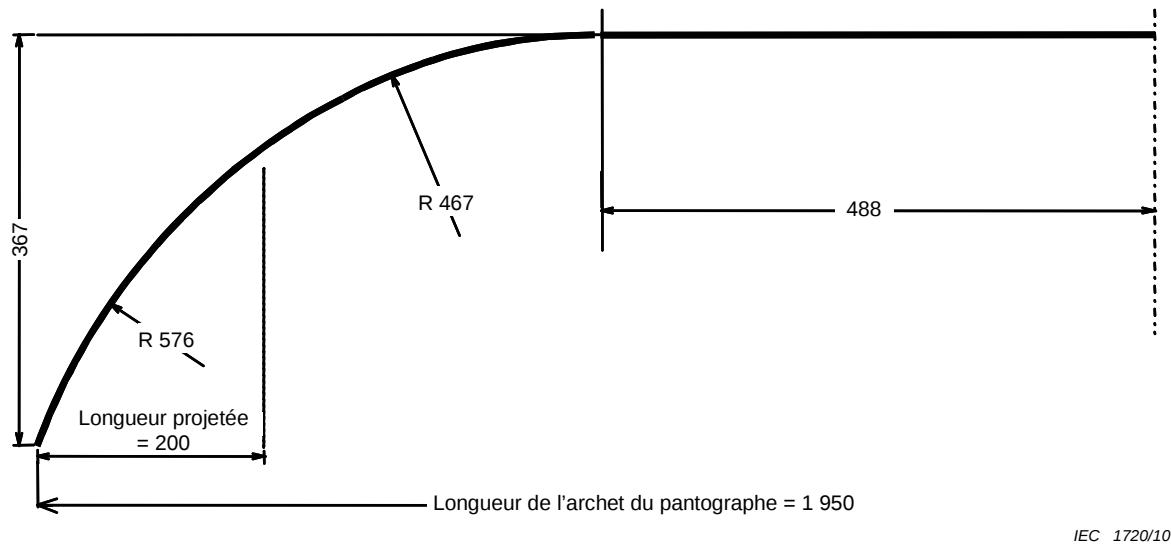
Dimensions en millimètres

Figure B.3 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (Type 1)



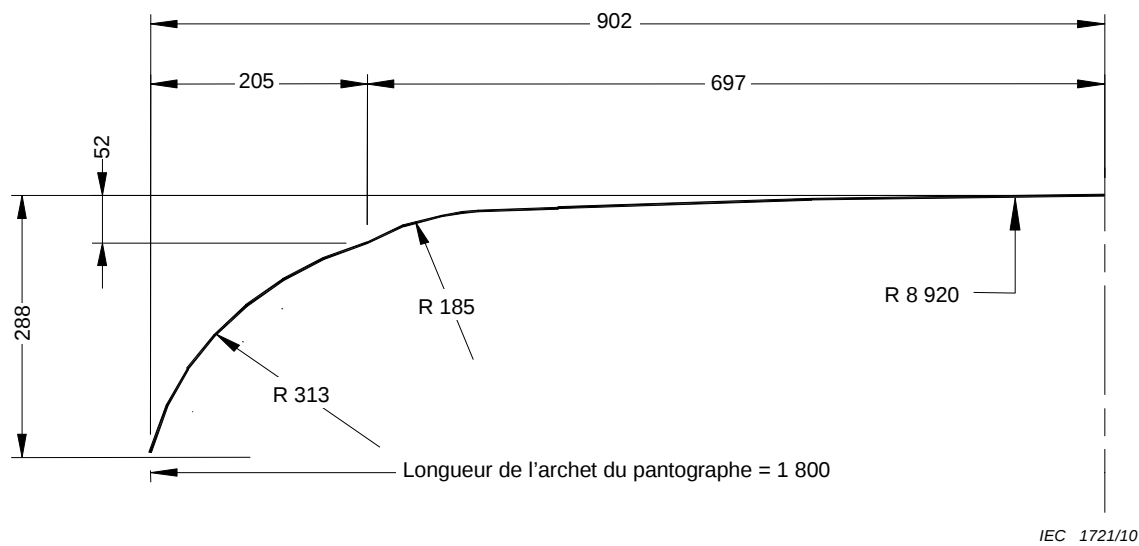
Dimensions en millimètres

Figure B.4 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 600 mm (GB, CTRL)



Dimensions en millimètres

Figure B.5 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (Type 2)



Dimensions en millimètres

Figure B.6 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 800 mm (NO, SE)

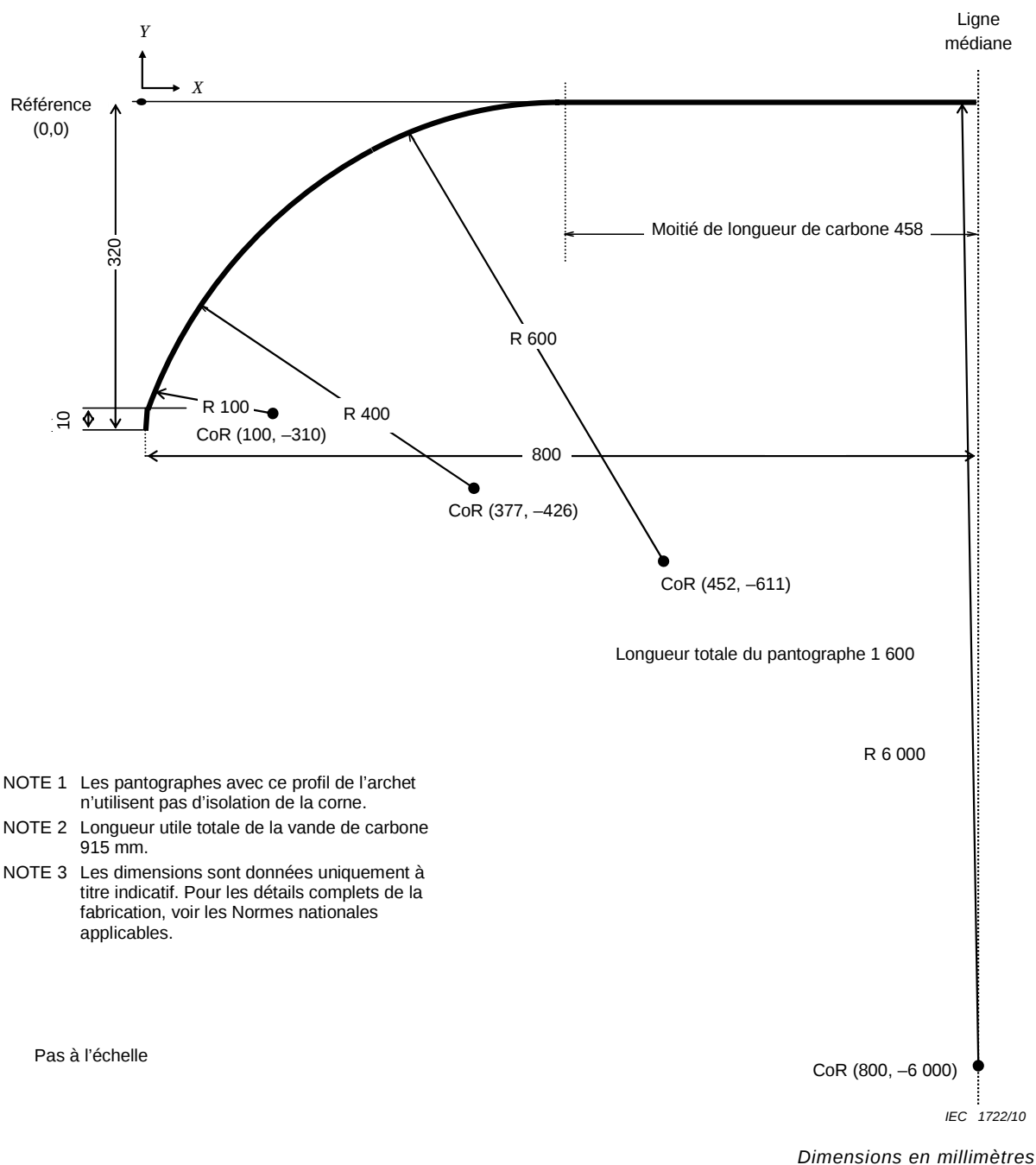
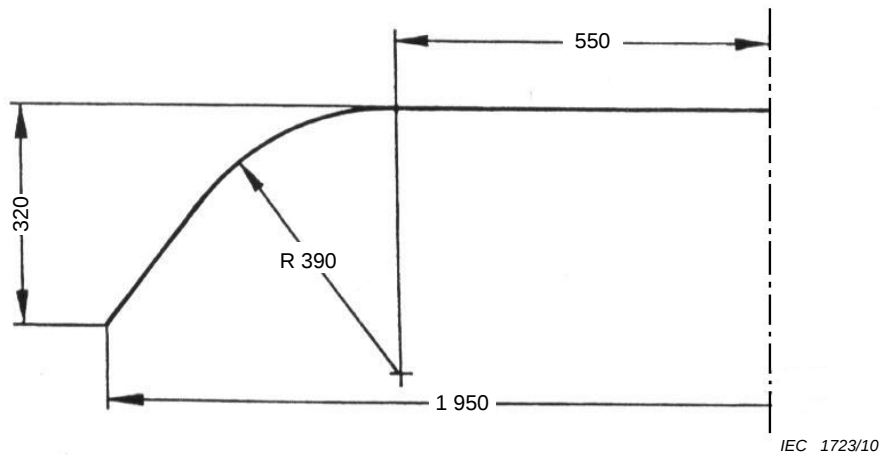
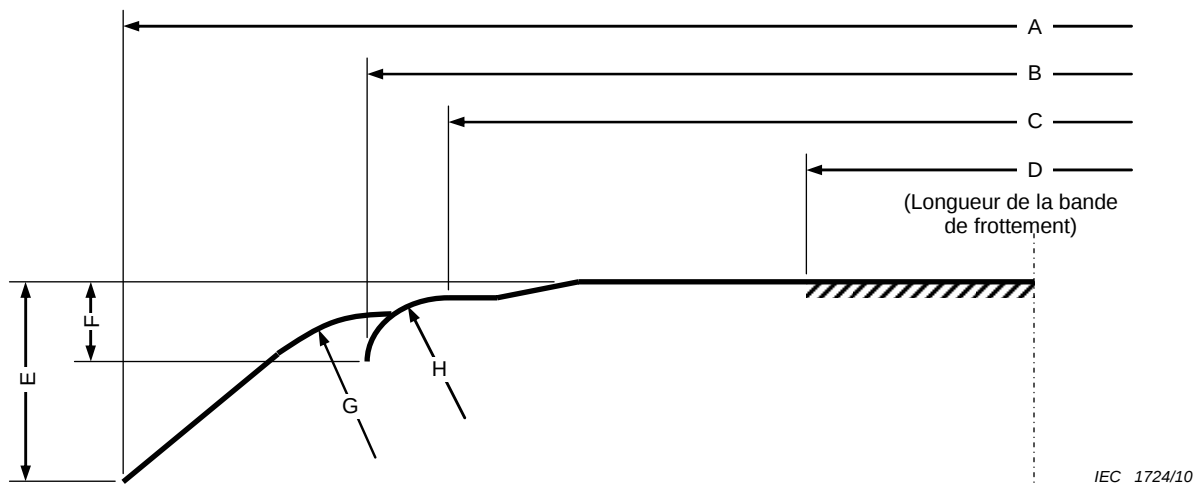


Figure B.7 – Archet du pantographe avec une longueur de 1 600 mm (GB)



Dimensions en millimètres

Figure B.8 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 950 mm (PL)



A	B	C	D	E	F	G	H
1 760~ 1 880	1 200~ 1 390	990~ 1 210	540~810	250~293	67~93	R162~ R290	R106~ R130

NOTE La géométrie du pantographe diffère en fonction de la ligne, les exigences doivent être définies par le gestionnaire d'infrastructure.

Figure B.9 – Archet du pantographe d'une longueur de 1 760 mm à 1 880 mm (JP)

Annexe C (informative)

Matériaux des bandes de frottement

Tableau C.1 – Matériau de bandes de frottement normalement utilisé

Contact Bandes	C.A.							C.C.							
	AT/DE/DK/ FI/NO/SE	CH	ES	FR	GB	NL	SK	BE	ES	FR	IT	NL	SI	SK	PL
Carbone pur	X	X	X	X		X	X	X		X	X	X		X	X
Alliage de cuivre Cuivre acier									X	X	X		b		
Carbone cuivré		X						X		X	X		a		
Cuivre ou alliage de cuivre									X		X		X		X
Carbone métallisé			X	X	X	X		X		X		X	a		
Cuivre fritté							X			X	X		b	X	
^a En cours d'évaluation. ^b Selon le résultat des évaluations.															

**Tableau C.2 – Résultats d'investigation au sujet de l'utilisation
de matériaux alternatifs (extrait de l'ERRI A 186)**

		Matériau des bandes de contact couramment utilisé			
		Carbone pur	Carbone métallisé	Cuivre-acier	Carbone cuivré
Autres matériaux des bandes	Carbone pur			Usure de bande 0,2 mm/1 000 km recommandée uniquement pour courants réduits	ok
	Carbone métallisé	Usure de bande: normal: < 0,2 mm/1 000 km alternative: 0,13 mm /1 000 km rugosité du fil de contact similaire		Avec courants élevés: usure de bande 0,5 mm/1 000 km non recommandée	Usure de bande: normal: < 0,07 mm/1 000 km alternative: 0,05 mm /1 000 km rugosité du fil de contact similaire
	Cuivre-acier	Usure de bande: normal: < 0,3 mm/1 000 km alternative: 0,03 mm /1 000 km rugosité du fil de contact similaire			Usure de bande et rugosité du fil de contact acceptable si le nombre de bandes alternatives est inférieur à 10 % du nombre total de bandes
	Carbone cuivré	ok			

Bibliographie

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

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

1692/96/CE, *Décision n° 1692/96/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 juillet 1996 sur les orientations communautaires pour le développement du réseau transeuropéen de transport, Journal Officiel n° L 228, 09/09/1996 p. 0001 – 0104*

Directive 96/48/CE, *Directive du Conseil du 23 juillet 1996 relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen à grande vitesse (sous-système STI "énergie") JO L 235 du 17/09/1996, p. 0006–0024*

Directive 2001/16/CE du Parlement européen et du Conseil du 19 mars 2001, *relative à l'interopérabilité du système ferroviaire transeuropéen conventionnel – Journal officiel n° L 110 du 20/04/2001 p. 0001 – 0027*

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

EN 15273-1, *Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 1: Généralités – Règles communes à l'infrastructure et au matériel roulant*

EN 15273-2, *Applications ferroviaires – Gabarits – Partie 2: Gabarit du matériel roulant*

EN 50119:2001, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Lignes aériennes de contact pour la traction électrique*

EN 50149:2001, *Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Fils rainurés en cuivre et cuivre allié*

EN 50317:2002, *Applications ferroviaires - Systèmes de prise de courant – Prescriptions et validation des mesures de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire Amendement 1 (2004)*

EN 50318:2002, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage du courant – Validation des simulations de l'interaction dynamique entre le pantographe et la caténaire*

EN 50388:2005, *Applications ferroviaires – Alimentation électrique et matériel roulant – Critères techniques pour la coordination entre le système d'alimentation (sous-station) et le matériel roulant pour réaliser l'interopérabilité*

EN 50405¹, *Applications ferroviaires – Systèmes de captage de courant – Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes*

Fiche UIC 505:1997, *Matériel de transport ferroviaire – Gabarit de construction du matériel roulant*

Fiche UIC 506, *Règles pour l'application des gabarits agrandis GA, GB et GC*

Fiche UIC 608, *Conditions à respecter pour les pantographes des engins moteurs utilisés en service international*

¹ A publier.

ISO 3166-1:2006, *Codes pour la représentation des noms de pays et de leurs subdivisions – Partie 1: Codes de pays*

Technical Specification for testing for speedup of railways (en japonais):1993, *Railway Bureau, Ministry of Transport* (Japon)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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