

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
571-1**

Première édition
First edition
1990-07

**Equipements électroniques utilisés sur les
véhicules ferroviaires**

**Partie 1:
Généralités et essais des équipements
électroniques**

Electronic equipment used on rail vehicles

**Part 1:
General requirements and tests for electronic
equipment**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 571-1: 1990

AVA Documents
Document Sharing Hub

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 auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

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 from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
571-1

Première édition
First edition
1990-07

**Equipements électroniques utilisés sur les
véhicules ferroviaires**

**Partie 1:
Généralités et essais des équipements
électroniques**

Electronic equipment used on rail vehicles

**Part 1:
General requirements and tests for electronic
equipment**

© CEI 1990 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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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



Documents

Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
Articles	
SECTION 1 — GÉNÉRALITÉS	
1.1 Domaine d'application et objet	6
1.2 Références normatives	6
1.3 Définitions	8
1.4 Classification des appareils électroniques	8
 SECTION 2 — CONDITIONS DE SERVICE	
2.1 Conditions normales	10
2.2 Conditions spéciales	12
 SECTION 3 — SOURCE D'ALIMENTATION	
3.1 Alimentation par batterie d'accumulateurs	12
3.2 Alimentation par transformateur	14
3.3 Alimentation par dispositif potentiométrique relié à la ligne de contact	16
3.4 Alimentation par un groupe convertisseur tournant ou par un convertisseur statique ..	18
3.5 Surtensions transitoires admissibles	18
3.6 Installation	20
3.7 Protection contre les courts-circuits	20
 SECTION 4 — CATÉGORIES D'ESSAIS	
4.1 Catégories d'essais	22
4.2 Essais de type	22
4.3 Essais de série	22
4.4 Essais d'investigation	22
 SECTION 5 — ESSAIS	
5.1 Liste des essais	24
5.2 Essai de fonctionnement	24
5.3 Essai de rigidité diélectrique	26
5.4 Essai de surtension	26
5.5 Essai de refroidissement	30
5.6 Essai d'échauffement (chaleur sèche)	30
5.7 Essai d'échauffement (chaleur humide)	30
5.8 Essai en atmosphère corrosive (par exemple brouillard salin)	32
5.9 Essai conjugué à la poussière, à l'humidité et à la chaleur	32
5.10 Essai aux vibrations, chocs et secousses	32
5.11 Essai d'étanchéité	34
 SECTION 6 — ESSAIS SUR LES VÉHICULES APRÈS ACHÈVEMENT ET AVANT MISE EN SERVICE	
6.1 Généralités	36
6.2 Essai de fonctionnement	36
6.3 Protection contre les surtensions	36

CONTENTS

		Page
		5
FOREWORD		
Clause	SECTION 1 — GENERAL	
1.1	Scope	7
1.2	Normative references	7
1.3	Definitions	9
1.4	Classification of electronic equipment	9
SECTION 2 — SERVICE CONDITIONS		
2.1	Normal service conditions	11
2.2	Special conditions	13
SECTION 3 — SOURCE OF POWER		
3.1	Supply from an accumulator battery	13
3.2	Supply from a transformer	15
3.3	Supply from a potentiometer device linked to the contact system	17
3.4	Supply by a rotating set or a static convertor	19
3.5	Permitted transient surges	19
3.6	Installation	21
3.7	Protection against short circuits	21
SECTION 4 — CATEGORIES OF TESTS		
4.1	Categories of tests	23
4.2	Type tests	23
4.3	Routine tests	23
4.4	Investigation tests	23
SECTION 5 — TESTS		
5.1	List of tests	25
5.2	Performance test	25
5.3	Dielectric test	27
5.4	Voltage surge test	27
5.5	Cooling test	31
5.6	Temperature-rise test (dry heat)	31
5.7	Temperature-rise test (damp heat)	33
5.8	Test in a corrosive atmosphere (e.g. salt mist)	33
5.9	Combined dust, humidity and heat test	33
5.10	Vibration, shock and bump test	33
5.11	Watertightness test	35
SECTION 6 — TESTS ON THE VEHICLES ON COMPLETION OF CONSTRUCTION AND BEFORE ENTRY INTO SERVICE		
6.1	General	37
6.2	Performance test	37
6.3	Protection against surges	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES
UTILISÉS SUR LES VÉHICULES FERROVIAIRES****Partie 1: Généralités et essais des équipements électroniques**

AVANT-PROPOS

- 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 leur 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.

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 9 de la CEI: Matériel de traction électrique. Elle constitue la première édition de la CEI 571-1 et remplace la CEI 571 de 1977.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
9(BC)278/CMT163	9(BC)283

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

La présente norme constitue la partie 1 d'une série de publications relatives aux équipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires, dont les autres parties sont les suivantes:

CEI 571-2: 1988, Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires, Partie 2: Normalisation de certaines grandeurs mécaniques et électriques – Principes des dispositifs d'essai.

CEI 571-3: 1990, Equipements électroniques utilisés sur les véhicules ferroviaires, Partie 3: Composants, équipements électroniques programmables et fiabilité des systèmes électroniques.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES**Part 1: General requirements and tests for electronic equipment**

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.

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No.9: Electric traction equipment. It constitutes the first edition of IEC 571-1 and replaces IEC 571 of 1977.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
9(CO)278/CMT163	9(CO)283

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

This standard constitutes the Part 1 of a series of publications relating to the electronic equipment used on rail vehicles, the other parts of which are the following:

- IEC 571-2: 1988, Electronic equipment used on rail vehicles, Part 2: Standardization of certain mechanical and electrical quantities – Principles of test devices.
- IEC 571-3: 1990, Electronic equipment used on rail vehicles, Part 3: Components, programmable electronic equipment and electronic system reliability.

ÉQUIPEMENTS ÉLECTRONIQUES UTILISÉS SUR LES VÉHICULES FERROVIAIRES

Partie 1: Généralités et essais des équipements électroniques

SECTION 1 — GÉNÉRALITÉS

1.1 Domaine d'application et objet

La CEI 571 est applicable à tout appareillage électronique de commande, de régulation, de protection, d'alimentation, etc., monté sur des véhicules ferroviaires et relié:

- soit à la batterie d'accumulateurs du véhicule;
 - soit à une source d'alimentation à basse tension avec ou sans liaison galvanique avec la ligne de contact (transformateur, dispositif potentiométrique, alimentation auxiliaire),
- à l'exception des circuits électroniques de puissance, qui doivent répondre à la CEI 411.

La ligne de séparation entre électronique de puissance et électronique de commande est déterminée par l'élément (par exemple transformateur de mesure, transformateur d'impulsion, etc.) qui assure l'isolement galvanique entre les deux parties. Cet élément d'isolement, qui généralement est placé à proximité ou à l'intérieur de l'électronique de puissance, est considéré comme appartenant à cette dernière. En cas d'absence d'isolement galvanique, la ligne de séparation peut être définie par un moyen similaire.

Les équipements électroniques qui font l'objet de la CEI 571 peuvent équiper les véhicules de traction appartenant aux catégories ci-après:

- véhicules alimentés en courant continu dit «à haute tension», c'est-à-dire dont la tension nominale est comprise entre 600 V et 3000 V;
- véhicules alimentés en courant alternatif haute tension à fréquence industrielle ou à fréquence spéciale;
- véhicules polycourants susceptibles d'être alimentés par plusieurs des systèmes de courants énumérés ci-dessus;
- véhicules autonomes (véhicules à accumulateurs, à moteur thermique, à transmission électrique ou autre).

La CEI 571 s'applique également aux équipements électroniques installés sur les voitures pilotes ou répartis dans les voitures et dans les wagons.

Note. — Les règles de la CEI 571, ou toute partie d'entre elles, peuvent, après accord entre l'utilisateur et le constructeur, être utilisées pour l'équipement électronique installé sur d'autres véhicules, tels que les véhicules moteurs à courant continu de tension d'alimentation inférieure à 600 V, les locomotives des mines souterraines, les véhicules routiers à source électrique extérieure (trolleybus, etc.).

1.2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la CEI 571-1. Au moment de la

ELECTRONIC EQUIPMENT USED ON RAIL VEHICLES

Part 1: General requirements and tests for electronic equipment

SECTION 1 — GENERAL

1.1 Scope

IEC 571 applies to any electronic equipment for control, regulation, protection, supply, etc., installed on rail vehicles and associated with:

- either the accumulator battery of the vehicle;
- or a low-voltage power supply source with or without a direct connection to the contact system (transformer, potentiometer device, auxiliary supply),

with the exception of electronic power circuits, which conform to IEC 411.

The line of demarcation between power electronics and control electronics is determined by the component (e.g. instrument transformer, pulse transformer, etc.) which ensures electrical isolation between the two parts. This isolating component, which is generally located either close to or inside the power electronics equipment, is considered as belonging to the latter. In cases where there is no electrical isolation, the line of demarcation may be defined in a similar manner.

The electronic equipment which is the subject of IEC 571 can be used to equip traction vehicles belonging to the following categories:

- vehicles supplied with direct current at what is called “high voltage” – that is, with the nominal voltage between 600 V and 3000 V;
- vehicles supplied with alternating current at a high voltage at power frequency or at a special frequency;
- multiple current vehicles which can be powered by several current systems as listed above;
- independent vehicles (vehicles with batteries, an internal combustion engine, electrical transmission or other system).

IEC 571 also applies to electronic equipment installed on driving cars or distributed in the wagons and coaches.

Note. — The rules of IEC 571, or any part of them, may, after agreement between the user and the manufacturer, be used for electronic equipment installed on other vehicles such as d.c. electric rolling stock supplied at voltages below 600 V, mine locomotives, or road vehicles with external electrical supply (trolleybuses, etc.).

1.2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of IEC 571-1. At the time of publication, the editions indicated

publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

- CEI 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).
- CEI 68: Essais d'environnement.
- CEI 77: 1968, Règles applicables à l'appareillage électrique de traction.
- CEI 97: 1970, Systèmes de grille pour circuits imprimés.
- CEI 165: 1973, Règles pour les essais des véhicules moteurs de traction électrique après achèvement et avant mise en service.
- CEI 194: 1988, Termes et définitions concernant les circuits imprimés.
- CEI 271: 1988, Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.
- CEI 319: 1978, Présentation des données de fiabilité pour les composants (ou pièces détachées) électroniques.
- CEI 349: 1971, Règles applicables aux machines électriques tournantes des véhicules ferroviaires et routiers.
- CEI 362: 1971, Guide pour l'acquisition des données de fiabilité, de disponibilité et de maintenabilité à partir des résultats d'exploitation des dispositifs électroniques.
- CEI 410: 1973, Plans et règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs.
- CEI 411, Convertisseurs de puissance pour la traction.
- CEI 490: 1974, Règles pour les essais des véhicules ferroviaires équipés de moteurs thermiques et de transmissions électriques, après achèvement et avant mise en service.
- CEI 850: 1988, Tensions d'alimentation des réseaux de traction.

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions contenues dans les publications suivantes de la CEI (voir 1.2) s'appliquent: 50, 68, 77, 97, 165, 194, 271, 319, 349, 362, 410, 411, 490 et 850.

1.4 Classification des appareils électroniques

La classification ci-après est donnée à titre d'exemple. Elle groupe, dans la mesure du possible, les appareils électroniques selon la catégorie des circuits (circuits de puissance, circuits d'auxiliaires, circuits pneumatiques) sur lesquels ils agissent:

- dispositifs électroniques assurant la commande, le contrôle ou la signalisation des appareils des circuits de puissance (disjoncteur principal, gradateur, contacteurs de démarrage, de freinage, etc.) ou des circuits auxiliaires (valves électropneumatiques, relais, etc.);

were valid. All standards are subject to revision, and parties using agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

- IEC 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV).
- IEC 68: Environmental testing.
- IEC 77: 1968, Rules for electric traction equipment.
- IEC 97: 1970, Grid system for printed circuits.
- IEC 165: 1973, Rules for the testing of electric rolling stock on completion of construction and before entry into service.
- IEC 194: 1988, Terms and definitions for printing circuits.
- IEC 271: 1988, List of basic terms, definitions and related mathematics for reliability.
- IEC 319: 1978, Presentation of reliability data on electronic components (or parts).
- IEC 349: 1971, Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles.
- IEC 362: 1971, Guide for the collection of reliability, availability, and maintainability data from field performance of electronic items.
- IEC 410: 1973, Sampling plans and procedures for inspection by attributes.
- IEC 411, Power converters for electric traction.
- IEC 490: 1974, Rules for testing of rails vehicles equipped with thermal engines and electric transmissions, after completion of construction and before entry into service.
- IEC 850: 1988, Supply voltages of traction systems.

1.3 Definitions

For the purposes of this International Standard, the definitions contained in the following IEC publications (see 1.2) apply: 50, 68, 77, 97, 165, 194, 271, 319, 349, 362, 410, 411, 490 and 850.

1.4 Classification of electronic equipment

The classification below is given by way of example. So far as is possible, it groups together electronic equipment according to the category of the circuits (power, auxiliary or pneumatic) on which it acts:

- electronic devices for control, checking or indication of equipment for power circuits (main circuit breaker, tap changer, starting or braking contactors, etc.) or for auxiliary circuits (electropneumatic valves, relays, etc.);

- dispositifs de commande des thyristors de convertisseurs statiques (pont redresseur, onduleur, hacheur, etc.);
- dispositifs de réglage de l'excitation des machines tournantes (moteurs, génératrices);
- dispositifs de régulation (charge de batterie, chauffage, conditionnement d'air, etc.);
- dispositifs de surveillance et de sécurité (antipatinage, sélecteur de tension, etc.);
- dispositifs de mesure (vitesse, tension, courant, température, etc.);
- dispositifs de transmission d'informations (liaisons radiotéléphoniques, sonorisation des véhicules, contrôle de vitesse, etc.);
- commande de frein pneumatique (ou à vide);
- autres dispositifs (convertisseurs d'éclairage, etc.).

SECTION 2 — CONDITIONS DE SERVICE

2.1 Conditions normales

2.1.1 Altitude

En l'absence d'indication sur la hauteur au-dessus du niveau de la mer à laquelle les appareils sont appelés à fonctionner normalement, il est admis que cette hauteur ne dépasse pas 1200 m.

2.1.2 Température ambiante

En l'absence d'indication sur les températures de l'air ambiant extérieur au véhicule de traction, il est admis que celles-ci restent comprises entre -25°C et $+40^{\circ}\text{C}$, la température moyenne annuelle n'excédant pas $+25^{\circ}\text{C}$.

La température de l'air ambiant à l'intérieur du véhicule de traction (au voisinage immédiat des composants électroniques) doit être considérée comme pouvant varier de -25°C à $+70^{\circ}\text{C}$. Toutefois, selon la disposition de l'installation et le mode de ventilation, cette dernière valeur peut être, après accord entre l'utilisateur et le constructeur, fixée à un niveau inférieur ou supérieur à $+70^{\circ}\text{C}$.

2.1.3 Chocs et vibrations

En l'absence d'indication concernant les vibrations et chocs auxquels l'équipement électronique est susceptible d'être soumis, il est admis:

- que les vibrations sont de forme sinusoïdale, que leur fréquence f reste comprise entre 1 Hz et 100 Hz et que leur amplitude a , exprimée en millimètres, est donnée en fonction de f par les relations:

$$a = 25/f \text{ pour des valeurs de } f \text{ comprises entre 1 Hz et 10 Hz;}$$

$$a = 250/f^2 \text{ pour des valeurs de } f \text{ comprises entre 10 Hz et 100 Hz;}$$

- que les accélérations maximales des chocs sont égales à 30 m/s^2 dans chacune des trois directions longitudinale, transversale et verticale.

- control devices for thyristors in static convertors (rectifier bridges, inverters, choppers, etc.);
- regulating devices for excitation of rotating machines (motors, generators);
- controlling devices (battery charging, heating, air conditioning, etc.);
- monitoring and safety devices (wheelslip, voltage selection, etc.);
- measuring devices (speed, voltage, current, temperature, etc.);
- information transmission devices (radiotelephone links, vehicle sound equipment, speed control, etc.);
- controls for air (or vacuum) brakes;
- other equipment (lighting convertors, etc.).

SECTION 2 — SERVICE CONDITIONS

2.1 Normal service conditions

2.1.1 *Altitude*

In the absence of information on the height above sea-level at which the equipment is normally to function, it is to be assumed that this height will not exceed 1200 m.

2.1.2 *Ambient temperature*

In the absence of information on the temperature of the ambient air outside the traction vehicle, it is to be assumed that this will lie between -25°C and $+40^{\circ}\text{C}$, with an annual average temperature not exceeding $+25^{\circ}\text{C}$.

The ambient air temperature inside the traction vehicle (in the immediate vicinity of the electronic components) shall be considered as being capable of variation between -25°C and $+70^{\circ}\text{C}$. However, by agreement between the user and the manufacturer, the latter may be fixed at a value below or above $+70^{\circ}\text{C}$, in accordance with the arrangement of the equipment and the method of ventilation.

2.1.3 *Shocks and vibrations*

In the absence of information concerning the degree of vibrations and shocks to which the electronic equipment is likely to be subjected, it is to be assumed that:

- the vibrations are sinusoidal in form, that their frequency f lies between 1 Hz and 100 Hz and that their amplitude a , expressed in millimetres, is given as a function of f by the equations:

$$a = 25/f \text{ for values of } f \text{ between 1 Hz and 10 Hz;}$$

$$a = 250/f^2 \text{ for values of } f \text{ between 10 Hz and 100 Hz;}$$

- the maximum accelerations of shocks are equal to 30 m/s^2 in each of the three directions: longitudinal, transverse and vertical.