

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60631

Première édition
First edition
1978-01

**Caractéristiques et essais des systèmes de
freinage électrodynamiques et électromagnétiques**

**Characteristics and tests of electrodynamic
and electromagnetic braking systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60631: 1978

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60631

Première édition
First edition
1978-01

**Caractéristiques et essais des systèmes de
freinage électrodynamiques et électromagnétiques**

**Characteristics and tests of electrodynamic
and electromagnetic braking systems**

© IEC 1978 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

K

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Généralités	6
1.1 Domaine d'application	6
2. Définitions	6
2.1 Système de freinage	6
2.2 Mode de freinage	8
2.3 Méthodes opératives	8
2.4 Paramètres de freinage	8
3. Caractéristiques pouvant être spécifiées pour les différents systèmes de freinage électrodynamique et électromagnétique	12
4. Essais	12
4.1 Essais en usine	12
4.2 Essais en ligne	16

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. General	7
1.1 Scope	7
2. Definitions	7
2.1 Braking system	7
2.2 Mode of braking	9
2.3 Method of operation	9
2.4 Braking parameters	9
3. Characteristics which may be specified for the different electrodynamic and electromagnetic braking systems	13
4. Tests.	13
4.1 Tests in the factory	13
4.2 Line tests	17

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CARACTÉRISTIQUES ET ESSAIS DES SYSTÈMES DE FREINAGE ÉLECTRODYNAMIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité mixte international du matériel de traction électrique (CMT), à la suite de la décision prise par cet organisme au cours de la réunion tenue à Rome en 1970.

Le projet, élaboré par un Groupe de travail préparatoire constitué par le Comité d'Etudes N° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique, fut discuté lors des réunions tenues à Bucarest en 1974 et à Nice en 1976. A la suite de cette dernière réunion, un projet, document 9(Bureau Central)258/CMT 127, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1977, ainsi qu'à l'Union Internationale des Chemins de Fer.

Ce projet a reçu l'accord explicite des Comités nationaux de la CEI des pays suivants:

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Allemagne	France	Suède
Autriche	Hongrie	Suisse
Belgique	Italie	Turquie
Canada	Japon	Union des Républiques
Egypte	Pays-Bas	Socialistes Soviétiques
Espagne	Pologne	

et de l'Union Internationale des Chemins de Fer.

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

- Publications n°s
- 77: Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.
 - 165: Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.
 - 310: Règles applicables aux transformateurs de traction et aux inductances de traction.
 - 322: Règles concernant les résistances ohmiques insérées dans les circuits de puissance des véhicules moteurs.
 - 349: Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.
 - 490: Règles pour les essais des véhicules ferroviaires équipés de moteurs thermiques et de transmissions électriques, après achèvement et avant mise en service.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CHARACTERISTICS AND TESTS OF ELECTRODYNAMIC
AND ELECTROMAGNETIC BRAKING SYSTEMS**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by the International Mixed Committee on Electric Traction Equipment (CMT) in accordance with the decision taken by that body at its meeting in Rome in 1970.

The draft, which was prepared by a Preparatory Working Group set up by IEC Technical Committee No. 9, Electric Traction Equipment, was discussed at meetings held in Bucharest in 1974 and in Nice in 1976. After the latter meeting, a draft, Document 9(Central Office)258/CMT 127, was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1977, and also submitted to the International Union of Railways.

This draft was explicitly approved by the IEC National Committees of the following countries:

Austria	Italy	Switzerland
Belgium	Japan	Turkey
Canada	Netherlands	Union of Soviet
Egypt	Poland	Socialist Republics
France	South Africa (Republic of)	United Kingdom
Germany	Spain	United States of America
Hungary	Sweden	

and by the International Union of Railways.

Other IEC publications quoted in this standard:

- Publications Nos. 77: Rules for Electric Traction Equipment.
- 165: Rules for the Testing of Electric Rolling Stock on Completion of Construction and before Entry into Service.
- 310: Rules for Traction Transformers and Reactors.
- 322: Rules for Ohmic Resistors Used in the Power Circuits of Electrically Powered Vehicles.
- 349: Rules for Rotating Electrical Machines for Rail and Road Vehicles.
- 490: Rules for Testing of Rail Vehicles Equipped with Thermal Engines and Electric Transmissions, after Completion of Construction and before Entry into Service.

CARACTÉRISTIQUES ET ESSAIS DES SYSTÈMES DE FREINAGE ÉLECTRODYNAMIQUES ET ÉLECTROMAGNÉTIQUES

1. Généralités

1.1 *Domaine d'application*

La présente norme s'applique aux freins électrodynamiques, électromagnétiques et mixtes employés sur les locomotives et automotrices électriques à courant continu, à courant alternatif ou poly-courant et sur les véhicules à moteur thermique utilisés sur les réseaux ferroviaires.

Par contre, elle ne s'applique pas aux systèmes de freinage mécaniques à commande électrique.

Cette norme, dans la mesure où elle leur est applicable, est également valable pour les tramways, les trolleybus et les véhicules des chemins de fer souterrains.

2. Définitions

2.1 *Système de freinage*

Ensemble de moyens matériels faisant appel à des phénomènes physiques permettant de maintenir la vitesse, de la réduire ou d'arrêter un véhicule ou un train en mouvement.

2.1.1 *Freinage électrodynamique*

Système de freinage dans lequel les moteurs de traction entraînés par le véhicule produisent un effort de freinage.

2.1.1.1 *Freinage électrodynamique rhéostatique*

Système de freinage dans lequel les moteurs de traction entraînés par le véhicule fonctionnent en générateurs et débitent sur un rhéostat.

2.1.1.2 *Freinage électrodynamique par récupération*

Système de freinage dans lequel les moteurs de traction entraînés par le véhicule fonctionnent en générateurs et fournissent de l'énergie à la ligne ou à des dispositifs d'accumulation d'énergie (batteries, volants, etc.).

2.1.2 *Freinage électromagnétique*

Système de freinage faisant appel à des phénomènes électromagnétiques pour produire un effort de freinage.

2.1.2.1 *Freinage électromagnétique à frottement*

Système de freinage électromagnétique produisant un effort de freinage par le frottement d'un patin appliqué, au moyen d'un électro-aimant, sur le rail ou sur un élément rotatif (roue, disque, tambour, etc.).

2.1.2.2 *Freinage électromagnétique par induction*

Système de freinage électromagnétique produisant un effort de freinage par induction dans un induit linéaire (rail, etc.) ou dans un élément rotatif (roue, disque, tambour, etc.).

CHARACTERISTICS AND TESTS OF ELECTRODYNAMIC AND ELECTROMAGNETIC BRAKING SYSTEMS

1. General

1.1 Scope

This standard applies to electrodynamic, electromagnetic and composite braking systems of d.c., a.c. and multi-system electric locomotives and motor coaches and of vehicles powered by heat engines used on rail systems.

It does not apply to electrically controlled mechanical braking systems.

This standard, in so far as it is applicable, is also valid for tramcars, trolleybuses and vehicles for underground railways.

2. Definitions

2.1 Braking system

Set of material devices using physical phenomena which make it possible to hold or to reduce speed or to stop a moving vehicle or train.

2.1.1 Electrodynamic braking

Braking system in which the traction motors driven by the vehicle produce a braking force.

2.1.1.1 Rheostatic electrodynamic braking

Braking system in which the traction motors driven by the vehicle act as generators and feed into a resistor.

2.1.1.2 Regenerative electrodynamic braking

Braking system in which the traction motors driven by the vehicle act as generators and feed energy into the line or into energy storage devices (batteries, flywheels, etc.).

2.1.2 Electromagnetic braking

Braking system using electromagnetic phenomena to produce a braking force.

2.1.2.1 Electromagnetic friction braking

Electromagnetic braking system in which the braking force is produced by the friction of a shoe applied by means of an electromagnet onto the rail or onto a rotating part (wheel, disk, drum, etc.).

2.1.2.2 Electromagnetic induction braking

Electromagnetic braking system in which the braking force is produced by induction in a conductive linear body (rail, etc.) or in a rotating part (wheel, disk, drum, etc.).

2.1.3 Freinage mixte

Combinaison de différents systèmes de freinage: électrodynamiques, électromagnétiques, mécaniques.

2.2 Mode de freinage

Mode d'utilisation des freins pour obtenir un résultat donné.

2.2.1 Freinage de maintien

Mode de freinage destiné à maintenir la vitesse sensiblement constante à la descente des longues pentes.

2.2.2 Freinage de ralentissement

Mode de freinage utilisé pour réduire la vitesse.

2.2.3 Freinage d'arrêt

Mode de freinage utilisé pour annuler la vitesse.

2.3 Méthodes opératives

2.3.1 Juxtaposition

Opération qui a pour effet de mettre manuellement ou automatiquement plusieurs freins en œuvre indépendamment ou simultanément.

2.3.2 Conjugaison

Opération qui a pour effet d'additionner automatiquement les efforts de plusieurs freins de sorte que l'effort total obtenu soit égal à l'effort requis à tout instant.

2.3.3 Substitution

Opération qui a pour effet de supprimer automatiquement l'effort d'un frein pour le remplacer par celui d'un ou de plusieurs autres.

2.4 Paramètres de freinage

2.4.1 Décélération

A partir des données représentées par les symboles suivants:

v = vitesse du mobile (en ms^{-1})

v_i = vitesse initiale, c'est-à-dire vitesse à l'instant où l'organe de commande de freinage a été actionné (en ms^{-1})

v_f = vitesse finale, c'est-à-dire vitesse que l'on désire atteindre par le freinage (en ms^{-1})

t_r = temps de ralentissement (en secondes), c'est-à-dire durée séparant l'instant où l'organe de commande du freinage a été actionné de l'instant où la vitesse finale a été atteinte

l = distance de ralentissement (en mètres), c'est-à-dire distance séparant le point où l'organe de commande du freinage a été actionné du point où la vitesse finale a été atteinte,

on définit:

2.4.1.1 Décélération instantanée

Elle est symbolisée par γ et définie par:

$$\gamma = - \frac{dv}{dt} \text{ (en } \text{ms}^{-2}\text{)}$$

2.1.3 *Composite braking system*

Combination of different braking systems: electrodynamic, electromagnetic, mechanical.

2.2 *Mode of braking*

Manner of use of the brakes in order to obtain a given result.

2.2.1 *Holding brake*

Mode of braking intended to maintain an approximately uniform speed when descending long gradients.

2.2.2 *Retarding brake*

Mode of braking used to reduce speed.

2.2.3 *Stopping brake*

Mode of braking used to bring a vehicle to a standstill.

2.3 *Method of operation*

2.3.1 *Composite braking*

Method of operation with the result that several brakes are put manually or automatically into operation separately or together.

2.3.2 *Blended braking*

Method of operation with the result that the forces of several brakes are automatically added such that the total force obtained is equal to that required at every instant.

2.3.3 *Substitutional braking*

Method of operation with the result that the force of a brake is automatically eliminated in order to be replaced by that of one or several others.

2.4 *Braking parameters*

2.4.1 *Decelerations*

Based on the following symbols:

v = speed of vehicle (in ms^{-1})

v_i = initial speed, i.e. the speed at the moment of operation of the control device for the brake (in ms^{-1})

v_f = final speed, i.e. the speed intended to be obtained by the braking (in ms^{-1})

t_r = deceleration time (in seconds), i.e. the time interval between the moment of operation of the control device for the brake and the moment at which the final speed is attained.

l = deceleration distance (in metres), i.e. the distance between the position of the vehicle at the moment of operation of the control device for the brake and its position when the final speed is attained.

it is possible to define:

2.4.1.1 *Instantaneous deceleration*

It is symbolized by γ and defined by:

$$\gamma = - \frac{dv}{dt} \text{ (in } \text{ms}^{-2}\text{)}$$

2.4.1.2 Décélération moyenne

Elle est symbolisée par γ_m et définie par:

$$\gamma_m = \frac{v_i - v_f}{t_r} \text{ (en ms}^{-2}\text{)}$$

2.4.1.3 Décélération effective

Elle est symbolisée par γ_e et définie par:

$$\gamma_e = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2l} \text{ (en ms}^{-2}\text{)}$$

Note. — γ_m et γ_e sont égales si le mouvement est uniformément retardé.

2.4.2 Effort de freinage

L'effort de freinage est symbolisé par F et défini à un instant donné par:

$$F = \gamma (m + m_t) - R_a - img \text{ (en newtons)}$$

où:

m = masse de l'ensemble du mobile (en kilogrammes)

m_t = masse qui, à la vitesse du mobile, possède la même énergie cinétique que les masses tournantes liées aux roues (en kilogrammes).

R_a = résistance à l'avancement du véhicule en palier (en newtons)

i = tangente de l'angle de rampe

g = accélération de la pesanteur (9,81 ms⁻²)

Il est recommandé de déterminer la masse tournante m_t par le calcul et la résistance à l'avancement R_a par des essais en ligne.

2.4.3 Puissance de freinage

La puissance de freinage est symbolisée par P et définie par:

$$P = F v \text{ (en watts)*}$$

où F est en newtons et v en ms⁻¹

2.4.4 Stabilité naturelle (pour une gamme de vitesses spécifiée)

Propriété d'un système de freinage dont l'effort croît ou est sensiblement constant lorsque la vitesse augmente, sans recourir à un réglage ou à un dispositif automatique.

2.4.5 Temps d'établissement

Temps séparant l'instant où l'organe de commande du frein est actionné de l'instant où l'effort de freinage atteint effectivement sa valeur spécifiée à la vitesse considérée.

2.4.6 Réponse du freinage

Diagramme de la variation de l'effort de freinage en fonction du temps depuis l'instant où l'organe de commande du frein est actionné jusqu'à l'instant où l'effort de freinage atteint effectivement sa valeur spécifiée.

* En pratique cette puissance sera exprimée en kilowatts.

2.4.1.2 Mean deceleration

It is symbolized by γ_m and defined by

$$\gamma_m = \frac{v_i - v_f}{t_r} \text{ (in ms}^{-2}\text{)}$$

2.4.1.3 Effective deceleration

It is symbolized by γ_e and defined by

$$\gamma_e = \frac{v_i^2 - v_f^2}{2l} \text{ (in ms}^{-2}\text{)}$$

Note. — γ_m and γ_e are equal if the motion is retarded uniformly.

2.4.2 Braking effort

The braking effort is symbolised by F and its value at a given moment defined by :

$$F = \gamma (m + m_t) - R_a - img \text{ (in newtons)}$$

where:

m = gross mass of the vehicle (in kilograms)

m_t = equivalent mass in linear motion possessing the same kinetic energy as all those rotating masses related to the wheels (in kilograms)

R_a = resistance to motion of the vehicle on the level (in newtons)

i = tangent of the angle of slope

g = gravitational acceleration (9.81 ms⁻²)

It is recommended that the rotating mass m_t be determined by calculation and the resistance to motion R_a by running tests.

2.4.3 Braking power

The braking power is symbolized by P and defined by:

$$P = F v \text{ (in watts)*}$$

where F is in newtons and v is in ms⁻¹

2.4.4 Natural stability (for a specified range of speed)

Property of a braking system whereby the braking effort is increasing or approximately constant with increasing speed, without the need for adjustment or an automatic device.

2.4.5 Response time

Time interval between the moment of operation of the control device for the brake and the moment the braking effort has attained a specified value at a given speed.

2.4.6 Braking response

Diagram of braking effort variation as a function of time from the moment of operation of the control device for the brake to the moment the braking effort has effectively attained a specified value.

* In practice this power will be expressed in kilowatts.

3. Caractéristiques pouvant être spécifiées pour les différents systèmes de freinage électrodynamique et électromagnétique

Les caractéristiques sont données dans le tableau I.

TABLEAU I

	Freinage électrodynamique		Freinage électromagnétique			
	Rhéostatique	Par récupération	A frottement		Par induction	
			Linéaire	Rotatif	Linéaire	Rotatif
Effort et puissance de freinage en fonction de la vitesse et du temps ^{1) 2) 3)}	×	×	×	×	×	×
Distance d'arrêt ou de ralentissement en fonction de la vitesse et du temps ^{1) 2)}	×	×	×	×	×	×
Facteur de puissance (courant alternatif) ou facteur de forme (courant continu) *		×				
Réponse du freinage ²⁾	×	×	×	×	×	×
Valeurs maximales et minimales de la tension et du courant ²⁾	×	×	×	×	×	×
Sûreté de fonctionnement ⁴⁾	×	×	×	×	×	×
Stabilité naturelle	×	×	×	×	×	×
Conditions imposées pour les actions électrique et mécanique sur les installations fixes ⁵⁾	×	×	×		×	

¹⁾ Pour une adhérence roue-rail théorique donnée et pour un coefficient de frottement spécifié pour les éléments frottants.

²⁾ Il est recommandé de compléter ces spécifications par des courbes.

³⁾ En ce qui concerne les freins électromagnétiques on précisera également la force d'attraction pour des entrefers théoriques donnés.

⁴⁾ Il s'agit de spécifier éventuellement comment interviennent les dispositifs de protection en cas d'incident affectant le système de freinage électrique considéré (voir Publication 165 de la CEI, paragraphe 28.6 ou Publication 490 de la CEI, paragraphe 24.5).

⁵⁾ Ces conditions doivent faire l'objet d'un accord entre utilisateur et constructeur.

* Le facteur de forme du courant continu est défini comme suit (V.E.I. 551-06-29): « Pour une fonction périodique, rapport de la valeur efficace à la valeur moyenne évaluée sur une période entière de la fonction » (à l'étude).

4. Essais

4.1 Essais en usine

4.1.1 Essais de rigidité diélectrique

Les composants principaux d'un système de freinage seront soumis à l'essai de rigidité diélectrique recommandé par les publications de la CEI qui les concernent (Publications 77, 310, 322, 349).

Les bobinages des électro-aimants des systèmes de freinage électromagnétique seront essayés suivant article 41 de la Publication 349 de la CEI.

L'ensemble du système de freinage sera soumis à des essais de rigidité diélectrique (selon Publication 165 de la CEI, article 16, ou Publication 490 de la CEI, article 18) dont le but essentiel est de vérifier que le câblage des divers circuits du véhicule est en bon état et n'a pas été endommagé lors du montage.

3. Characteristics which may be specified for different electrodynamic and electromagnetic braking systems

The characteristics are given in Table I.

TABLE I

	Electrodynamic braking		Electromagnetic braking			
	Rheo-static	Regener-ative	Friction		Induction	
			Linear	Rotating	Linear	Rotating
Braking effort and power as a function of speed and time ^{1) 2) 3)}	×	×	×	×	×	×
Stopping or retarding distance as a function of speed and time ^{1) 2)}	×	×	×	×	×	×
Power factor (a.c.) or form factor (d.c.) *		×				
Braking response ²⁾	×	×	×	×	×	×
Maximum and minimum values of voltage and current ²⁾	×	×	×	×	×	×
Working reliability ⁴⁾	×	×	×	×	×	×
Natural stability	×	×	×	×	×	×
Requirements as regards electrical and mechanical effects on fixed installations ⁵⁾	×	×	×		×	

¹⁾ For a stated theoretical adhesion between wheel and rail and for a specified coefficient of friction between the rubbing surfaces.

²⁾ It is recommended that these specifications be completed by curves.

³⁾ For electromagnetic brakes, the force of attraction for given theoretical airgaps shall also be specified.

⁴⁾ This is to specify, if applicable, how the protective devices act in case of incidents affecting the electrical braking system (See IEC Publication 165, Sub-clause 28.6 or IEC Publication 490, Sub-clause 24.5)

⁵⁾ These conditions shall be agreed between user and manufacturer.

* D.C. form factor is defined as follows (I.E.V. 551-06-29): "Of a periodic function, the ratio of the r.m.s. value to the mean value averaged over a full period of the function" (under consideration).

4. Tests

4.1 Tests in the factory

4.1.1 Dielectric tests

The main components of a brake shall be submitted to the dielectric test recommended by the relevant IEC Publications (Publications 77, 310, 322, 349).

The coils of the electromagnets of the electromagnetic brakes shall be tested according to Clause 41 of IEC Publication 349.

The brake as a whole shall be submitted to dielectric tests (according to IEC Publication 165, Clause 16 or IEC Publication 490, Clause 18), the main purpose of which is to check that the wiring of various circuits of the vehicle is in good condition and has not been damaged during installation.

En général, l'équipement est composé de plusieurs circuits présentant des niveaux d'isolement différents. Chacun de ces circuits sera essayé séparément par rapport à la masse, tous les autres circuits étant, en principe, mis à la masse. Toutes précautions seront prises pour éviter l'apparition éventuelle, en certains points, de tensions anormales dues à des effets d'induction ou de capacité.

La tension d'essai sera appliquée durant une minute entre circuit et masse: sa valeur sera prise égale à 85% de la tension d'essai des appareils individuels concernant l'organe du circuit présentant la tension d'essai la plus basse, la tension d'essai est définie par les publications de la CEI en vigueur (Publications 77, 310, 322 ou 349).

Note. — Le présent essai pourra être combiné avec celui prévu au paragraphe 24.4 de la Publication 77 de la CEI.

4.1.2 Essais de commutation

Voir les paragraphes 39.2.1 et 39.2.2 de la Publication 349 de la CEI.

4.1.3 Essais d'échauffement

Les composants principaux d'un système de freinage seront soumis à l'essai d'échauffement recommandé par les publications de la CEI qui les concernent (Publications 77, 310, 322, 349). Les électro-aimants des systèmes de freinage électromagnétiques seront essayés suivant l'article 20 de la Publication 77 de la CEI.

4.1.4 Essais mécaniques

Les composants principaux d'un système de freinage seront soumis aux essais mécaniques recommandés par les publications de la CEI qui les concernent (Publications 77, 322, 349).

4.1.4.1 Essais de survitesse (pour les freins électromagnétiques rotatifs)

1. Le frein est entraîné par un essieu porteur.
Dans ce cas, l'essai de survitesse sera effectué à 1,25 fois la vitesse maximale propre de l'entraînement.
2. Le frein est entraîné par un essieu moteur.
Dans ce cas, l'essai de survitesse sera effectué selon l'article 36 de la Publication 349 de la CEI. (Éventuellement, essai à effectuer en même temps que l'essai de survitesse du moteur de traction auquel le frein est lié.)

4.1.4.2 Essais de flexion (pour les freins électromagnétiques linéaires)

Les électro-aimants des systèmes de freinage électromagnétiques linéaires seront soumis, de plus, à un essai de flexion dans un plan vertical (y compris, éventuellement, les éléments mécaniques qui participent à sa rigidité).

Les modalités d'exécution de l'essai et d'interprétation des résultats seront déterminées par accord entre l'utilisateur et le constructeur.

4.1.4.3 Mesure de la force d'attraction (pour les freins électromagnétiques)

On vérifiera que la force d'attraction en fonction de l'entrefer est conforme à la spécification.

4.1.5 Tableau des essais en usine

Les différents essais à exécuter en usine sont résumés dans le tableau II, dans lequel:

- S = essai de série
- T = essai de type
- T_f = essais de type facultatif
- S* = essai de série limité ou simplifié suivant accord entre l'utilisateur et le constructeur (Publication 165 de la CEI, article 31, ou Publication 490 de la CEI, article 27)

Usually, the equipment is composed of several circuits with different insulation levels. Each circuit shall be separately tested relative to earth, all other circuits being in principle earthed. Precautions shall be taken in order to avoid possible appearance at some points of abnormal voltages due to capacitive or inductive effects.

The test voltage shall be applied for one minute between circuit and earth: its value shall be equal to 85% of the test voltage for single pieces of apparatus defined by IEC Publications in force (Publications 77, 310, 322 or 349) for the component of the circuit having the lowest test voltage.

Note. — This test may be combined with that specified in Sub-clause 24.4 of IEC Publication 77.

4.1.2 *Commutation tests*

See Sub-clauses 39.2.1 and 39.2.2 of IEC Publication 349.

4.1.3 *Heating tests*

The main components of a brake shall be submitted to a heating test recommended by the relevant IEC Publications (Publications 77, 310, 322, 349). The electromagnets of electromagnetic brakes shall be tested according to Clause 20 of IEC Publication 77.

4.1.4 *Mechanical tests*

The main components of a brake shall be submitted to mechanical tests recommended by the relevant IEC publications (Publications 77, 322, 349).

4.1.4.1 *Overspeed test* (for rotating electromagnetic brakes)

1. Brake acting on a non-driven axle.

In this case the overspeed test is to be carried out at 1.25 times the maximum speed of the transmission

2. Brake acting on a driven axle.

In this case the overspeed test is to be carried out according to Clause 36 of IEC Publication 349. (If appropriate the test may be carried out simultaneously with the overspeed test of the traction motor with which the brake is associated.)

4.1.4.2 *Bending test* (for linear electromagnetic brakes)

The electromagnets of linear electromagnetic brakes may also be submitted to a bending test in a vertical plane (they may include appropriate mechanical elements which contribute to its stiffness).

The conditions under which these tests are to be carried out and the interpretation of the results shall be agreed between user and manufacturer.

4.1.4.3 *Measurement of the attractive force* (for electromagnetic brakes)

Checks shall be made to verify that the force as a function of the airgap is in agreement with the specification.

4.1.5 *Table of tests in the factory*

The different tests to be carried out in the factory are summarized in Table II in which:

- S = routine test
- T = type test
- T_f = optional type test
- S* = routine test limited or simplified according to agreement between user and manufacturer (IEC Publication 165, Clause 31 or IEC Publication 490, Clause 27)