

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Current collection systems – Pantographs, testing methods for carbon contact strips

Applications ferroviaires – Systèmes de captage du courant – Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2008 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 62499

Edition 1.0 2008-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Railway applications – Current collection systems – Pantographs, testing methods for carbon contact strips

Applications ferroviaires – Systèmes de captage du courant – Méthodes d'essais des bandes de frottement en carbone des pantographes

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

R

ICS 45.060

ISBN 2-8318-1020-5

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Symbols and abbreviations.....	5
5 Tests.....	6
5.1 General.....	6
5.1.1 Type tests	6
5.1.2 Routine tests	6
5.2 Test procedures	6
5.2.1 Tests for the temperature characteristic of the carbon contact strip under rated current loading.....	6
5.2.2 Test for deflection and extension of the carbon contact strip under extremes of temperature.....	8
5.2.3 Test for flexural characteristic of the carbon contact strip	8
5.2.4 Test for shear strength of the contact strip.....	9
5.2.5 Test of autodrop detection sensor integral with contact strips	11
5.2.6 Test of mechanical fatigue resistance of the carbon contact strip	13
5.2.7 Test of the electrical resistance of the contact strip	13
Annex A (normative) List of tests	16
Annex B (informative) Parameters to be specified by the customer	17
Bibliography.....	18
Figure 1 – Arrangement of test device for testing temperature characteristic	7
Figure 2 – Example of current supply connection	7
Figure 3 – High temperature test.....	8
Figure 4 – Preparation of samples	9
Figure 5 – Example of suitable fixture for testing shear strength of carbon contact strip.....	10
Figure 6 – Example of testing configuration of shear strength test	10
Figure 7 – Typical impact test device	12
Figure 8 – Air supply and monitoring equipment.....	13
Figure 9 – Test of electrical transfer resistance from the carbon contact surface to the supporting structure	14
Figure 10 – Connection scheme for test of electrical resistance	15
Table A.1 – Catalogue of tests.....	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS –
CURRENT COLLECTION SYSTEMS –
PANTOGRAPHS, TESTING METHODS
FOR CARBON CONTACT STRIPS**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62499 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways. It is based on EN 50405:2006.

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

FDIS	Report on voting
9/1190/FDIS	9/1218/RVD

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

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

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

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

.....

RAILWAY APPLICATIONS – CURRENT COLLECTION SYSTEMS – PANTOGRAPHS, TESTING METHODS FOR CARBON CONTACT STRIPS

1 Scope

This International Standard gives rules for testing methods for carbon contact strips. The purpose of this standard is to demonstrate that the carbon contact strip construction, by attachment to integral supporting structure (carrier) but excluding bolted assembly, is fit for purpose. Not all tests may be relevant to some designs.

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.

None.

3 Terms and definitions

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

3.1

carbon contact strip

strip of carbon material, permanently attached to an integral supporting structure (carrier) but excluding bolted assemblies

3.2

shear strength

stress at failure of the adhesion between carbon and the support structure

3.3

autodrop detection sensor

mechanism incorporated in the carbon contact strip to provide the indication for the pantograph automatic dropping device (ADD)

3.4

flow continuity

uninterrupted flow of air or other fluid

3.5

rated current loading

current value defined by the manufacturer that the carbon strip is designed to sustain without degradation under the specified operating conditions

4 Symbols and abbreviations

A designed area of adhesion (mm²)

F_S shear force (N)

R resistance (Ω)

T_s shear strength (N/mm²)

5 Tests

5.1 General

There are two categories of tests:

- type tests,
- routine tests.

The above tests are described in 5.1.1 to 5.1.2.

Supplementary tests may be required if they have been specified in the customer specification and after agreement with the supplier.

Annex A summarises the tests which shall be performed.

5.1.1 Type tests

Type tests shall be performed on a single piece of product of a given design.

Equipment in current manufacture shall be considered to have satisfied the type tests; if the manufacturer can provide certified reports of type tests already conducted on identical components, the type tests shall be considered to be complied with.

5.1.2 Routine tests

Routine tests shall be carried out to verify that the properties of a product correspond to those measured during the type test. Routine tests shall be performed by the supplier on each equipment.

5.2 Test procedures

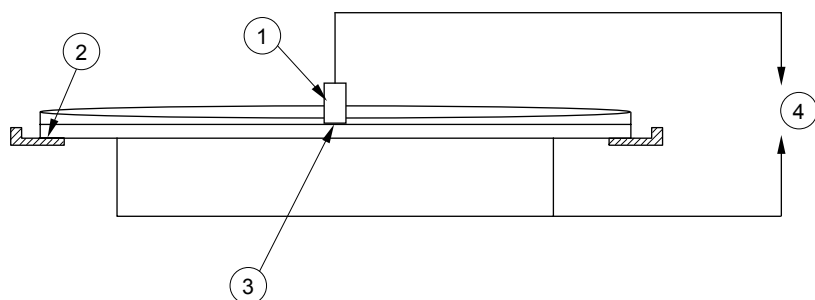
5.2.1 Tests for the temperature characteristic of the carbon contact strip under rated current loading

5.2.1.1 General

The test aims to determine the temperature characteristic to stability of the carbon contact strip at the maximum designed current loading.

5.2.1.2 Test method

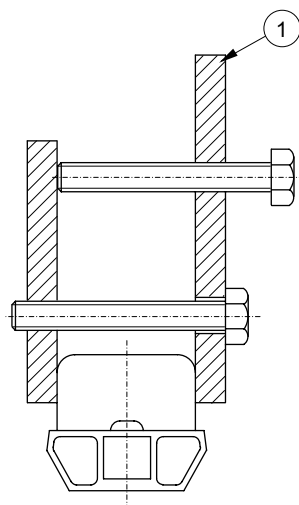
The carbon contact strip shall be fixed at one end and freely supported at the other end (see Figure 1). The current supply connection shall be made by clamping suitable interfaces to the vertical faces of the carbon, but not in contact with the carrier material (see Figure 2). The current take off shall be made at the normal design interface(s) between the carrier and the pantograph.



IEC 2191/08

Key

- 1 parallel clamp (steel)
- 2 carbon contact strip fixed end
- 3 temperature sensor 2 mm above carbon carrier interface
- 4 power supply

Figure 1 – Arrangement of test device for testing temperature characteristic

IEC 2192/08

Key

- 1 current supply connection (steel, copper)

Figure 2 – Example of current supply connection

The temperature shall be monitored adjacent to the current supply connection at a point 2 mm above the carbon / carrier interface. The maximum rated current loading shall be applied to the carbon contact strip until the monitored temperature remains constant and then for a further 30 min. The temperature shall be continuously recorded during the test as a temperature – time characteristic.

Test acceptance criteria: The carbon contact strip shall remain fit for purpose. The contact strip shall remain in accordance with drawing at room temperature.

5.2.2 Test for deflection and extension of the carbon contact strip under extremes of temperature

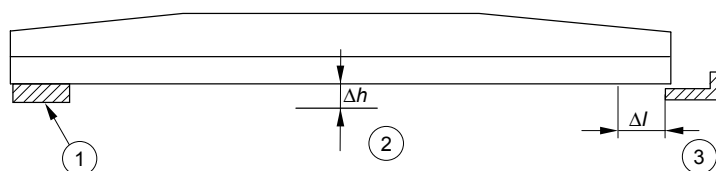
5.2.2.1 General

The test aims to determine the vertical displacement and change in length of the carbon contact strip under extremes of temperature.

5.2.2.2 Test method

5.2.2.2.1 High temperature test

This test may be carried out concurrently with the test described in 5.2.1. Under the steady state heated conditions of 5.2.1.2, the change of length of the carrier (Δl) and vertical displacement of the strip (Δh) from the room temperature condition shall be recorded by means of an automatic data recorder (see Figure 3).



IEC 2193/08

Key

- 1 carbon contact strip fixed
- 2 vertical displacement
- 3 change of length

Figure 3 – High temperature test

5.2.2.2.2 Low temperature test

The contact strip shall be cooled by a suitable method until the temperature of the strip is $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. The contraction and vertical displacement from the room temperature condition shall be recorded by means of an automatic data recorder.

Test acceptance criteria: The carbon contact strip shall remain fit for purpose. The contact strip shall remain in accordance with drawing at room temperature.

5.2.3 Test for flexural characteristic of the carbon contact strip

5.2.3.1 General

The test aims to determine the flexural characteristic of the carbon contact strip at room temperature.

5.2.3.2 Test method

The flexural characteristic is determined by three point bending of the complete contact strip when supported at each end of the strip along the longitudinal centreline of the contact strip and loaded vertically at the centre. The force shall be gradually applied until permanent deformation is recorded on a force-deflection chart. The effective stiffness shall be determined from the results of the test and the applied force at which permanent deformation is recorded.

5.2.4 Test for shear strength of the contact strip

5.2.4.1 General

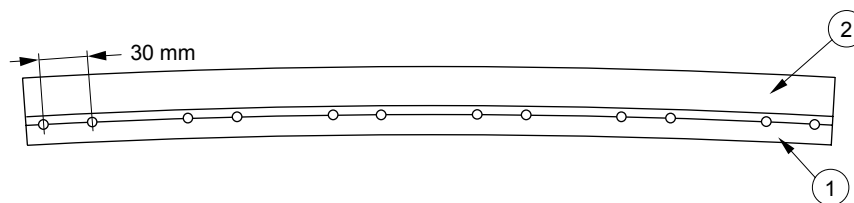
Definition of shear strength: $T_s = F_s / A$ (N/mm²)

This test shall demonstrate that the adhesion between carbon and supporting structure meets the minimum shear strength criteria at room temperature, at specified temperatures (criteria specified by the manufacturer) and thermal fatigue. The shear strength at failure of the specimen at room temperature shall exceed a minimum acceptable value or result in failure of the parent carbon material alone.

5.2.4.2 Test method

5.2.4.2.1 Test at room temperature

Samples of the contact strip material shall be prepared in accordance with Figure 4:



IEC 2194/08

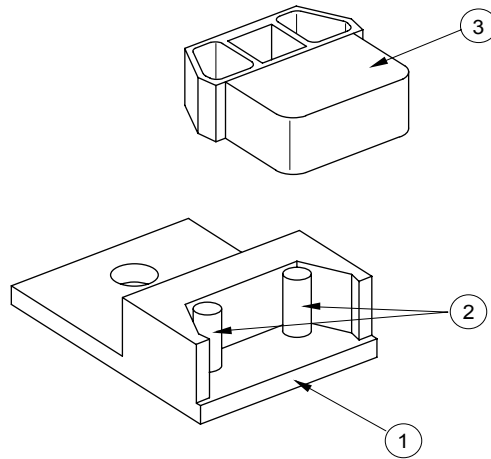
Key

- 1 carrier
- 2 carbon

Figure 4 – Preparation of samples

A minimum of 3 samples shall be prepared from a production contact strip and shall include each end of the contact strip and the centre. Each sample shall be prepared to a preferable length of 30 mm. Each sample shall be installed in a suitable fixture (see Figure 5) in order that the applied shear force F_s is guided directly into the interface defined as area of adhesion A between carrier and carbon (see Figure 6). The force of failure of the sample shall be recorded. The shear strength shall be determined by calculation of T_s .

Test acceptance criterion: The minimum calculated shear strength shall be 5 N/mm².

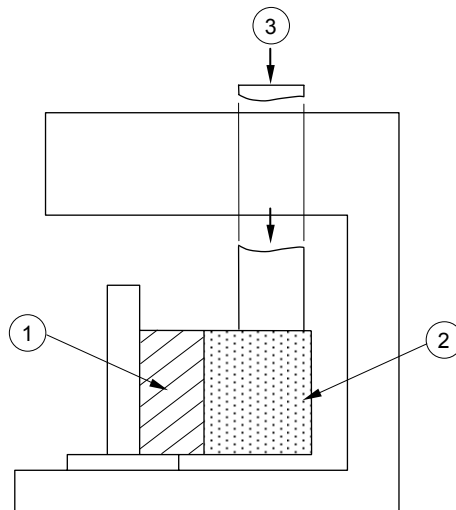


IEC 2195/08

Key

- 1 sledge
- 2 metal pins
- 3 test specimen

Figure 5 – Example of suitable fixture for testing shear strength of carbon contact strip



IEC 2196/08

Key

- 1 carrier
- 2 carbon
- 3 force

Figure 6 – Example of testing configuration of shear strength test

5.2.4.2.2 Test at specified temperature

Test specimens shall be prepared in accordance with 5.2.4.2.1. Specimens shall be cooled / heated to $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the steady state temperature recorded in test 5.2.1 whether it is greater or lower than $250\text{ }^{\circ}\text{C}$. The temperature shall be measured at the retention interface of the carbon and supporting structure. It shall be verified that the temperature of the monitoring point is representative of temperature at the interface and maintained during the test. The force of failure of each sample shall be recorded. The characteristics of T_s with temperature shall be provided.

5.2.4.2.3 Thermal fatigue test

The contact strip used in 5.2.1 shall be thermally cycled from room temperature to the maximum temperature achieved in 5.2.1.2 for 100 cycles. The electrical resistance shall be measured before and after the test (see 5.2.7). The shear strength of the contact strip shall be measured at the conclusion of the test by taking samples from the heated region.

Test acceptance criteria: It shall be demonstrated that the electrical resistance and method of attachment of carbon to the carrier have not deteriorated during the test.

5.2.5 Test of autodrop detection sensor integral with contact strips

5.2.5.1 General

The following tests shall demonstrate the sealing integrity of the contact strips, the flow continuity of the detection sensor and the operation of the detection sensor.

NOTE The tests are applicable only to contact strips that are equipped with a channel at the base of the carbon as a sensing device.

5.2.5.2 Test method

5.2.5.2.1 Sealing integrity

The carbon contact strip autodrop detection sensor shall be inflated for a minimum of 10 s at maximum operating pressure of the automatic dropping device (ADD). The maximum operating pressure shall be specified by the manufacturer and be agreed by the customer; a pressure of 10 bar is suggested. The air leakage rate shall be measured and demonstrated at room temperature. Maximum operating pressure shall be applied to the contact strip and the leakage rate shall be measured using a flow meter. Alternative methods of measurement are acceptable where it can be demonstrated that they equate to the above leakage rate at maximum operating pressure.

Test acceptance criterion: The leakage rate shall not exceed 0,1 l/min.

5.2.5.2.2 Temperature test

The carbon contact strip, tested under 5.2.2, where fitted with an autodrop detection sensor, shall be inflated during the test described in 5.2.2 to the maximum operating pressure of the automatic dropping device as specified by the manufacturer and be agreed by the customer (a pressure of 10 bar is suggested) and the sealing integrity during this test shall be continuously monitored.

Test acceptance criterion: The leakage rate shall not exceed 0,1 l/min.

5.2.5.2.3 Flow continuity

A flow meter shall be connected between the air supply and the contact strip. The supply shall be inflated to a minimum operating pressure of the autodrop system as specified by the manufacturer and be agreed by the customer (a pressure of 5 bar is suggested) and the blanking plug sealing the autodrop sensing system shall be removed.

Test acceptance criterion: The flow rate shall be recorded and shall exceed the minimum ADD requirement.

NOTE See also 4.9 of IEC 60494-1.

5.2.5.2.4 Impact function of the autodrop detection sensor

5.2.5.2.4.1 General

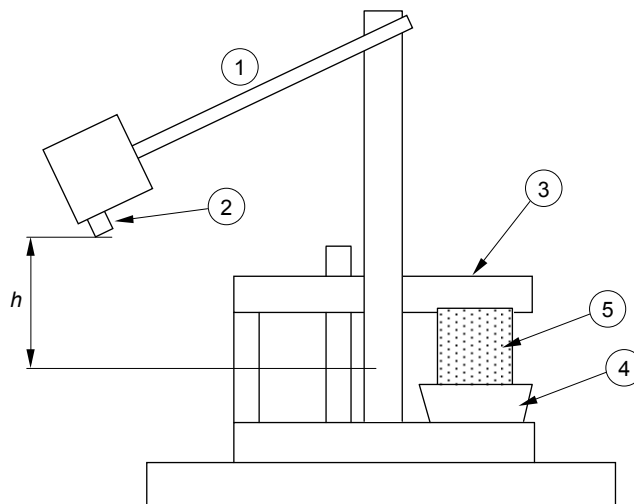
The test shall demonstrate the operation of the autodrop detection sensor by impacting the contact strip and causing a severe failure of the carbon material.

5.2.5.2.4.2 Test method

The carbon contact strip shall be supported at the interface between the pantograph and carbon carrier at a height to allow the striking point of the pin to be in line with the maximum wear line of the collector at mid span of the collector strip (example Figure 7). An air supply and monitoring equipment shall be connected and the system shall be inflated to the minimum operating pressure (Figure 8). The mass shall be retracted to a height *h* to provide sufficient energy to cause a successful operation of the autodrop detection sensor with one strike, or to an energy level as defined in the customer specification. In addition also a linear impact method producing the equivalent energy level defined by the customer is permissible. The energy shall be derived from the following formula:

$$\text{Energy (Joules)} = \text{Mass } m \text{ (kg)} \times \text{gravity } g \times \text{height } h \text{ (m)}$$

Test acceptance criteria: Successful autodrop operation shall be demonstrated and the energy level recorded.

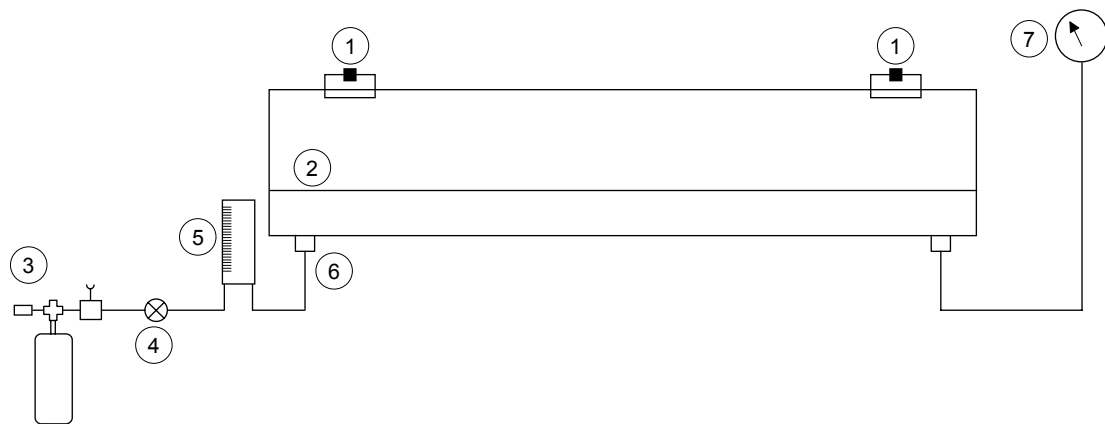


IEC 2197/08

Key

- 1 typical length of pendulum 1 m
- 2 typical striking pin contact diameter 13 mm
- 3 clamp
- 4 carrier
- 5 carbon

Figure 7 – Typical impact test device



IEC 2198/08

Key

- 1 clamps at normal working position
- 2 carbon
- 3 air supply
- 4 on/off valve
- 5 flow meter
- 6 pneumatic tube with appropriate length and size
- 7 pressure gauge

Figure 8 – Air supply and monitoring equipment**5.2.6 Test of mechanical fatigue resistance of the carbon contact strip****5.2.6.1 General**

This test shall demonstrate that the structural integrity of the assembly will not deteriorate in service.

5.2.6.2 Test method

The carbon contact strip shall be supported at the interface between the pantograph and the carbon carrier. A sinusoidal varying load including a random frequency sweep shall be applied vertically downward on the carbon at the mid point or the maximum distance from the mechanical support of the contact strip. The carbon contact strip shall be subjected to $1,2 \times 10^6$ cycles at a minimum frequency of 0,5 Hz, with a vertically applied load equivalent to twice the static contact force applied by the pantograph to a single contact strip. The maximum load generated shall be greater than 150 N and the vertical displacement shall be at least 4 mm. A minimum of 10 million cycles shall be completed and shall include random frequency sweep.

Test acceptance criterion: No structural deterioration of the contact strip shall be observed.

5.2.7 Test of the electrical resistance of the contact strip**5.2.7.1 General**

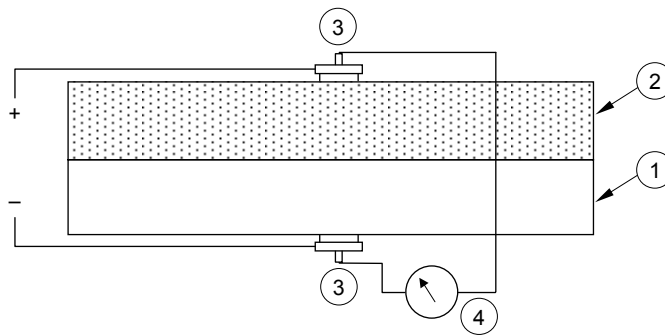
This test shall demonstrate the electrical conductivity (or resistance) from the carbon surface to the supporting structure and can be used to demonstrate consistent manufacture.

5.2.7.2 Test method

The resistance shall be measured by using a tool which incorporates contact points for the transmission of current and monitoring of voltage drop (see Figure 9). The tool shall be applied with repeatable force to test locations at a maximum distance of 10 cm along the length of the contact strip.

At each application a constant DC current of minimum 1 A shall be applied and the mV-drop at the location of current application shall be recorded (see Figure 10).

Test acceptance criterion: Resistances shall be within the manufacturer's declared resistance limits for the carbon contact strip.

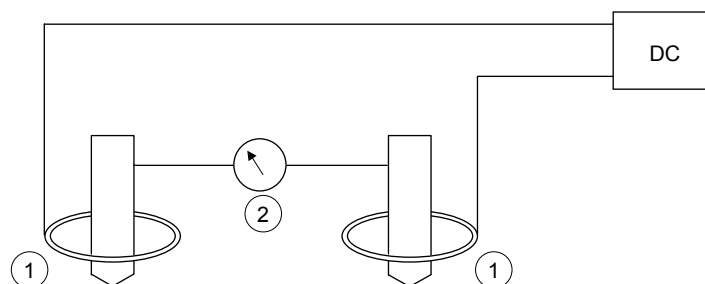


IEC 2199/08

Key

- 1 carrier
- 2 carbon
- 3 contact points for the transmission of current
- 4 mV meter

Figure 9 – Test of electrical transfer resistance from the carbon contact surface to the supporting structure



IEC 2200/08

Key

- 1 contact points for the transmission of current
- 2 mV meter

Figure 10 – Connection scheme for test of electrical resistance

Annex A
(normative)

List of tests

Table A.1 – Catalogue of tests

Clause		Routine test	Type test
5.2.1	Tests for the temperature characteristic of the carbon contact strip under rated current loading		X
5.2.2	Test for deflection and extension of the carbon contact strip under extremes of temperature		X
5.2.3	Test for flexural characteristic of the carbon contact strip		X
5.2.4	Test for shear strength of the carbon contact strip		X
5.2.5.2.1	Sealing integrity	X	X
5.2.5.2.2	Temperature test		X
5.2.5.2.3	Flow continuity	X	X
5.2.5.2.4	Impact function of the autodrop detection sensor		X
5.2.6	Test of mechanical fatigue resistance of the carbon contact strip		X
5.2.7	Test of the electrical resistance of the carbon contact strip	X	X

Annex B (informative)

Parameters to be specified by the customer

	Subclause
– Replacement of routine tests with sampling tests may be agreed	5.1.2
– Customer to define the maximum operating pressure of the automatic dropping device (ADD) in service	5.2.5.2.1
– Customer to define the maximum operating pressure of the automatic dropping device (ADD) in service	5.2.5.2.2
– Customer to define the minimum operating pressure of the automatic dropping device (ADD) in service	5.2.5.2.4.2
– Any supplementary tests by prior agreement between customer and supplier	5.2.5.2.1

Bibliography

IEC 60413, *Test procedures for determining physical properties of brush materials for electrical machines*

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

IEC 60494-2, *Railway applications – Rolling stock – Pantographs: Characteristics and tests – Part 2 : Pantographs for metros and light rail vehicles*

IEC 62486 (to be published), *Railway applications – Current collection systems – Technical criteria for the interaction between pantograph and overhead line (to achieve free access)*

ISO 9001, *Quality management systems – Requirements*

.....

.....

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	21
1 Domaine d'application	23
2 Références normatives.....	23
3 Termes et définitions	23
4 Symboles et abréviations.....	23
5 Essais	24
5.1 Généralités.....	24
5.1.1 Essais de type	24
5.1.2 Essais de série	24
5.2 Procédures d'essai.....	24
5.2.1 Essais de caractérisation en température de la bande de frottement en carbone sous charge de courant assigné	24
5.2.2 Essai de déflexion et d'extension de la bande de frottement en carbone dans des conditions de températures extrêmes.....	26
5.2.3 Essai sur la caractéristique de flexibilité de la bande de frottement en carbone	27
5.2.4 Essai de résistance au cisaillement de la bande de frottement	27
5.2.5 Essai sur le dispositif de détection d'avaries, intégré aux bandes de frottement.....	29
5.2.6 Essai de résistance à la fatigue mécanique de la bande de frottement	32
5.2.7 Essai de résistance électrique de la bande de frottement	33
Annexe A (normative) Liste des essais	35
Annexe B (informative) Paramètres à spécifier par le client	36
Bibliographie.....	37
Figure 1 – Disposition de l'appareil d'essai pour les essais de température	25
Figure 2 – Exemple de connexion d'alimentation en courant	25
Figure 3 – Essai à haute température	26
Figure 4 – Préparation d'échantillons	27
Figure 5 – Exemple de fixation adéquate pour essai de résistance au cisaillement de la bande de frottement en carbone	28
Figure 6 – Exemple de configuration d'essai de résistance au cisaillement	28
Figure 7 – Montage typique pour l'essai d'impact.....	31
Figure 8 – Alimentation d'air et système de contrôle	32
Figure 9 – Essai de résistance électrique entre la face supérieure du carbone et la base de l'étrier support	33
Figure 10 – Schéma de connexion pour essai de résistance électrique	34
Tableau A.1 – Catalogue des essais	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

APPLICATIONS FERROVIAIRES – SYSTÈMES DE CAPTAGE DU COURANT – MÉTHODES D'ESSAIS DES BANDES DE FROTTEMENT EN CARBONE DES PANTOGRAPHES

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62499 a été établie par le comité d'études 9 de la CEI: Matériels et systèmes électriques ferroviaires. Elle est basée sur l'EN 50405:2006.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/1190/FDIS	9/1218/RVD

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

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

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

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – SYSTÈMES DE CAPTAGE DU COURANT – MÉTHODES D'ESSAIS DES BANDES DE FROTTEMENT EN CARBONE DES PANTOGRAPHES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale donne les règles à suivre pour les méthodes d'essai pour les bandes de frottement en carbone. Le but de cette norme est de démontrer que l'emploi de bandes en carbone, attachées de façon permanente à une structure autoporteuse (étrier) à l'exclusion des ensembles boulonnés, est adapté à l'usage. Des essais peuvent ne pas être applicables à certains appareils.

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.

Aucune.

3 Termes et définitions

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

3.1

bande de frottement en carbone

bande en carbone attachée de façon permanente à une structure autoporteuse (étrier) à l'exclusion des ensembles boulonnés

3.2

force de cisaillement

résistance à la rupture de l'adhésion entre le carbone et l'étrier support

3.3

capteur de détection de descente automatique

mécanisme incorporé à la bande de frottement en carbone qui donne l'information au dispositif de détection d'avaries (DDA)

3.4

continuité du flux

courant ininterrompu d'air ou de tout autre fluide

3.5

courant de charge assignée

valeur de courant définie par le fabricant que la bande de frottement en carbone est conçue pour supporter sans se dégrader dans les conditions spécifiées de fonctionnement

4 Symboles et abréviations

A surface conçue pour assurer l'adhésion (mm²)

- F_S force de cisaillement (N)
 R résistance (Ω)
 T_S résistance au cisaillement (N / mm²)

5 Essais

5.1 Généralités

Il existe deux catégories d'essais:

- essais de type,
- essais de série.

Les essais nommés ci-dessus sont décrits en 5.1.1 et 5.1.2.

Des essais complémentaires peuvent être prescrits s'ils ont été spécifiés dans les spécifications du client et après accord avec le fournisseur.

L'Annexe A résume les essais qui doivent être réalisés.

5.1.1 Essais de type

Les essais de type doivent être exécutés sur un seul exemplaire d'un appareil de conception donnée.

L'équipement actuellement en fabrication doit être considéré avoir satisfait aux essais de type; si le fournisseur peut fournir des rapports authentifiés d'essais de type déjà réalisés sur des composants identiques, on considérera que les essais de type sont concluants.

5.1.2 Essais de série

Les essais de série doivent être exécutés pour vérifier que les caractéristiques d'un produit correspondent à celles mesurées durant l'essai de type. Les essais de série doivent être exécutés par le fournisseur sur chaque équipement.

5.2 Procédures d'essai

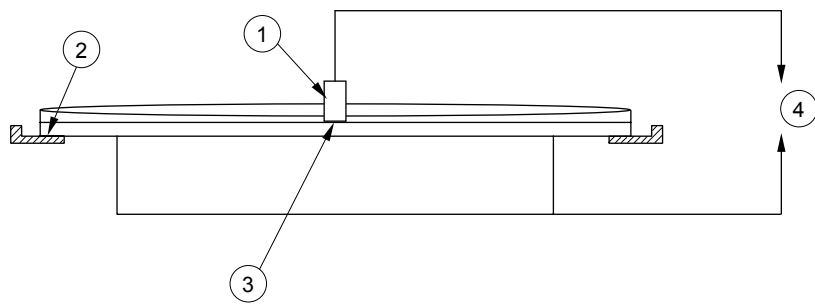
5.2.1 Essais de caractérisation en température de la bande de frottement en carbone sous charge de courant assigné

5.2.1.1 Généralités

Le but des essais est de caractériser en température, jusqu'à la stabilisation, la bande de frottement en carbone sous la charge de courant maximale spécifiée.

5.2.1.2 Méthode d'essai

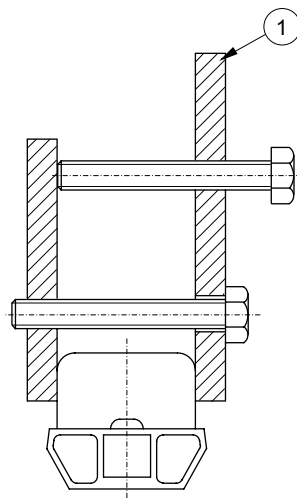
La bande de frottement en carbone doit être fixée à un bout et librement soutenue à l'autre bout (voir Figure 1). L'alimentation en courant doit être faite par des interfaces bridées sur les faces verticales du carbone, sans être en contact avec le matériau de l'étrier (voir Figure 2). Le retour du courant doit s'effectuer par les interfaces conçues à cet effet entre l'étrier et le pantographe.



IEC 2191/08

Légende

- 1 clip parallèle (acier)
- 2 extrémité de la bande de frottement fixe
- 3 capteur de température 2 mm au-dessus de l'interface de support du carbone
- 4 alimentation

Figure 1 – Disposition de l'appareil d'essai pour les essais de température

IEC 2192/08

Légende

- 1 connexion d'alimentation en courant (acier, cuivre)

Figure 2 – Exemple de connexion d'alimentation en courant

La température doit être contrôlée à côté de la connexion d'alimentation en courant à un point situé 2 mm au-dessus de l'interface carbone/support. La charge de courant assigné maximum doit être appliquée à la bande de frottement en carbone jusqu'à ce que la température contrôlée reste constante et cela pendant 30 min d'affilée. La température doit être enregistrée de façon continue pendant l'essai comme une caractéristique température-temps.

Critère d'acceptation de l'essai: La bande de frottement en carbone doit rester adaptée à l'usage. La bande de frottement en carbone doit rester conforme au dessin à température ambiante.

5.2.2 Essai de déflexion et d'extension de la bande de frottement en carbone dans des conditions de températures extrêmes

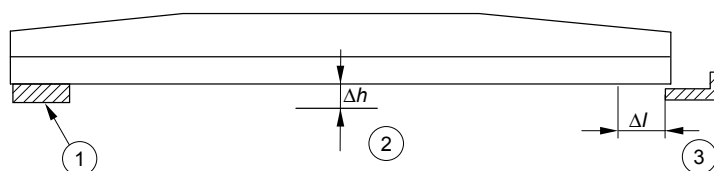
5.2.2.1 Généralités

Le but de l'essai est de déterminer la déflexion dans le sens vertical et la variation de longueur de la bande de frottement en carbone dans des conditions de températures extrêmes.

5.2.2.2 Méthode d'essai

5.2.2.2.1 Essai à haute température

Cet essai peut être conduit simultanément avec l'essai décrit en 5.2.1. Dans les conditions de chaleur constante décrites en 5.2.1.2, la variation de longueur du porteur (Δl) et le déplacement vertical de la bande (Δh) à partir des conditions de température ambiante doivent être enregistrés avec un appareil d'enregistrement de données automatique (voir Figure 3).



IEC 2193/08

Légende

- 1 bande de contact en carbone fixe
- 2 déplacement vertical
- 3 variation de longueur

Figure 3 – Essai à haute température

5.2.2.2.2 Essai à basse température

La bande de contact doit être refroidie par une méthode adéquate jusqu'à ce que la bande atteigne une température de -40 °C . La contraction et le déplacement vertical à partir des conditions de température ambiante doivent être enregistrés avec un appareil d'enregistrement de données automatique.

Critère d'acceptation de l'essai: La bande de frottement en carbone doit rester adaptée à l'usage. La bande de frottement doit rester conforme au dessin à température ambiante.

5.2.3 Essai sur la caractéristique de flexibilité de la bande de frottement en carbone

5.2.3.1 Généralités

Le but de l'essai est de déterminer les caractéristiques de courbure de la bande de frottement en carbone à température ambiante.

5.2.3.2 Méthode d'essai

La caractéristique de flexibilité est déterminée à partir de la courbure en trois points de la bande de frottement complète quand elle est supportée, à chaque extrémité, de la bande le long d'une ligne médiane longitudinale et chargée verticalement en son centre. La force sera appliquée graduellement jusqu'à l'enregistrement d'une déformation permanente sur un diagramme de déflexion de force. La rigidité effective doit être définie à partir des résultats des essais et la force appliquée pour laquelle une déformation permanente est obtenue et enregistrée.

5.2.4 Essai de résistance au cisaillement de la bande de frottement

5.2.4.1 Généralités

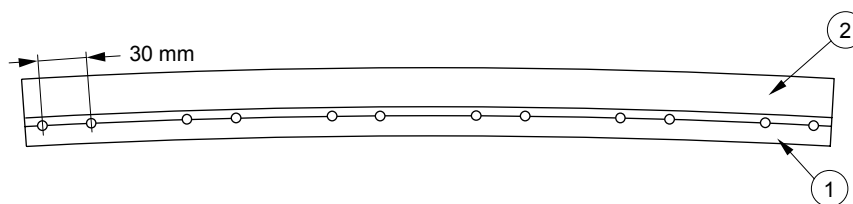
Définition de la résistance au cisaillement: $T_s = F_s / A$ (N / mm^2)

Cet essai doit démontrer que l'adhésion entre le carbone et la structure de support répond à un critère minimum de force de cisaillement à température ambiante, à des températures spécifiées (critères spécifiés par le fabricant) et à la fatigue thermique. La résistance à la rupture de l'échantillon à température ambiante doit excéder une valeur minimale acceptable ou résulter de la rupture du seul carbone.

5.2.4.2 Méthode d'essai

5.2.4.2.1 Essai à température ambiante

Des échantillons de bande de frottement doivent être préparés selon la Figure 4:



IEC 2194/08

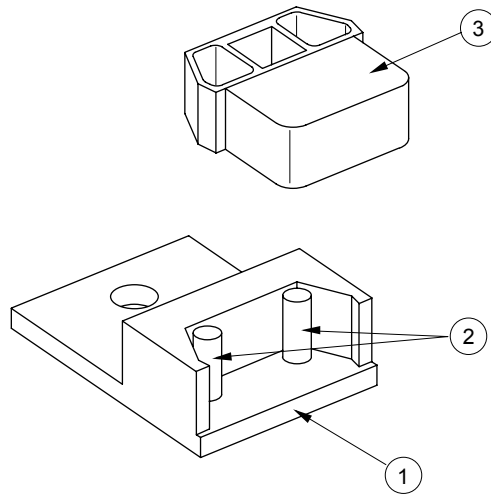
Légende

- 1 support
- 2 bande de carbone

Figure 4 – Préparation d'échantillons

Un minimum de 3 échantillons doit être préparé à partir d'une bande de frottement en production et doit comprendre chaque bout de la bande de frottement et son centre. Chaque échantillon doit avoir de préférence une longueur de 30 mm. Chaque échantillon doit être fixé de manière convenable (voir Figure 5) de façon à ce que la force de cisaillement F_s soit appliquée directement à l'interface définie comme la surface d'adhésion A entre l'étrier support et le carbone (voir Figure 6). La force de rupture doit être enregistrée. La résistance au cisaillement doit être déterminée par le calcul de T_s .

Critère d'acceptation de l'essai: La pression de cisaillement minimale doit être de $5 N/mm^2$.

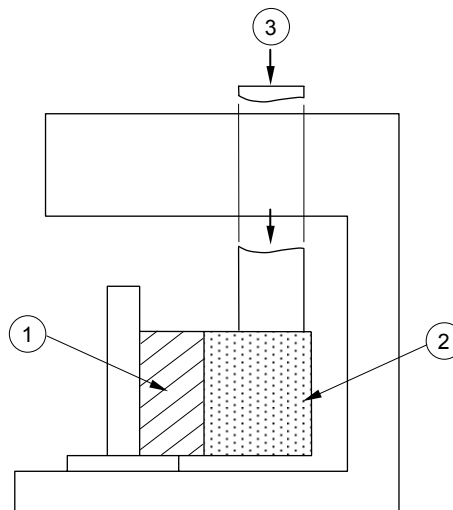


IEC 2195/08

Légende

- 1 outillage
- 2 broches en métal
- 3 echantillon d'essai

Figure 5 – Exemple de fixation adéquate pour essai de résistance au cisaillement de la bande de frottement en carbone



IEC 2196/08

Légende

- 1 support
- 2 bande en carbone
- 3 force

Figure 6 – Exemple de configuration d'essai de résistance au cisaillement

5.2.4.2.2 Essai à température spécifiée

Des échantillons d'essai doivent être préparés selon 5.2.4.2.1. Les échantillons doivent être refroidis / réchauffés à -40 °C , 100 °C , 200 °C , 250 °C et à la température constante enregistrée dans l'essai de 5.2.1 que celle-ci soit supérieure ou inférieure à 250 °C . La température doit être mesurée à l'interface de rétention entre le carbone et la structure porteuse. On doit vérifier que la température du point de contrôle est représentative de la température à l'interface et qu'elle est maintenue pendant l'essai. Le point de rupture de chaque échantillon doit être enregistré. Les caractéristiques de T_s en fonction de la température doivent être fournies.

5.2.4.2.3 Essai de fatigue thermique

La bande de frottement utilisée en 5.2.1 doit être soumise à 100 cycles l'amenant de la température ambiante à la température finale maximale indiquée en 5.2.1.2. La résistance électrique doit être mesurée avant et après l'essai (voir 5.2.7). La résistance au cisaillement de la bande de frottement doit être mesurée à la fin de l'essai en prélevant des échantillons à l'endroit chauffé.

Critère d'acceptation de l'essai: Il doit être démontré que la résistance électrique et la méthode de fixation du carbone au support ne se sont pas détériorées pendant l'essai.

5.2.5 Essai sur le dispositif de détection d'avaries, intégré aux bandes de frottement

5.2.5.1 Généralités

Les essais suivants doivent démontrer l'étanchéité des bandes de frottement, la continuité du flux du détecteur et le fonctionnement du détecteur.

NOTE Les essais ne sont applicables qu'aux bandes de frottement qui sont équipées d'un conduit à la base du carbone comme dispositif de détection.

5.2.5.2 Méthode d'essai

5.2.5.2.1 Etanchéité

Le circuit du dispositif de détection d'avaries doit être mis sous pression pendant un minimum de 10 s à la pression maximale de fonctionnement du système de descente automatique (DDA). La pression de fonctionnement maximale doit être spécifiée par le fabricant et être approuvée par le client; on suggère une pression de 10 bar. Le taux de fuite d'air doit être mesuré et démontré à température ambiante. La pression de fonctionnement maximale doit être appliquée à la bande de frottement et le taux de fuite doit être mesuré avec un débitmètre. Des méthodes de mesure alternatives sont acceptables si on peut démontrer qu'elles conduisent au même taux de fuite à la pression de fonctionnement maximale.

Critère d'acceptation de l'essai: Le taux de fuite ne doit pas dépasser 0,1 l/min.

5.2.5.2.2 Essai de température

La bande de frottement en carbone soumise aux essais selon 5.2.2, équipée d'un dispositif de détection d'avaries doit être soumise, pendant l'essai décrit au 5.2.2, à la pression maximale de fonctionnement du système de descente automatique telle que spécifiée par le fabricant et acceptée par le client (on suggère une pression de 10 bar) et l'intégrité de fixation durant cet essai doit être contrôlée de façon continue.

Critère d'acceptation de l'essai: Le taux de fuite ne doit pas dépasser 0,1 l/min.

5.2.5.2.3 Continuité de flux

Un débitmètre doit être connecté entre l'alimentation d'air et la bande de frottement. L'alimentation doit atteindre une pression de fonctionnement minimale du dispositif de

détection d'avaries du système de descente automatique telle que spécifiée par le fabricant et acceptée par le client (on suggère une pression de 5 bar) et le bouchon scellant le circuit de détection doit être enlevé.

Critère d'acceptation de l'essai: Le taux de flux doit être enregistré et doit dépasser le minimum exigé par le capteur de détection de descente automatique.

NOTE Voir aussi 4.9 de la CEI 60494-1.

5.2.5.2.4 Fonction d'impact du dispositif de détection d'avaries

5.2.5.2.4.1 Généralités

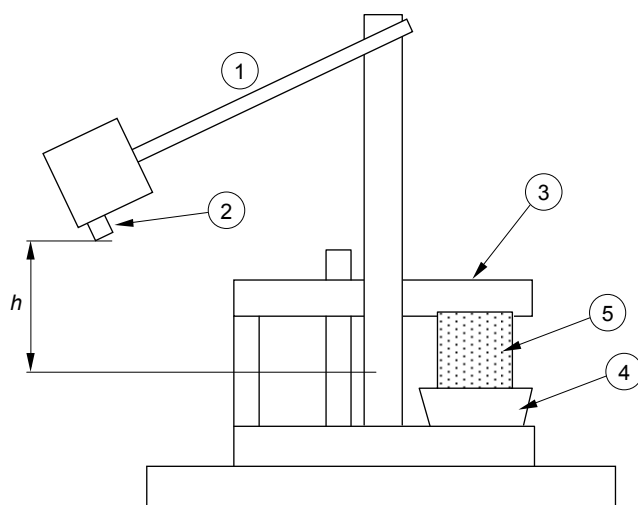
L'essai doit montrer le fonctionnement du dispositif de détection d'avaries suite à un impact sur la bande de frottement causant un endommagement sévère du carbone.

5.2.5.2.4.2 Méthode d'essai

La bande de frottement doit être tenue par ses points d'interface avec le pantographe, à une hauteur permettant à l'élément percuteur de l'appareil d'être aligné avec la ligne de limite d'usure de la bande et au centre de celle-ci (voir Figure 7). Une alimentation en air et un appareil de contrôle doivent être connectés et le système doit être monté à une pression minimale de fonctionnement (voir Figure 8). La masse doit être rétractée à une hauteur h pour fournir une énergie suffisante au déclenchement du capteur de détection de chute automatique avec un seul impact, ou à un niveau d'énergie défini dans les spécifications du client. De plus, une méthode d'impact linéaire produisant un niveau d'énergie équivalent définie par le client est autorisée. L'énergie sera déduite de la formule suivante:

$$\text{Energie (Joules)} = \text{Masse } m \text{ (kg)} \times \text{gravité } g \times \text{hauteur } h \text{ (m)}$$

Critère d'acceptation de l'essai: Le bon fonctionnement du dispositif de détection d'avaries doit être démontré et le niveau d'énergie enregistré.

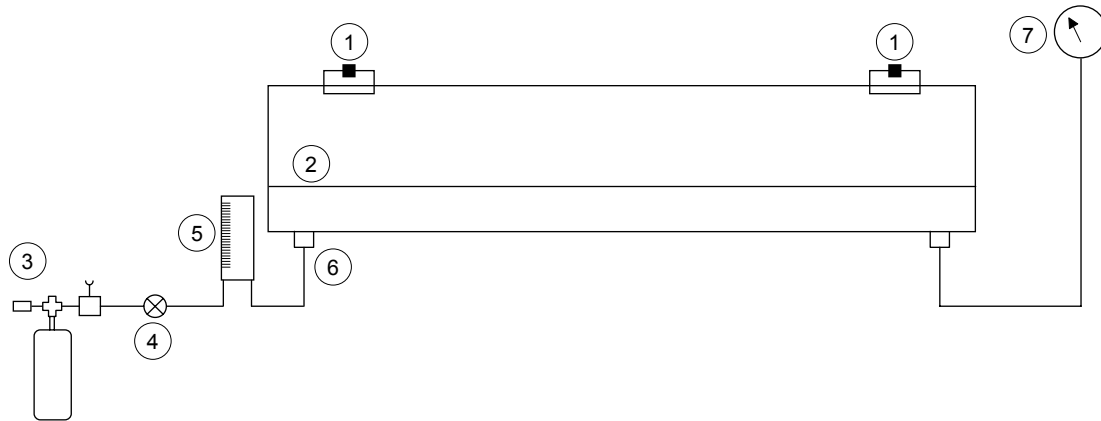


IEC 2197/08

Légende

- 1 longueur type du balancier 1 m
- 2 percuteur type diamètre du contact 13 mm
- 3 clip
- 4 support
- 5 carbone

Figure 7 – Montage typique pour l'essai d'impact



IEC 2198/08

Légende

- 1 clips en position normale de fonctionnement
- 2 carbone
- 3 alimentation en air
- 4 valve on/off
- 5 débitmètre
- 6 tube pneumatique de longueur et de taille appropriées
- 7 manomètre

Figure 8 – Alimentation d’air et système de contrôle

5.2.6 Essai de résistance à la fatigue mécanique de la bande de frottement

5.2.6.1 Généralités

Cet essai doit démontrer que l'intégrité de la structure de l'assemblage en opération ne sera pas détériorée en service.

5.2.6.2 Méthode d'essai

La bande de frottement doit être installée grâce à ses points de fixation avec le pantographe et le support de carbone. Une charge sinusoïdale variable incluant un balayage de fréquence aléatoire doit être appliquée verticalement de haut en bas sur le carbone au point médian ou à la distance maximale du support mécanique de la bande de frottement. La bande de frottement en carbone doit être soumise à $1,2 \times 10^6$ cycles à une fréquence minimale de 0,5 Hz, avec une charge appliquée verticalement équivalente à deux fois la force de contact statique appliquée par le pantographe à une seule bande de contact. La charge maximale générée doit être supérieure à 150 N et le déplacement vertical doit être d'au moins 4 mm. Un minimum de 10 millions de cycles doit être effectué et doit inclure un balayage de fréquence aléatoire.

Critère d'acceptation de l'essai: On ne doit observer aucune détérioration structurelle des bandes de contact.

5.2.7 Essai de résistance électrique de la bande de frottement

5.2.7.1 Généralités

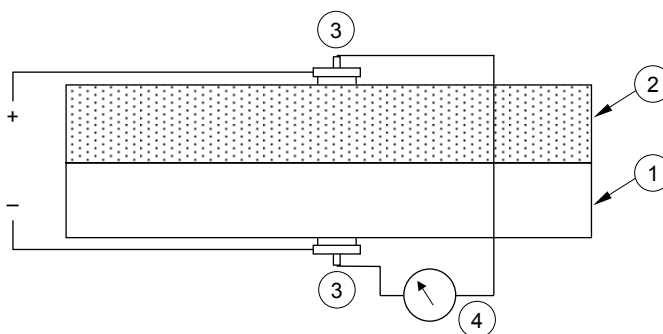
Cet essai doit démontrer la conductivité électrique (ou la résistance) entre la surface en carbone et l'étrier support et pouvoir être utilisé pour démontrer une fabrication homogène.

5.2.7.2 Méthode d'essai

La résistance doit être mesurée à l'aide d'un outil qui comporte des points de contact pour la transmission du courant et qui contrôle les chutes de tension (voir Figure 9). L'outil doit être utilisé avec une force présentant une bonne répétabilité pour des essais situés tous les 10 cm au maximum le long de la bande de frottement.

A chaque application un courant continu de 1 A minimum doit être appliqué et la chute de tension en mV au point d'application du courant doit être enregistrée (voir Figure 10).

Critère d'acceptation de l'essai: Les résistances doivent être comprises dans les limites de résistance déclarées par le fabricant pour la bande de frottement en carbone.

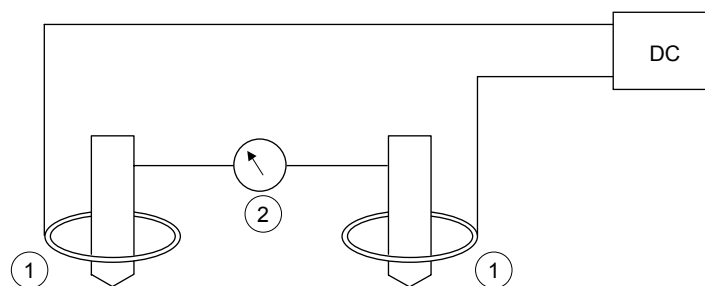


IEC 2199/08

Légende

- 1 support
- 2 carbone
- 3 points de contact pour la transmission du courant
- 4 mV-mètre

Figure 9 – Essai de résistance électrique entre la face supérieure du carbone et la base de l'étrier support



IEC 2200/08

Légende

- 1 points de contact pour la transmission du courant
- 2 mV-mètre

Figure 10 – Schéma de connexion pour essai de résistance électrique

Annexe A (normative)

Liste des essais

Tableau A.1 – Catalogue des essais

Article		Essai de série	Essai de type
5.2.1	Essais de caractérisation en température de la bande de frottement en carbone sous charge de courant assigné		X
5.2.2	Essai de déflexion et d'extension de la bande de frottement en carbone dans des conditions de températures extrêmes		X
5.2.3	Essai sur la caractéristique de flexibilité de la bande de frottement en carbone		X
5.2.4	Essai de résistance au cisaillement de la bande de frottement		X
5.2.5.2.1	Etanchéité	X	X
5.2.5.2.2	Essai de température		X
5.2.5.2.3	Continuité de flux	X	X
5.2.5.2.4	Fonction d'impact du dispositif de détection d'avaries		X
5.2.6	Essai de résistance à la fatigue mécanique de la bande de frottement		X
5.2.7	Essai de résistance électrique de la bande de frottement	X	X

Annexe B
(informative)

Paramètres à spécifier par le client

	Paragraphe
– Le remplacement des essais de série par des essais d'échantillon peut faire l'objet d'un accord	5.1.2
– Le client définit la pression maximale de fonctionnement du capteur de détection de descente automatique (DDA) en service	5.2.5.2.1
– Le client définit la pression maximale de fonctionnement du capteur de détection de descente automatique (DDA) en service	5.2.5.2.2
– Le client définit la pression minimale de fonctionnement du capteur de détection de descente automatique (DDA) en service	5.2.5.2.4.2
– Tout autre essai complémentaire après accord préalable entre le client et le fabricant	5.2.5.2.1

Bibliographie

CEI 60413, *Méthodes d'essai pour la mesure des propriétés physiques des matières de balais pour machines électriques*

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

CEI 60494-2, *Applications ferroviaires – Matériel roulant – Pantographes: Caractéristiques et essais – Partie 2: Pantographes pour métros et véhicules légers*

CEI 62486 (à publier), *Applications ferroviaires – Systèmes de captation du courant – Critères techniques d'interaction entre le pantographe et ligne aérienne de contact (réalisation du libre accès)*

ISO 9001, *Systèmes de management de la qualité – Exigences*

.....

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