

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

**Basic environmental testing procedures –
Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock**

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique –
Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 1993 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

BASIC SAFETY PUBLICATION

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ

**Basic environmental testing procedures –
Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock**

**Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique –
Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Description générale	6
3. Définitions	8
4. Description du moyen d'essai	8
5. Sévérités	12
6. Préconditionnement	12
7. Mesures initiales	12
8. Epreuve	12
9. Reprise	14
10. Mesures finales	14
11. Renseignements que doit donner la spécification particulière	14
ANNEXE A — Guide	16
ANNEXE B — Spectres de réponse aux chocs et autres caractéristiques des formes d'impul- sion	28
ANNEXE C — Comparaison entre les essais d'impact	36
FIGURES	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. General description	7
3. Definitions	9
4. Description of test apparatus	9
5. Severities	13
6. Pre-conditioning	13
7. Initial measurements	13
8. Conditioning	13
9. Recovery	15
10. Final measurements	15
11. Information to be given in the relevant specification	15
APPENDIX A — Guidance	17
APPENDIX B — Shock response spectra and other characteristics of pulse shapes	29
APPENDIX C — Comparison between impact tests	37
FIGURES	38

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE –

Deuxième partie: Essais – Essai Ea et guide: Chocs

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 Sous-Comité 50A: Essais de chocs et de vibrations, du Comité d'Etudes n° 50 de la CEI: Essais climatiques et mécaniques.

Cette troisième édition remplace la deuxième édition de la Publication 68-2-27 de la CEI (1972). Elle comprend la Modification n° 1 (1982) et la Modification n° 2 (1983).

Elle a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
50A(BC)161 50A(BC)162	50A(BC)168 50A(BC)169

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants, mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications nos.
- 68-1 (1982): Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Première partie: Généralités et guide.
 - 68-2: Deuxième partie: Essais.
 - 68-2-29 (1986): Essai Eb et guide: Secousses.
 - 68-2-31 (1969): Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels.
 - 68-2-32 (1975): Essai Ed: Chute libre.
 - 68-2-47 (1982): Fixation de composants, matériels et autres articles pour essais dynamiques tels que chocs (Ea), secousses (Eb), vibrations (Fc et Fd) et accélération constante (Ga) et guide.
 - 68-2-XX: Essai Ee et guide: Rebondissement. (En préparation).
 - 721-3: Classification des conditions d'environnement – Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités.
 - 721-3-1: Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Stockage (à l'étude).
 - 721-3-5 (1985): Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Installations des véhicules terrestres.

Autre publication citée:

Norme ISO 2041 (1975): Vibrations et chocs – Vocabulaire.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES –**Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock**

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 test 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 subcommittee 50A: Shock and vibration tests, of IEC technical committee 50: Environmental testing.

This third edition replaces the second edition of IEC 68-2-27 (1972). It includes amendment 1 (1982) and amendment 2 (1983).

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

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

Six Months' Rule	Reports on voting
50A(CO)161 50A(CO)162	50A(CO)168 50A(CO)169

Further information can be found in the relevant reports on voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication Nos. 68-1 (1982): Basic environmental testing procedures – Part 1: General and guidance.

68-2: Part 2: Tests.

68-2-29 (1986): Test Eb and guidance: Bump.

68-2-31 (1969): Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens.

68-2-32 (1975): Test Ed: Free fall.

68-2-47 (1982): Mounting of components, equipment and other articles for dynamic tests including shock (Ea), bump (Eb), vibration (Fc and Fd) and steady-state acceleration (Ga) and guidance.

68-2-XX: Test Ee and guidance: Bounce. (In preparation.)

721-3: Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities.

721-3-1: Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Storage. (Under consideration.)

721-3-5 (1985): Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Ground vehicle installations.

Other publication quoted:

ISO 2041 (1975): Vibration and shock – Vocabulary.

ESSAIS FONDAMENTAUX CLIMATIQUES ET DE ROBUSTESSE MÉCANIQUE

Deuxième partie: Essais — Essai Ea et guide: Chocs

INTRODUCTION

Cet essai est applicable aux composants, matériels et autres produits électrotechniques, dénommés ci-après «spécimen», qui peuvent, pendant leur transport ou leur utilisation, être soumis à des chocs non répétitifs, et relativement peu fréquents. On peut également utiliser l'essai de chocs pour s'assurer que la conception d'un spécimen est satisfaisante en ce qui concerne sa robustesse de structure ainsi que comme essai d'assurance de la qualité. Il consiste essentiellement à soumettre un spécimen à des chocs non répétitifs ayant une forme normalisée d'impulsion avec une durée et une accélération de crête spécifiées.

Les rédacteurs de spécification trouveront dans l'article 11 une liste des points particuliers à prendre en considération en vue de leur inclusion dans les spécifications et, dans l'annexe A, les compléments d'information nécessaires.

1. Domaine d'application

Cet essai a pour objet de donner des règles d'exécution normalisées pour déterminer l'aptitude d'un spécimen à supporter des sévérités de chocs spécifiées.

2. Description générale

La rédaction de la présente norme s'appuie sur des formes d'impulsion prescrites. Un guide pour la sélection et l'application de ces impulsions est donné dans l'annexe A et les caractéristiques des différentes formes d'impulsion sont exposées dans l'annexe B. Cette norme comprend trois types d'impulsions, à savoir l'impulsion semi-sinusoïdale, l'impulsion en dent de scie à pointe finale et l'impulsion trapézoïdale. Le choix de la forme d'impulsion dépend de plusieurs facteurs et les difficultés inhérentes à un tel choix excluent toute préférence pour l'ordre dans lequel ces formes d'impulsion sont données dans cette norme (voir article A3).

Le but de cet essai est de mettre en évidence une défaillance mécanique ou une dégradation de caractéristiques spécifiées et d'utiliser cette information ainsi que la spécification particulière pour décider si le spécimen est acceptable ou non. On peut aussi l'utiliser dans certains cas pour déterminer la robustesse de structure des spécimens ou comme essai d'assurance de la qualité (voir article A2).

Cet essai est en premier lieu destiné aux spécimens non emballés et aux objets placés dans leur coffret de transport quand ce dernier peut être considéré comme faisant partie du spécimen lui-même.

Les chocs ne sont pas destinés à reproduire ceux qui ont lieu dans la pratique. Chaque fois que possible, la sévérité d'essai et la forme de l'impulsion de choc appliquée au spécimen doivent en principe être telles qu'elles reproduisent les effets du transport ou des conditions d'environnement réels auxquels sera soumis le spécimen, ou qu'elles correspondent aux exigences de la conception si l'objet de l'essai est d'estimer la robustesse de structure (voir articles A2 et A4).

Pour cet essai, le spécimen est toujours fixé au bâti de fixation ou à la table de la machine d'essai au choc pendant l'épreuve.

BASIC ENVIRONMENTAL TESTING PROCEDURES

Part 2: Tests — Test Ea and guidance: Shock

INTRODUCTION

This test is applicable to components, equipments and other electrotechnical products, hereinafter referred to as “specimens”, which, during transportation or in use, may be subjected to conditions involving relatively infrequent non-repetitive shocks. The shock test may also be used as a means of establishing the satisfactory design of a specimen in so far as its structural integrity is concerned and as a means of quality control. It consists basically of subjecting a specimen to non-repetitive shocks of standard pulse shapes with specified peak acceleration and duration.

Specification writers will find in Clause 11 a list of details to be considered for inclusion in specifications and in Appendix A the necessary guidance.

1. Scope

To provide a standard procedure for determining the ability of a specimen to withstand specified severities of shock.

2. General description

This standard is written in terms of prescribed pulse shapes. Guidance for the selection and application of these pulses is given in Appendix A and the characteristics of the different pulse shapes are discussed in Appendix B. Three types of pulse, namely the half-sine pulse, the final-peak saw-tooth pulse and the trapezoidal pulse are included in this standard. The choice of pulse shape depends on a number of factors, and the difficulties inherent in making such a choice preclude a preferred order being given in this standard (see Clause A3).

The purpose of the test is to reveal mechanical weakness and/or degradation in specified performance and to use this information, in conjunction with the relevant specification, to decide whether a specimen is acceptable or not. It may also be used, in some cases, to determine the structural integrity of specimens or as a means of quality control (see Clause A2).

This test is primarily intended for unpackaged specimens and for items in their transport case when the latter may be considered as part of the specimen itself.

The shocks are not intended to reproduce those encountered in practice. Wherever possible, the test severity and the shape of the shock pulse applied to the specimen should be such as to reproduce the effects of the actual transport or operational environment to which the specimen will be subjected, or to satisfy the design requirements if the object of the test is to assess structural integrity (see Clauses A2 and A4).

For the purpose of this test the specimen is always fastened to the fixture or the table of the shock-testing machine during conditioning.

Afin de faciliter l'utilisation de cette norme, la partie principale comporte des références à l'annexe A où le lecteur est prié de se reporter, de même que les numéros d'articles de la partie principale sont également rappelés dans l'annexe A.

La présente norme doit être utilisée conjointement avec la Publication 68-1 de la C E I: Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Première partie: Généralités et guide.

3. Définitions

Les termes utilisés sont généralement ceux qui sont définis dans la Norme ISO 2041 ou dans la Publication 68-1 de la C E I.

Les termes et définitions supplémentaires qui suivent sont aussi applicables au domaine de la présente norme.

3.1 Point de fixation

Partie du spécimen en contact avec le bâti de fixation ou avec la table de la machine d'essai au choc et dont on se sert normalement en utilisation pour fixer le spécimen.

3.2 Point de vérification

Point de fixation le plus proche du centre de la surface de la table de la machine d'essai au choc, à moins qu'il n'existe un point plus rigidement lié à la table, auquel cas c'est ce point qu'il faudra utiliser.

Note. — Cette définition est applicable car il n'existe qu'un seul point de vérification désigné. D'autres normes de la Publication 68-2 de la C E I comportent des définitions du «point de vérification» qui sont applicables lorsqu'on désigne plus d'un point de vérification pour le contrôle d'essai.

3.3 Sévérité de choc

Combinaison de l'accélération de crête et de la durée de l'impulsion nominale.

3.4 Variation de vitesse

Valeur absolue de la variation brusque de la vitesse du spécimen résultant de l'application d'une accélération spécifique.

Note. — La variation est normalement considérée comme brusque si elle se produit en un temps qui est court par rapport à la période fondamentale concernée.

3.5 g_n

Accélération normalisée de la pesanteur (variable en fonction de l'altitude et de la latitude).

Note. Dans le cadre de la présente norme, la valeur de g_n est arrondie à l'unité la plus proche, c'est-à-dire 10 m/s².

4. Description du moyen d'essai

4.1 Caractéristiques requises

Lorsque le spécimen est mis en place sur la machine d'essai au choc et/ou le bâti de fixation, le choc appliqué au point de vérification doit être une impulsion s'approchant de l'une des courbes nominales de l'accélération en fonction du temps tracées en traits interrompus sur les figures 1, 2 et 3, pages 38 à 40.

In order to facilitate the use of this standard, references are given in the main part where the reader is invited to refer to Appendix A and also the clause numbers in the main part are referred to in Appendix A.

This standard is to be used in conjunction with IEC Publication 68-1: Basic Environmental Testing Procedures, Part 1: General and Guidance.

3. Definitions

The terms used are generally defined in ISO Standard 2041 or IEC Publication 68-1.

The following additional terms and definitions are also applicable for the purposes of this standard.

3.1 *Fixing point*

Part of the specimen in contact with the fixture or the table of the shock testing machine and which is normally used to fasten the specimen in service.

3.2 *Check point*

Fixing point nearest to the centre of the table surface of the shock testing machine, unless there is a fixing point having a more rigid connection to the table, in which case this latter point shall be used.

Note. — This definition applies as there is only one nominated check point. Other standards in IEC Publication 68-2 contain definitions of "check point" applicable where provision is made for the control of the test by nomination of more than one check point.

3.3 *Shock severity*

Combination of the peak acceleration and the duration of the nominal pulse.

3.4 *Velocity change*

Absolute value of the sudden change of speed resulting from the application of the specified acceleration.

Note. — The change is normally considered sudden if it takes place in a time that is short compared with the fundamental period of concern.

3.5 g_n

Standard acceleration due to the earth's gravity, which itself varies with altitude and geographical latitude.

Note. — For the purposes of this standard, the value of g_n is rounded up to the nearest unity, that is 10 m/s².

4. Description of test apparatus

4.1 *Required characteristics*

When the shock testing machine and/or fixture are loaded with the specimen, the shock applied at the check point shall consist of a pulse approximating to one of the nominal acceleration against time curves given by the broken lines in Figures 1, 2 and 3, pages 38 to 40.

4.1.1 *Formes fondamentales d'impulsions*

La valeur vraie de la courbe réelle doit se trouver à l'intérieur des limites de tolérance fixées par les traits pleins de la figure correspondante.

Note. — Il convient que la spécification particulière indique les dispositions à prendre dans les cas où il n'est pas possible d'obtenir une impulsion qui passe à l'intérieur des tolérances spécifiées (voir article A5).

Les formes d'impulsion prescrites sont données ci-dessous. L'ordre dans lequel elles sont données n'indique aucune préférence.

Dent de scie à pointe finale: triangle asymétrique avec temps de descente court, conforme à la figure 1.

Semi-sinusoïde: demi-période sinusoïdale, conforme à la figure 2.

Trapèze: impulsion trapézoïdale avec temps de montée et de descente courts, conforme à la figure 3.

4.1.2 *Tolérance sur la variation de vitesse*

Quelle que soit la forme d'impulsion, la valeur réelle de la variation de vitesse doit être à $\pm 15\%$ près égale à celle qui correspond à l'impulsion nominale.

Quand la variation de vitesse est déterminée par intégration de l'impulsion réelle, ceci doit être fait entre $0,4D$ avant le début de l'impulsion et $0,1D$ après la fin de l'impulsion, D étant la durée de l'impulsion nominale.

Note. — Il convient que la spécification particulière indique les dispositions à prendre dans les cas où il n'est pas possible de respecter les tolérances sur la variation de vitesse, sans avoir recours à des moyens élaborés (voir articles A5 et A6).

4.1.3 *Mouvement transversal*

La valeur de crête positive ou négative de l'accélération relevée au point de vérification dans toute direction perpendiculaire à la direction du choc désiré ne doit pas excéder 30% de la valeur de crête de l'accélération de l'impulsion nominale dans la direction désirée, les relevés étant faits avec une chaîne de mesure conforme aux exigences du paragraphe 4.2 (voir article A5).

Note. — Il convient que la spécification particulière indique les dispositions à prendre dans les cas où il n'est pas possible de respecter les tolérances sur le mouvement transversal (voir article A5).

4.2 *Chaîne de mesure*

Les caractéristiques de la chaîne de mesure doivent être telles qu'on puisse avoir l'assurance que la valeur vraie de l'impulsion réelle, telle que mesurée au point de vérification et dans la direction désirée, est à l'intérieur des tolérances prescrites dans les figures référencées au paragraphe 4.1.1.

La réponse en fréquence de l'ensemble de la chaîne de mesure, y compris l'accéléromètre, peut avoir un effet notable sur la précision et doit respecter les limites données à la figure 4, page 41 (voir article A5).

4.3 *Fixation*

Pendant l'épreuve, le spécimen doit être fixé à la table de la machine d'essai au choc ou au bâti de fixation par ses moyens normaux de fixation. Les exigences relatives à la fixation sont données dans la Publication 68-2-47 de la C E I.

4.1.1 *Basic pulse shapes*

The true value of the actual pulse shall be within the limits of tolerance shown by the solid lines in the relevant figure.

Note. — Where it is not practicable to achieve a pulse shape falling within the specified tolerance, the relevant specification should state the alternative procedure to be applied (see Clause A5).

The prescribed pulse shapes are given below. The order in which they are given does not indicate a preference.

Final-peak saw-tooth: asymmetrical triangle with short fall time, as shown in Figure 1.

Half-sine: one half-cycle of a sine wave, as shown in Figure 2.

Trapezoidal: symmetrical trapezoid with short rise and fall times, as shown in Figure 3.

4.1.2 *Velocity change tolerances*

For all pulse shapes, the actual velocity change shall be within $\pm 15\%$ of the value corresponding to the nominal pulse.

Where the velocity change is determined by integration of the actual pulse, this shall be done from $0.4D$ before the pulse to $0.1D$ beyond the pulse, where D is the duration of the nominal pulse.

Note. — If the velocity change tolerance cannot be achieved without the use of elaborate facilities, the relevant specification should state the alternative procedure to be adopted (see Clauses A5 and A6).

4.1.3 *Transverse motion*

The positive or negative peak acceleration at the check point, perpendicular to the intended shock direction, shall not exceed 30% of the value of the peak acceleration of the nominal pulse in the intended direction, when determined with a measuring system in accordance with Sub-clause 4.2 (see Clause A5).

Note. — If the transverse motion tolerance cannot be achieved, the relevant specification should state the alternative procedure to be adopted (see Clause A5).

4.2 *Measuring system*

The characteristics of the measuring system shall be such that it can be determined that the true value of the actual pulse as measured in the intended direction at the check point is within the tolerances required by the figures referenced in Sub-clause 4.1.1.

The frequency response of the overall measuring system, which includes the accelerometer, can have a significant effect on the accuracy and shall be within the limits shown in Figure 4, page 41 (see Clause A5).

4.3 *Mounting*

The specimen shall be fastened to the shock testing machine table or fixture by its normal mounting means during conditioning. Mounting requirements are specified in I E C Publication 68-2-47.

5. Sévérités

La spécification particulière doit prescrire à la fois la forme d'impulsion et la sévérité de choc. Elle doit choisir l'une des formes d'impulsion données au paragraphe 4.1.1 et une des sévérités du tableau I.

Sauf prescription contraire, on doit utiliser une des combinaisons apparaissant sur la même ligne du tableau I. Les combinaisons préférentielles sont soulignées. Les variations de vitesse correspondantes sont également données (voir article A4).

Note. — Si, avec les sévérités données ici, on ne peut pas bien reproduire sur le spécimen les effets de l'environnement connu, la spécification particulière peut prescrire la sévérité appropriée en utilisant l'une des impulsions normalisées données dans les figures 1, 2 et 3 (voir article A4).

TABLEAU I

Accélération et durée de l'impulsion

Accélération de crête (A)	Durée correspondante de l'impulsion nominale (D)	Variation de vitesse correspondante (ΔV)		
		Semi-sinusoïde $\Delta V = \frac{2}{\pi} AD \times 10^{-3}$	Dent de scie à pointe finale $\Delta V = 0,5 AD \times 10^{-3}$	Trapèze $\Delta V = 0,9 AD \times 10^{-3}$
g_n (Equivalent en m/s^2)	ms	m/s	m/s	m/s
5	(50)	30	1,0	—
15	(150)	11	1,0	0,8
30	(300)	18	3,4	2,6
30	(300)	11	2,1	1,6
30	(300)	6	1,1	0,9
50	(500)	11	3,4	2,7
50	(500)	3	0,9	0,7
100	(1 000)	11	6,9	5,4
100	(1 000)	6	3,7	2,9
200	(2 000)	6	7,5	5,9
200	(2 000)	3	3,7	2,9
500	(5 000)	1	3,1	—
1 000	(10 000)	1	6,2	—
1 500	(15 000)	0,5	4,7	—
3 000	(30 000)	0,2	3,7	—

6. Préconditionnement

La spécification particulière peut prescrire un preconditionnement.

7. Mesures initiales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

8. Epreuve

8.1 Application des chocs

Sauf prescription contraire de la spécification particulière, trois chocs successifs doivent être appliqués dans chacun des sens de trois axes trirectangulaires du spécimen, c'est-à-dire 18 chocs au total.

5. Severities

The relevant specification shall prescribe both the pulse shape and the shock severity. One of the pulse shapes given in Sub-clause 4.1.1 and a severity given in Table I shall be chosen.

Unless otherwise specified, one of the combinations shown on the same line in Table I shall be used. The preferred combinations are underlined. The corresponding velocity changes are also given (see Clause A4).

Note. — If the effects of the known environment on the specimen cannot be reproduced by severities given here the relevant specification may prescribe an appropriate severity using one of the standard pulse shapes, shown in Figures 1, 2 and 3 (see Clause A4).

TABLE I
Acceleration and duration of the pulse

Peak acceleration (A)	Corresponding duration of the nominal pulse (D)	Corresponding velocity change (ΔV)		
		Half-sine $\Delta V = \frac{2}{\pi} AD \times 10^{-3}$	Final-peak saw-tooth $\Delta V = 0.5 AD \times 10^{-3}$	Trapezoidal $\Delta V = 0.9 AD \times 10^{-3}$
g_n (Equivalent m/s^2)	ms	m/s	m/s	m/s
5 (50)	30	1.0	—	—
15 (150)	11	1.0	0.8	1.5
30 (300)	18	3.4	2.6	4.8
30 (300)	11	2.1	1.6	2.9
30 (300)	6	1.1	0.9	1.6
50 (500)	11	3.4	2.7	4.9
50 (500)	3	0.9	0.7	1.3
100 (1 000)	11	6.9	5.4	9.7
100 (1 000)	6	3.7	2.9	5.3
200 (2 000)	6	7.5	5.9	10.6
200 (2 000)	3	3.7	2.9	5.3
500 (5 000)	1	3.1	—	—
1 000 (10 000)	1	6.2	—	—
1 500 (15 000)	0.5	4.7	—	—
3 000 (30 000)	0.2	3.7	—	—

6. Pre-conditioning

The relevant specification may call for pre-conditioning.

7. Initial measurements

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

8. Conditioning

8.1 Application of shocks

Unless otherwise prescribed by the relevant specification, three successive shocks shall be applied in each direction of three mutually perpendicular axes of the specimen, that is a total of 18 shocks.

Lorsque l'essai porte sur plusieurs spécimens identiques, on peut les orienter afin d'appliquer les chocs simultanément selon les axes et sens précités (voir article A7).

8.2 Mode de fonctionnement et surveillance

La spécification particulière doit préciser si le spécimen doit

- a) fonctionner pendant les chocs et si une surveillance du fonctionnement est requise; et/ou
- b) survivre à l'application des chocs.

Dans les deux cas, la spécification particulière doit donner les critères sur lesquels doit être fondée la décision d'acceptation ou de rejet du spécimen.

9. Reprise

La spécification particulière peut prescrire une reprise.

10. Mesures finales

Le spécimen doit être soumis aux vérifications visuelles, dimensionnelles et fonctionnelles prescrites par la spécification particulière.

La spécification particulière doit donner les critères sur lesquels doit être fondée la décision d'acceptation ou de rejet du spécimen.

11. Renseignements que doit donner la spécification particulière

Lorsque cet essai est inclus dans une spécification particulière, les détails suivants doivent être donnés pour autant qu'ils sont applicables:

	<i>Articles ou paragraphes</i>
a) Forme d'impulsion (article A3)	4.1.1
b) Tolérances, cas particuliers (article A5)	4.1.1
c) Variation de vitesse, cas particuliers (article A6)	4.1.2
d) Mouvement transversal, cas particuliers	4.1.3
e) Méthode de fixation	4.3
f) Sévérité (article A4)	5
g) Préconditionnement	6
h) Mesures initiales	7
i) Direction et nombre de chocs, dans les cas spéciaux seulement (article A7)	8.1
j) Modes de fonctionnement et surveillance	8.2
k) Critères d'acceptation et de rejet	8.2, 10
l) Reprise	9
m) Mesures finales	10
n) Coupure en haute fréquence (article A5)	Figure 4, page 41

When testing a number of identical specimens they may be so oriented that the shocks are applied simultaneously along the axes and in the directions referred to above (see Clause A7).

8.2 *Operating mode and functional monitoring*

The relevant specification shall state whether the specimen shall:

- a) operate during shock and if any functional monitoring is required;
and/or
- b) survive the conditions of shock.

For both cases the relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

9. **Recovery**

The relevant specification may call for recovery.

10. **Final measurements**

The specimen shall be submitted to the visual, dimensional and functional checks prescribed by the relevant specification.

The relevant specification shall provide the criteria upon which the acceptance or rejection of the specimen is to be based.

11. **Information to be given in the relevant specification**

When this test is included in a relevant specification, the following details shall be given as far as they are applicable.

	<i>Clause, sub-clause</i>
a) Pulse shape (Clause A3)	4.1.1
b) Tolerances, special cases (Clause A5)	4.1.1
c) Velocity change, special cases (Clause A6)	4.1.2
d) Transverse motion, special cases	4.1.3
e) Method of mounting	4.3
f) Severity (Clause A4)	5
g) Pre-conditioning	6
h) Initial measurements	7
i) Directions and number of shocks in special cases only (Clause A7)	8.1
j) Operating modes and functional monitoring	8.2
k) Acceptance and rejection criteria	8.2, 10
l) Recovery	9
m) Final measurements	10
n) High frequency cut-off (Clause A5)	Figure 4, page 41

ANNEXE A

GUIDE

A1. Introduction

Cet essai donne une méthode par laquelle on peut reproduire en laboratoire, sur des spécimens, des effets comparables à ceux qui peuvent se produire en pratique dans l'environnement auquel le spécimen sera soumis soit pendant le transport, soit pendant l'utilisation. L'intention première n'est pas nécessairement de reproduire l'environnement réel.

Les paramètres donnés sont normalisés et les tolérances adéquates sont choisies de façon à obtenir des résultats comparables lorsqu'un essai est exécuté à des endroits différents par des personnes différentes. La normalisation des valeurs permet aussi de grouper les composants en catégories correspondant à leur aptitude à supporter certaines sévérités données dans la présente norme.

Pour faciliter l'utilisation de cette annexe, on a rappelé dans le texte les numéros d'article de la partie principale.

A2. Domaine d'application de l'essai

De nombreux spécimens risquent d'être soumis à des chocs au cours de leur utilisation, de leur manutention et de leur transport. Ces chocs auront des niveaux extrêmement variables et seront aussi de nature complexe. L'essai de chocs constitue une méthode convenant bien à la détermination de l'aptitude d'un spécimen à supporter de tels chocs non répétitifs. Pour les chocs répétitifs, l'Essai Eb et guide: Secousses (Publication 68-2-29 de la CEI) est considéré comme mieux approprié (voir annexe C).

L'essai de chocs convient aussi aux essais de robustesse de structure des composants pour la qualification et/ou pour l'assurance de qualité. Dans ces conditions, il est normal d'utiliser des chocs de forte accélération ayant comme objectif premier d'appliquer une force connue à la structure interne du spécimen, en particulier ceux qui comportent une cavité interne (voir article 2).

Le rédacteur de spécification qui a l'intention de prescrire cet essai doit se référer à l'article 11 «Renseignements que doit donner la spécification particulière» afin de s'assurer qu'il a bien donné tous ces renseignements.

A3. Formes d'impulsion (article 2)

La présente norme décrit trois formes d'impulsion qui sont d'usage courant, et l'une quelconque d'entre elles peut être utilisée pour un essai (voir aussi paragraphe 4.1.1 et tableau I).

L'impulsion semi-sinusoïdale convient pour reproduire les effets de chocs résultant d'un impact avec un système linéaire ou retardé par un tel système, par exemple: impact impliquant une structure résiliente.

L'impulsion trapézoïdale procure une réponse plus élevée sur un spectre de fréquence plus large que l'impulsion semi-sinusoïdale. On peut l'utiliser lorsque le but de l'essai est de reproduire les effets des chocs de l'environnement tels que ceux de boulons explosifs lors du lancement d'une sonde spatiale ou d'un satellite.

Note. — L'impulsion semi-sinusoïdale est celle dont l'usage est le plus général. L'impulsion trapézoïdale n'est pas destinée principalement aux composants et spécimens similaires.

L'impulsion en dent de scie à pointe finale a un spectre de réponse plus uniforme que les impulsions semi-sinusoïdale ou trapézoïdale.

APPENDIX A

GUIDANCE

A1. Introduction

The test provides a method by which effects on a specimen comparable with those likely to be experienced in practice in the environment to which the specimen will be subjected during either transportation or operation can be reproduced in the test laboratory. The basic intention is not necessarily to reproduce the real environment.

The parameters given are standardized and suitable tolerances are chosen in order to obtain similar results when a test is carried out at different locations by different people. The standardization of values also enables components to be grouped into categories corresponding to their ability to withstand certain severities given in this standard.

In order to facilitate the use of this appendix, the related clause numbers of the main part are referred to herein.

A2. Applicability of test

Many specimens are liable to be subjected to shock during use, handling and transportation. These shocks will be at widely varying levels and will also be of a complex nature. The shock test provides a convenient method for establishing the ability of a specimen to withstand these conditions of non-repetitive shocks. For repetitive shocks, Test Eb and Guidance: Bump (IEC Publication 68-2-29) is considered to be more appropriate (see Appendix C).

The shock test is also suitable for structural integrity tests on component type specimens for qualification and/or for quality control purposes. It is normal under these circumstances to utilize high acceleration shocks with the main purpose of applying a known force to the internal structure of a specimen, particularly those containing cavities (see Clause 2).

The specification writer, intending to call up this test should refer to Clause 11 "Information to be given in the relevant specification", in order to ensure that all such information is provided.

A3. Pulse shapes (Clause 2)

Three shapes of shock pulse which are in general use are given in this standard and for test purposes any of these may be used (see also Sub-clause 4.1.1 and Table I).

The half-sine pulse has application when reproducing the effects of a shock resulting from impact with, or retardation by, a linear rate system, for example impact involving a resilient structure.

The trapezoidal pulse produces a higher response over a wider frequency spectrum than the half-sine pulse. It should be applied when the purpose of the test is to reproduce the effects of shock environments such as the 'explosive bolt' phase of a space probe/satellite launch.

Note. — The half-sine pulse shape is the most generally applicable. The trapezoidal pulse shape is not primarily intended for component type specimens.

The final-peak saw-tooth pulse has a more uniform response spectrum than the half-sine and trapezoidal pulse shapes.

Des renseignements sur les spectres de réponse aux chocs associés à ces impulsions sont donnés à l'annexe B.

Lorsque l'on connaît le spectre de réponse aux chocs de l'environnement fonctionnel ou de transport, il peut être bon de se reporter aux figures 5, 6 et 7, pages 42 à 44, pour choisir la forme d'impulsion qui s'en rapproche le plus. Quand on ne connaît pas le spectre de choc de l'environnement fonctionnel ou de transport, mieux vaut utiliser le tableau II qui donne une liste des sévérités et formes d'impulsion applicables à des spécimens destinés à divers genres de transport et d'utilisation.

Pour les spécimens emballés, les chocs subis lors de la manutention et du transport sont souvent d'une nature simple, ce qui permet d'utiliser une impulsion semi-sinusoidale déterminée par l'observation de la variation de vitesse.

A4. Sévérité de l'essai (articles 2 et 5)

Il faut, chaque fois que possible, déterminer la sévérité de l'essai et la forme de l'impulsion de choc appliquée au spécimen en fonction de l'environnement auquel le spécimen sera soumis, soit pendant son transport ou son utilisation, soit pour répondre aux exigences de conception si l'objet de l'essai est une estimation de la robustesse de structure.

Le transport est souvent plus sévère que l'utilisation et, dans ce cas, il peut être nécessaire de lier la sévérité choisie à celui-là. Toutefois, et bien que l'on puisse exiger seulement que le spécimen survive à son transport, on exige normalement qu'il puisse fonctionner dans les conditions de son environnement fonctionnel, s'il y a lieu. Par conséquent, il peut être nécessaire de faire des essais de chocs dans les deux conditions, en mesurant certains paramètres après l'épreuve «transport» et en faisant des vérifications fonctionnelles pendant l'épreuve «fonctionnement».

Quand on détermine la sévérité à appliquer, il faut tenir compte de l'éventuelle nécessité de prévoir une marge de sécurité suffisante entre elle et l'environnement réel.

Information on the shock spectra associated with these pulses is given in Appendix B.

Where the shock spectrum of the operational/transportation environment is known, reference should be made to Figures 5, 6 and 7, pages 42 to 44 in order to select the shape of the pulse most nearly conforming to it. Where the shock response spectrum of the operational/transportation environment is not known, reference should be made to Table II which lists the test severities and pulse shapes applicable to specimens intended for various classes of transportation and operational use.

For packaged items, the shocks encountered during handling and transportation are often of a simple nature which makes it possible to use a half-sine pulse derived from the observed velocity change.

A4. Test severity (Clauses 2 and 5)

Wherever possible, the test severity and the shape of the shock pulse applied to the specimen should be related to the environment to which the specimen will be subjected, during either transportation or operation, or to the design requirements if the object of the test is to assess structural integrity.

The transportation environment is frequently more severe than the operational environment and in these circumstances the test severity chosen may need to be related to the former. However, although the specimen may only need to survive the transportation environment it will normally be required to function during the operational environment, where appropriate. Therefore, it may be necessary to carry out shock tests under both conditions, with measurements of certain parameters after the "transportation environment" test and functional checks during the "operational environment" test.

When determining the test severity to be applied, consideration should be given to the possible need to allow an adequate safety margin between it and the conditions of the real environment.

TABLEAU II

Exemples de formes d'impulsions et de sévérités typiques de certaines applications

Ce tableau indique des sévérités qui ne sont pas obligatoires mais caractéristiques pour certaines applications. Il faut se souvenir qu'il y a des cas où les sévérités réelles diffèrent de celles que donne le tableau.

Sévérité		Forme d'impulsion	Pour les composants	Pour les matériels
Accélération de crête	Durée			
g_n (Equivalent en m/s^2)	ms			
15 (150)	11	Dent de scie à pointe finale Semi-sinusoïde Trapeze		Essai fondamental pour la robustesse, les manutentions, le transport Matériel terrestre à poste fixe ou seulement transporté, dans des emballages arrimés résistant aux chocs, par route, rail ou air
30 (300)	18	Dent de scie à pointe finale Semi-sinusoïde Trapeze		Robustesse de structure des montages Matériels installés ou transportés arrimés dans des véhicules routiers ou ferroviaires normaux ou dans des avions de transport
50 (500)	11	Dent de scie à pointe finale Semi-sinusoïde Trapeze *	Composants en emballage arrimés transportés dans des véhicules à roues (routiers ou ferroviaires normaux), avions de transport subsoniques ou supersoniques, navires de commerce ou petits bateaux Composants montés dans des matériels transportés ou installés dans des véhicules à roues (routiers ou ferroviaires normaux), avions de transport subsoniques ou petits bateaux Composants pour installation dans des matériels industriels lourds	Matériels installés ou transportés arrimés dans des véhicules tout terrain Matériels transportés sans arrimage dans des véhicules routiers ou ferroviaires normaux et pendant de longues périodes Matériels utilisés dans des zones industrielles et soumis à des chocs venant du matériel de manutention mécanique, par exemple: grues d'entrepôt, chariots élévateurs

* Non destinée principalement aux composants.

(suite du tableau page 22)

TABLE II

Examples of pulse shapes and test severities typically employed for various applications

This table lists severities which are not mandatory but which are typical of the various applications. It should be remembered that there will be instances where the real severities differ from those shown in the table.

Severity		Pulse shape	Component use	Equipment use
Peak acceleration	Duration			
g_n (Equivalent m/s^2)	ms			
15 (150)	11	Final-peak saw-tooth Half-sine Trapezoidal		General test for robustness, handling and transport Land based items permanently installed or only transported by road, rail or air in secured shock-resistant packages
30 (300)	18	Final-peak saw-tooth Half-sine Trapezoidal		Structural integrity of mountings Installed or transported in a secured position on normal road or rail vehicles or in transport aircraft
50 (500)	11	Final-peak saw-tooth Half-sine Trapezoidal*	Items in secured packages transported by wheeled vehicles (normal road or rail) subsonic or supersonic transport aircraft, merchant ships or light marine craft Items mounted in equipment transported by, or installed in, wheeled vehicles (normal road or rail) subsonic or supersonic transport aircraft, merchant ships or light marine craft Items for installation in heavy industrial equipment	Items installed or transported in a secured position in full cross-country vehicles Items carried loose in normal road or rail vehicles for long periods Items used in industrial areas and subjected to shock from mechanical handling equipment, for example: dock cranes, fork-lift trucks

* Not primarily intended for component type specimens.

(Table continued on page 23)

TABLEAU II (suite)

Sévérité		Forme d'impulsion	Pour les composants	Pour les matériels
Accélération de crête	Durée			
g_n (Equivalent en m/s^2)	ms			
100 (1 000)	6	Dent de scie à pointe finale Semi-sinusoïde Trapèze *	Composants en emballage arrimé, transportés dans des véhicules tout terrain Composants montés dans des matériels transportés ou installés dans des véhicules tout terrain Composants montés dans des matériels installés dans des avions de transport subsoniques ou supersoniques Composants montés dans des matériels transportés en vrac dans des véhicules routiers ou ferroviaires pendant de longues périodes	Chocs dus à des manutentions brutales pendant le transport routier ou ferroviaire Chocs de grande intensité dus à la mise à feu, à la séparation d'étages de fusées (véhicules spatiaux), aux secousses aérodynamiques et à la rentrée de véhicules spatiaux Matériels portables
500 (5 000)	1	Semi-sinusoïde	Essais de robustesse de structure sur semi-conducteurs, circuits intégrés, microcircuits et micro-assemblages	Chocs provoqués par le souffle d'une explosion, à terre, sur mer ou dans les airs
1 500 (15 000)	0,5	Semi-sinusoïde	Essais de robustesse de structure sur semi-conducteurs, circuits intégrés et microcircuits	

* Non destinée principalement aux composants.

TABLE II (continued)

Severity			Pulse shape	Component use	Equipment use
Peak acceleration		Duration			
g_n	(Equivalent m/s^2)	ms			
100	(1 000)	6	Final-peak saw-tooth Half-sine Trapezoidal *	Items in secured packages transported by full cross-country vehicles Items mounted in equipment transported by or installed in full cross-country vehicles Items mounted in equipment installed in subsonic or supersonic transport aircraft Items mounted in equipment carried loose in road or rail vehicles for long periods	Severe handling shocks on road or rail transport High intensity shocks due to ignition, stage separation of rockets (space vehicles), aerodynamic buffeting and re-entry of space vehicles Portable items
500	(5 000)	1	Half-sine	Structural integrity tests on semiconductors, integrated circuits, microcircuits and micro-assemblies	Blast excited shocks, land, sea or air
1 500	(15 000)	0.5	Half-sine	Structural integrity tests on semiconductors, integrated circuits and microcircuits	

* Not primarily intended for component type specimens.

Quand on ne connaît pas les conditions réelles de transport ou de fonctionnement, mieux vaut choisir la sévérité appropriée dans le tableau I. On se reportera aussi à l'article B3.

En déterminant la sévérité de l'essai, le rédacteur de spécification est invité à tenir compte des renseignements donnés dans les normes appropriées de la Publication 721 de la C E I: Classification des conditions d'environnement, Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités, par exemple la future Publication 721-3-1 de la C E I: Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités — Stockage, et la Publication 721-3-5 de la C E I: Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités — Installations des véhicules terrestres, en se souvenant que ces publications ont pour objet de donner des valeurs de chocs effectivement rencontrés dans la pratique, alors que le but de la présente norme est de normaliser des chocs susceptibles de produire les mêmes effets que les chocs réellement subis.

A5. Tolérances

La méthode d'essai décrite dans la présente norme permet d'atteindre un haut degré de reproductibilité lorsque les exigences sur les tolérances relatives à la forme d'impulsion fondamentale, à la variation de vitesse et au mouvement transversal sont respectées.

Il existe cependant quelques exceptions à ces tolérances, notamment lorsqu'il s'agit de spécimens constituant des charges fortement réactives, c'est-à-dire dont la masse et/ou la réponse dynamique peuvent influencer sur les caractéristiques de la machine d'essai au choc au point d'empêcher de respecter les tolérances spécifiées. Dans ces cas, il appartient à la spécification particulière d'élargir les tolérances ou de préciser que les résultats obtenus doivent être consignés dans le rapport d'essai (voir paragraphes 4.1.1, 4.1.2 et 4.1.3).

Quand on fait l'essai de spécimens fortement réactifs, il peut être nécessaire d'exécuter des épreuves préliminaires de chocs pour vérifier les caractéristiques de la machine d'essai au choc quand elle est chargée. Pour les spécimens complexes, quand il n'y en a qu'un ou quelques-uns de disponibles pour l'essai, l'application répétée de chocs avant l'essai définitif peut conduire à une surcharge pouvant causer des dommages cumulés non représentatifs. Dans ce cas, il est recommandé de faire, chaque fois que possible, un essai préliminaire avec un spécimen représentatif (par exemple un matériel défectueux) ou, s'il n'y en a pas, on peut être obligé d'utiliser une maquette lestée ayant la bonne masse et un centre de gravité correctement placé. Il faut cependant noter qu'une maquette a peu de chances d'avoir la même réponse dynamique qu'un vrai spécimen.

La réponse en fréquence de l'ensemble de la chaîne de mesure, y compris l'accéléromètre, conditionne dans une large mesure l'obtention de la forme d'impulsion et de la sévérité requises, et il importe qu'elle se tienne dans les limites données à la figure 4, page 41. Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser un filtre passe-bas pour diminuer l'effet des résonances en haute fréquence propres à l'accéléromètre, il faut prendre en considération les caractéristiques de phase et d'amplitude de la chaîne de mesure afin d'éviter de distordre la forme d'onde reproduite (voir paragraphe 4.2).

Pour les chocs de durée inférieure ou égale à 0,5 ms, les valeurs de f_3 et f_4 indiquées à la figure 4 peuvent paraître excessivement élevées. Dans ce cas, la spécification particulière doit indiquer les dispositions à prendre (voir paragraphe 4.2).

A6. Variation de vitesse (paragraphe 4.1.2)

Pour toutes les formes d'impulsion, la variation réelle de vitesse est spécifiée. On peut déterminer cette variation de vitesse de différentes manières, parmi lesquelles:

When the real operational or transportation environment is unknown the appropriate severity should be selected from Table I. Reference should also be made to Clause B3.

In determining the test severity, the specification writer should take into account the information given in relevant standards in IEC Publication 721: Classification of Environmental Conditions. Part 3: Classification of Groups of Environmental Parameters and their Severities, for example in the future IEC Publication 721-3-1: Part 3: Classification of Groups of Environmental Parameters and Their Severities – Storage, and IEC Publication 721-3-5: Part 3: Classification of Groups of Environmental Parameters and Their Severities – Ground Vehicle Installations, remembering that these publications list values of shocks encountered in practice whereas the intention of this standard is to standardize shock pulses for testing that are likely to produce the same effects as the real life shocks.

A5. Tolerances

The test method described in this standard is capable of a high degree of reproducibility when the tolerance requirements relating to basic pulse shape, velocity change and transverse motion are complied with.

However there are certain exceptions to these tolerance requirements and these are primarily applicable to specimens which provide a highly reactive load, that is with mass and dynamic responses which would influence the characteristics of the shock testing machine. In these cases it is expected that the relevant specification will specify relaxed tolerances or state that the values obtained shall be recorded in the test report (see Sub-clauses 4.1.1, 4.1.2 and 4.1.3).

When testing highly reactive specimens it may be necessary to carry out preliminary shock conditioning to check the characteristics of the loaded shock testing machine. With complex specimens, where only one or a limited number is provided for test, the repeated application of shock prior to the definitive test could result in an over-test and possibly unrepresentative cumulative damage. In such instances it is recommended that, whenever possible, the preliminary checking should be carried out using a representative specimen (such as rejected equipment), or, when this is not available, it may be necessary to use a weighted space model having the correct mass and centre of gravity disposition. However, it needs to be noted that a space model is unlikely to have the same dynamic response as the real specimen.

The frequency response of the overall measuring system including that of the accelerometer is an important factor in the achievement of the required pulse shape and severity and needs to be within the tolerance limits shown in Figure 4, page 41. When it is necessary to employ a low pass filter to reduce the effect of any high frequency resonances inherent in the accelerometer, the amplitude and phase characteristics of the measuring system will need to be considered in order to avoid distortion of the reproduced waveform (see Sub-clause 4.2).

For shocks of duration equal to or less than 0.5 ms, f_3 and f_4 indicated in Figure 4 may be unnecessarily high. In such instances the relevant specification should state which alternative values are to be adopted (see Sub-clause 4.2).

A6. Velocity change (Sub-clause 4.1.2)

For all pulse shapes the actual velocity change is specified. This velocity change may be determined in a number of ways, amongst which are:

- la vitesse à l'impact pour les formes d'impulsion qui n'impliquent pas de mouvement de rebond;
- la hauteur de chute et la hauteur de rebond pour les machines à chute libre;
- l'intégration de la courbe de l'accélération en fonction du temps.

Quand on spécifie une méthode d'intégration, il faut déterminer la variation réelle de vitesse, sauf spécification contraire, par intégration entre $0,4D$ avant le début de l'impulsion et $0,1D$ après l'impulsion, D étant la durée de l'impulsion nominale. Il faut noter toutefois que la détermination de la variation de vitesse par la méthode de l'intégration électronique peut être difficile et peut nécessiter un matériel compliqué. Il faut donc tenir compte du coût de cette méthode avant de la requérir.

Un des objectifs de la spécification de la variation de vitesse et des tolérances associées est d'inciter le laboratoire d'essai à réaliser une forme d'impulsion équivalant à l'impulsion nominale, c'est-à-dire bien centrée par rapport aux limites de tolérance (voir figures 1, 2 et 3, pages 38 à 40). C'est ainsi que l'on peut arriver à une bonne reproductibilité de l'essai.

Un autre objectif est lié aux spectres de réponse aux chocs des impulsions (voir article B3).

A7. Epreuve (paragraphe 8.1)

Une des exigences fondamentales de l'essai est l'application de trois chocs dans six directions. Quand il n'est pas nécessaire de faire l'essai dans chacune des six directions, par exemple pour raison de symétrie ou parce qu'il existe clairement des directions dans lesquelles les effets du choc seront moindres, la spécification particulière peut modifier le nombre de directions, mais ne doit en principe pas modifier le nombre de chocs par direction. En fait, le nombre de spécimens disponibles, leur complexité, leur coût et les orientations possibles constituent des facteurs qui peuvent avoir aussi besoin d'être pris en considération.

Comme le but de cet essai n'est pas de provoquer une fatigue des spécimens, on peut, s'ils sont identiques et assez nombreux, les orienter de telle sorte que les exigences d'axes et de directions multiples de la spécification particulière puissent être satisfaites par l'application de trois chocs dans une seule direction.

Selon le nombre de spécimens identiques qui sont disponibles et selon les dispositifs de fixation, dans le cas des composants en particulier, on tâchera d'orienter les spécimens de façon à satisfaire aux exigences de la spécification avec un nombre réduit de chocs appliqués.

Par exemple, si l'on dispose de six spécimens, on pourra les fixer dans six orientations différentes de telle sorte que les exigences de la spécification soient satisfaites en utilisant la machine d'essai au choc dans une seule direction. Si l'on dispose de trois à cinq spécimens, il convient d'appliquer les chocs dans deux directions. De même, pour deux spécimens, il convient d'utiliser trois directions et pour un seul spécimen, les six directions devront être utilisées.

Lorsque l'on ne dispose que d'un seul spécimen, il faut lui appliquer les 18 chocs, mais alors l'essai prend un sens quelque peu différent, avec la possibilité de n'être pas représentatif. C'est pourquoi il est important que le rédacteur de spécification donne à ce sujet toute l'attention qu'il mérite.

- the impact velocity for shock pulses not involving rebound motion;
- the drop and rebound height where free fall facilities are used;
- integration of the acceleration/time curve.

When specifying integrating techniques, unless otherwise stated, the actual velocity change should be determined by integrating between the limits of $0.4D$ before the start of the pulse and $0.1D$ beyond the pulse, where D is the duration of the nominal pulse. It should be noted, however, that determination of the velocity change using the electronic integrating method can be difficult and may require the use of elaborate facilities. The cost implication should be considered before invoking this method.

One purpose of specifying the velocity change, and its associated tolerance, is to encourage the test laboratory to achieve a pulse equivalent to the nominal pulse, that is central within the tolerance boundaries of the pulse (see Figures 1, 2 and 3, pages 38 to 40). In this way, the reproducibility of the test is maintained.

Another purpose is associated with the shock response spectra of pulses (see Clause B3).

A7. Conditioning (Sub-clause 8.1)

One of the basic requirements of the test is to apply three shocks in each of six directions. When it is unnecessary to test in all six directions, for example because of symmetry or because there are clearly directions in which the effects of the shock would be less, the relevant specification may modify the number of directions, but it should not normally modify the number of shocks per direction. In practice, the number of specimens available, their complexity, cost and possible orientation, are factors which may also need to be taken into consideration.

Since it is not the intention of this test to induce fatigue in specimens, if a sufficient number of identical specimens is available they may be oriented such that the multiple axis/direction requirements of the relevant specification can be met by the application of three shocks in one direction only.

Depending on the number of identical specimens available and the mounting arrangements, particularly in the case of components, the specimens may be oriented to allow the requirements of the specification to be satisfied with a minimum number of shock applications.

For example, if six specimens are available, they may be mounted with six different orientations so that the requirements of the specification are satisfied by the application of shocks in one direction only by the shock testing machine. If three to five specimens are available, the shocks would need to be applied to the mounted components in two directions. Similarly, for two specimens, three directions would be required and for a single specimen, all six directions would be required.

When only one specimen is available, 18 shocks need to be applied but the test will then take on a somewhat different character with the possibility of it being non-representative. It is important, therefore, that the relevant specification writer give this matter adequate thought.

ANNEXE B

SPECTRES DE RÉPONSE AUX CHOCs ET AUTRES CARACTÉRISTIQUES
DES FORMES D'IMPULSION

INTRODUCTION

Afin d'utiliser les améliorations de la technique en matière d'essais de chocs, pour permettre de futurs développements de machines d'essai au choc, l'essai Ea prescrit qu'une forme d'impulsion parmi trois, avec une sévérité donnée, soit appliquée aux points de fixation du spécimen, et ne limite pas l'essai à des machines déterminées. Il faut choisir les formes d'impulsion et la sévérité en rapport avec les considérations techniques propres au projet ou au type de spécimen.

Toutes les méthodes sont considérées comme acceptables du point de vue de la reproductibilité des conditions d'essai spécifiées et pour reproduire les effets des environnements de choc réels. Afin d'obtenir des essais qui soient à la fois reproductibles et capables d'être reliés à une application pratique, certains concepts de base ont été pris en considération pour définir la méthode d'essai de l'essai de chocs. Ces concepts sont décrits ci-après.

B1. Le concept du spectre de réponse aux chocs

Lors de la préparation des méthodes de chocs, les spectres de réponse aux chocs des diverses formes d'impulsion ont été pris en considération parce qu'ils donnent une représentation utile du potentiel destructif des chocs dans de nombreux cas pratiques importants. Il faut toutefois reconnaître qu'ils ont, à certains points de vue, une application limitée.

Ce spectre de réponse aux chocs peut être considéré comme la représentation de la valeur maximale de la réponse en accélération de systèmes non amortis, à masse et ressort, sous l'action d'une excitation de choc donnée, en fonction de la fréquence de résonance du système. L'accélération maximale de systèmes oscillatoires détermine, dans la plupart des cas, la contrainte mécanique maximale appliquée à leurs points d'attache et le déplacement relatif maximal de leurs parties élastiques.

Soit le bâti de la figure 8, page 45, soumis à une excitation de choc ayant une forme d'impulsion donnée, c'est-à-dire une valeur de l'accélération en fonction du temps $d^2x_i/dt^2 = a(t)$ donnée. Les réponses des systèmes seront des oscillations dont l'amplitude de l'accélération des masses m variera différemment en fonction du temps suivant leur fréquence de résonance (f_1, f_2, f_3 , etc.)

Un exemple de forme d'impulsion ayant une valeur de crête A et une durée D est indiqué à la figure 9a, page 46. Elle donne des réponses $d^2x_i/dt^2 = a_i(t)$, etc., comme indiqué sur la figure 9b, page 46.

Les spectres de réponse aux chocs (figure 9c, page 46) résultent de la considération d'un nombre infini de fréquences de résonance et sont tracés à partir des différentes accélérations extrêmes des réponses $a_{\max}$, de la figure 9b, obtenues pour des fréquences de résonance de systèmes linéaires à ressorts non amortis, et en fonction de ces fréquences.

Le spectre initial positif, +I, à la figure 9c, est le tracé de la valeur maximale de l'accélération se produisant pendant la durée de l'impulsion et dans le même sens que cette impulsion: $a_{\max}(+I)$ de la figure 9b.

Le spectre résiduel positif, +R, est le tracé de la valeur maximale de l'accélération se produisant après la fin de l'impulsion et dans le même sens que cette impulsion: $a_{\max}(+R)$.

APPENDIX B

SHOCK RESPONSE SPECTRA AND OTHER CHARACTERISTICS
OF PULSE SHAPES

INTRODUCTION

In order to utilize improved techniques in shock testing and to allow for further development of shock testing machines, Test Ea requires one of three pulse shapes, with a stated severity, to be applied to the specimen fixing points and does not restrict the testing to specific machines. The choice of pulse shape and severity should be made in accordance with technical considerations appropriate to the project or type of specimen.

All methods should be regarded as acceptable from the standpoint of reproducibility of the specified test condition and for reproducing the effects of actual shock environments. In order to obtain tests which are both reproducible and which can be related to practical application, certain basic concepts have been taken into consideration in producing the test procedure for the shock test. The concepts involved are given below.

B1. The shock response spectrum concept

The acceleration shock response spectra of various pulse shapes have been considered when preparing the shock test procedures, because they give a useful measure of the damage potential of the shocks in many important practical cases. It must be recognized, however, that from certain points of view, they have limited applicability.

The acceleration shock response spectrum can be regarded as the maximum acceleration response to a given shock excitation of undamped mass-spring systems as a function of the resonance frequencies of the systems. The maximum acceleration of oscillatory systems determines in most cases the maximum mechanical stress of attachments and the maximum relative displacement of elastic members.

Let the framework of Figure 8, page 45, be subjected to a shock excitation with a given pulse shape, i.e. time history of the acceleration $d^2x_f/dt^2 = a(t)$. The response of the system will be oscillations with different acceleration time histories for the masses m depending on the resonance frequency (f_1, f_2, f_3 , etc.).

An example of pulse shape with peak value A and duration D is shown in Figure 9a, page 46, giving response accelerations $d^2x_1/dt^2 = a_1(t)$, etc., as shown in Figure 9b, page 46.

The shock response spectra (Figure 9c, page 46) result from an infinite number of resonance frequencies and are plots of the different extreme acceleration responses $a_{\max}$ in Figure 9b as functions of resonance frequency for the undamped linear mass-spring system.

The positive initial shock spectrum, +I, in Figure 9c is the plot of the maximum response occurring during the pulse duration in the same direction as the exciting pulse: the $a_{\max}(+I)$ in Figure 9b.

The positive residual shock spectrum, +R, is the plot of the same maximum response occurring after the pulse duration and in the same direction as the pulse: the $a_{\max}(+R)$.

Le spectre initial négatif, $-I$, est le tracé de la valeur maximale de l'accélération se produisant pendant la durée de l'impulsion en sens opposé à cette impulsion: $a_{\max}(-I)$.

Le spectre résiduel négatif, $-R$, est le tracé de la valeur maximale de l'accélération se produisant après la fin de l'impulsion en sens opposé à cette impulsion: $a_{\max}(-R)$.

Les quatre spectres sont tracés à la figure 9c, avec l'indication des fréquences de résonance du bâti données à titre d'exemple.

Comme l'amortissement est supposé nul, la réponse devient, après la fin de l'impulsion, une oscillation sinusoïdale permanente de valeur moyenne nulle. De la sorte, les accélérations maximales résiduelles positives et négatives ont une même valeur absolue. En général la résiduelle positive est indiquée dans la présentation des spectres de réponse.

Le spectre initial négatif a, pour les formes d'impulsion considérées ici, une amplitude qui est, à une fréquence donnée, inférieure à celle du spectre initial positif. C'est pourquoi les méthodes d'essai de choc prescrivent un essai dans les deux sens de chacun des axes. L'accélération maximale de toutes les parties du spécimen sera ainsi déterminée par le spectre initial positif dans les deux sens. Il ne sera plus question dans ce qui suit du spectre initial négatif.

L'enveloppe des spectres initial et résiduel positifs donne l'accélération maximale des réponses de masses quel que soit l'instant où elle se produit. Elle est appelée spectre de réponse «maximax». Toutefois, pour donner clairement les renseignements requis, les spectres initiaux et résiduels ont été tracés séparément. En pratique, il est souvent difficile de trouver la durée exacte de l'impulsion et, dans ces cas, il est impossible de déterminer ces spectres séparément.

Les spectres de tous les chocs ayant la même forme d'impulsion peuvent être normés par rapport à leur valeur de crête et à leur durée. Si, au lieu de f et de $a_{\max}$, les échelles des coordonnées sont fD et $a_{\max}/A$, les spectres de réponse aux chocs sont applicables à tous les chocs ayant la même forme. Les spectres donnés ici ont pour cela deux échelles de coordonnées: $a_{\max}/A$ en fonction de fD et $a_{\max}$ en fonction de f pour un cas particulier de durée et d'accélération de crête.

B2. Utilisation des spectres de réponse aux chocs du premier ordre dans des cas pratiques

Dans les composants et les matériels, les parties internes forment généralement des systèmes plus compliqués que les systèmes non amortis, par exemple des systèmes à plusieurs degrés de liberté amortis connectés en série comme indiqué à la figure 10, page 47. Dans ce cas, les oscillations excitées par choc produites sur l'ensemble extérieur peuvent causer des dommages dans les systèmes intérieurs par suite des effets des résonances de couplage. Ces effets peuvent être décrits par une série de spectres de réponse aux chocs d'ordre supérieur, applicables à une combinaison donnée de fréquences de résonance de sous-systèmes à masse et ressort.

Si les fréquences de résonance de systèmes connectés en série sont suffisamment bien séparées, le spectre de réponse aux chocs du premier ordre donne une mesure suffisante de comparaison des potentiels destructifs des chocs de formes différentes.

La plus grande valeur de l'accélération des masses internes est atteinte lorsque les résonances sont excitées pendant la durée de l'impulsion. Dans ce cas, l'accélération due aux oscillations sera superposée à celle du choc lui-même. Ainsi, il sera évident, d'après l'article B3, que la plus grande chance de détérioration sera, à cet égard, obtenue en utilisant des impulsions à temps de montée faible.

En général, l'amortissement aura pour effet de diminuer les réponses aux fréquences moyennes en cours d'impulsion et aux fréquences moyennes et hautes après l'impulsion.

The negative initial shock spectrum, $-I$, is the plot of the maximum response during the pulse in the opposite direction to the exciting pulse: the $a_{\max}(-I)$.

The negative residual shock spectrum, $-R$, is the plot of the maximum response after the pulse in the opposite direction to the pulse: $a_{\max}(-R)$.

All four spectra are shown in Figure 9c with the examples of resonance frequencies of the framework also noted.

As the damping is assumed to be zero, the response after the pulse duration is a steady sinusoidal oscillation around zero acceleration. Thus, the positive residual and negative residual are images in the frequency axis of each other. Usually, only the positive residual is shown in presenting acceleration response spectra.

The negative initial spectrum is everywhere less in magnitude than the positive initial spectrum for the pulse shapes of concern here. The shock testing procedure therefore requires testing in both directions along each axis. The maximum acceleration for the parts will then be determined by the positive initial spectrum in both directions. The negative initial spectrum is therefore omitted in the following.

The envelope of the positive initial and positive residual spectra shows the maximum response acceleration of the masses whenever it occurs. It is called the "maximax" shock response spectrum. However, in order to convey the requisite information clearly the initial and residual spectra are plotted separately. In practice, it is often difficult to find the precise pulse duration, and in such cases, it is impracticable to determine these spectra individually.

The spectra can easily be generalized with respect to peak value and duration for all shocks with the same pulse shape. If, instead of f and $a_{\max}$, the co-ordinate scales fD and $a_{\max}/A$ are chosen, the shock spectra will be valid for any shocks of the same pulse shape. The spectra given here have therefore two co-ordinate scales: $a_{\max}/A$ as a function of fD and $a_{\max}$ as a function of f for a particular example of duration and peak acceleration.

B2. The use of first order shock response spectra in practical cases

In components and equipments, the internal parts generally form more complicated systems than undamped systems, for instance series-connected multi-degree-of-freedom systems with damping, as shown in Figure 10, page 47. In this case, shock excited oscillations in one outer system may cause damage to an inner system by coupled resonance effects. These effects can be described by sets of higher order shock spectra, valid for given combinations of resonance frequencies of the mass-spring sub-systems.

If the resonance frequencies of the series-connected systems are separated to any significant extent, the first order shock spectrum gives a reasonable measure for comparing the damage potential of shocks of different pulse shapes.

The highest acceleration of the internal masses will be reached when resonances are excited during the period of the pulse. In this case, the oscillation acceleration will be superimposed upon that of the pulse itself. Hence, it will be evident from Clause B3 that the greatest liability to damage in this respect will be when using short rise time pulses.

In general, damping will decrease the response at medium frequencies during the pulse and at both medium and higher frequencies after the pulse. The damping will decrease both the

L'amortissement diminuera à la fois l'amplitude et la durée d'oscillation, et atténuera donc la réponse de tout système interne. Le potentiel destructif d'un choc est donc en général plus faible pour les systèmes amortis que pour ceux qui ne le sont pas, en particulier pour les systèmes à plusieurs degrés de liberté. Les spectres de réponse aux chocs des systèmes non amortis représentent le pire des cas possibles.

Les spectres de réponse aux chocs ne décrivent donc pas complètement le potentiel destructif des chocs. Néanmoins, cette présentation simplifiée est suffisante pour permettre le choix d'une forme d'impulsion appropriée aux configurations réelles.

Avant de comparer les spectres de réponse en accélération aux chocs, pour faire un essai de choc correct, estimer l'importance des réponses oscillatoires prolongées représentées par les spectres résiduels vis-à-vis des réponses de courte durée représentées par le spectre initial. Cette estimation tiendra compte des modes de défaillance possibles.

B3. Spectres de réponse aux chocs des formes d'impulsions nominales

Les spectres de réponse aux chocs des formes d'impulsion nominales recommandées sont indiqués sur les figures 5, 6 et 7, pages 42 à 44.

En raison de l'utilisation d'échelles sans dimensions, la forme des spectres de réponse aux chocs est la même pour une même forme d'impulsion quelle qu'en soit la durée. L'échelle des fréquences normées fD permet la détermination des échelles de fréquence pour toute durée D donnée. L'échelle des réponses normées, $a_{\max}/A$, permet la détermination des échelles d'accélération pour toute valeur de crête A .

Aux basses fréquences et où $fD < 0,2$, les spectres initiaux sont sensiblement les mêmes alors que les spectres résiduels sont sensiblement proportionnels à la variation de vitesse de l'impulsion. C'est une des raisons de la prescription supplémentaire sur la tolérance de la variation de vitesse. L'impulsion trapézoïdale a la plus grande variation de vitesse correspondant à une valeur de crête de l'accélération et à une durée données.

Dans la gamme intermédiaire $0,2 \leq fD \leq 10$, les spectres initiaux présentent des différences en niveau dépendant du temps de montée de l'impulsion. La dent de scie à pointe finale, qui a le plus grand temps de montée, a la réponse la plus faible pour une valeur de crête de l'impulsion donnée. L'impulsion trapézoïdale a la réponse la plus élevée pour une valeur de crête de l'accélération en raison de son temps de montée court et du palier de crête qui permet même aux oscillations de basse fréquence d'atteindre cette valeur avant que la valeur instantanée de l'impulsion qui les crée ne décroisse. Le spectre résiduel de la dent de scie présente aussi une zone relativement élevée et plate jusqu'au premier zéro qui se produit aux environs de $fD = 10$. La fréquence de ce zéro dépend du rapport entre les temps de montée et de descente, la fréquence croissant pour des chutes plus raides de la pointe finale. Les spectres résiduels de la semi-sinusoïde et de l'impulsion trapézoïdale ont des zéros répétés commençant à des fréquences relativement basses, $fD = 1$ environ. Cela est dû à la symétrie de ces impulsions et c'est un grand désavantage du point de vue de la reproductibilité des essais. Des variations légères de durée ou de symétrie peuvent provoquer des modifications considérables des réponses résiduelles et donner des résultats d'essai différents.

Aux fréquences élevées, le spectre initial est voisin de $a_{\max}/A = 1$ et le spectre résiduel est nul. En effet, par exemple une masse sur un ressort très rigide suit de près les variations d'accélération de l'impulsion incidente. Cette constatation est valable pour toutes les formes d'impulsions qui ont des temps de montée et de descente finis.

B4. Effet des ondulations

Les systèmes oscillatoires à amortissement faible ou nul sont très sensibles aux ondulations se trouvant sur l'impulsion. A titre d'exemple, les effets produits sur le spectre de réponse aux

amplitude and the duration of oscillation and attenuates thereby the response of any inner system. The damage potential of a shock is therefore in general lower for damped systems than for undamped, particularly for multi-degree-of-freedom systems. The shock response spectra of undamped systems represent the worst possible cases.

Acceleration shock response spectra therefore do not describe completely the damage potential of the shock. Nevertheless, this simplified presentation is sufficient to allow an appropriate pulse shape to be chosen for actual configurations.

Before comparing shock response spectra, accurate shock testing requires a judgement of the importance of prolonged response oscillations represented by the residual spectra, compared with the short responses represented by the initial spectra. The judgement should be based on possible failure modes.

B3. The shock response spectra of the nominal pulse shapes

The acceleration shock response spectra of the recommended nominal pulse shapes are shown in Figures 5, 6 and 7, pages 42 to 44.

The form of the spectra for the same pulse shape is the same irrespective of pulse duration due to the use of non-dimensional scales. The normalized frequency scale fD allows frequency scales for any duration D to be determined. The generalized response scale, $a_{\max}/A$, allows the determination of acceleration scales for any peak value A .

At low frequencies and for $fD < 0.2$, the initial spectra are nearly the same, while the residual spectra are nearly proportional to the velocity change of the pulse. This is one reason for the additional tolerance requirement on velocity change. The trapezoidal pulse shape has the highest velocity change for a given peak acceleration and duration.

In the intermediate frequency range $0.2 \leq fD \leq 10$, the initial spectra show differences in level depending mainly on the rise time of the pulse. The final-peak saw-tooth pulse has the longest rise time and shows the lowest response for a given value. The trapezoidal pulse shows the highest response for a given peak acceleration value due to the short rise time and the flatness of the peak, allowing even the low-frequency oscillations to reach their peak before the instantaneous value of the originating pulse falls. The residual spectrum of the saw-tooth pulse also shows a relatively high and smooth course up to the first zero at approximately $fD = 10$. The frequency of this zero depends on the ratio of the rise and fall times, the frequency increasing for steeper fall of the final peak. The residual spectra of the half-sine and trapezoidal pulses have repeated zeros beginning at relatively low frequencies, approximately $fD = 1$. This is due to the symmetry of these pulses and is a great disadvantage from the point of view of reproducibility of the tests. Slight changes in pulse duration or symmetry may cause considerable changes in residual response and give different test results.

At higher frequencies, the initial spectra approach $a_{\max}/A = 1$ and the residual spectra zero. This is illustrated by the fact that a mass on a very stiff spring follows closely the acceleration-time history of the exciting pulse. The statement is valid for all pulse shapes having finite rise and fall times.

B4. The effect of ripple

Oscillatory systems with low or no damping are very sensitive to ripple on the pulse. As an example, the effect on the shock spectrum of a half-sine pulse is shown in Figure 11, page 48.

chocs d'une semi-sinusoïde sont indiqués à la figure 11, page 48. Un signal de 460 Hz d'amplitude 50 m/s^2 ($5 g_n$) est superposé à la semi-sinusoïde nominale de 500 m/s^2 ($50 g_n$) et 11 ms (ondulation de 10%, $Q = 5$). Un rapport d'amortissement de 10% est appliqué à l'ondulation après l'impulsion nominale. On obtient une impulsion théorique comparable aux impulsions réelles qui peuvent être obtenues par des générateurs de chocs. Comme on peut le voir, l'effet est considérable, principalement sur le spectre résiduel. Une augmentation de l'ondulation jusqu'à 20% ferait croître la valeur de crête jusqu'à environ $a_{\max}/A = 4$. En général il faut s'efforcer d'éviter le plus possible les ondulations de façon à préserver la reproductibilité de l'essai.

Les ondulations dans la gamme des basses fréquences ($fD < 0,2$) ont un effet négligeable. Les ondulations de plus haute fréquence ($fD \geq 0,2$) donnent des pointes à la fréquence de l'ondulation, la réponse croissant avec la fréquence pour une même amplitude de l'ondulation. Le spectre résiduel est toujours plus affecté que le spectre initial. Le spectre initial d'une impulsion ayant un temps de montée court, l'impulsion trapézoïdale par exemple, n'est sensible qu'aux ondulations de hautes fréquences. Le spectre initial de la dent de scie à pointe finale est très sensible aux ondulations dans toute la gamme des fréquences intermédiaires ou élevées.

Les ondulations qui sont faiblement amorties et qui s'étendent donc pendant un temps appréciable après la fin de l'impulsion nominale peuvent affecter considérablement le spectre résiduel.

Lorsqu'il existe des ondulations excessives, les résultats de l'essai de choc peuvent être notablement différents de ceux que donne un essai où les ondulations sont dans les limites spécifiées. Les gammes de tolérance sur la forme de l'impulsion nominale ont pour but de tenir compte aussi bien des distorsions de forme que des ondulations permises.

B5. Reproduction des effets de diverses impulsions de chocs par une seule impulsion

Les formes d'impulsions de chocs recommandées ne sont pas destinées à simuler les chocs rencontrés en pratique, mais à reproduire les effets de l'environnement réel. Il est donc nécessaire, pour les essais de chocs, de considérer les spectres de réponse aux chocs appropriés à l'environnement réel. Ces renseignements se limitent souvent à une distribution statistique des accélérations de crête ou, au stade du projet, à une estimation de niveau.

Il est donc souvent possible de reproduire, avec une seule impulsion, les effets de nombreux chocs de valeur de crête donnée et de durée variable.

La figure 12, page 49, donne une comparaison des spectres d'une série d'impulsions semi-sinusoïdales avec celui d'une seule dent de scie ayant une valeur de crête plus élevée. Malgré un certain excès de sévérité par rapport au spectre initial, ces spectres se recouvrent largement.

A 460 Hz signal of 50 m/s^2 ($5 g_n$) amplitude is superimposed on the nominal 500 m/s^2 ($50 g_n$) and 11 ms half-sine pulse (10% ripple, $Q = 5$). After the nominal pulse a damping ratio of 10% is applied to the ripple. This produces a theoretical pulse comparable with the actual pulses which may be obtained by shock generators. The effect as can be seen is considerable, especially on the residual spectrum. An increase of the ripple to 20% would increase the peak values to around $a_{\text{max}}/A = 4$. In general, ripple should therefore be avoided as far as possible in order to preserve reproducibility of the test.

Ripple frequencies in the low frequency range (where $fD < 0.2$) have a negligible effect. Frequencies in the higher ranges (where $fD \geq 0.2$) give peaks at the ripple frequency, the response increasing with higher frequencies for a constant ripple amplitude. The residual spectrum is always relatively more affected than the initial. The initial spectrum of the pulse shape with short rise time, the trapezoidal, is sensitive only to high-frequency ripple. The initial spectrum of the final-peak saw-tooth is very sensitive to ripple in the whole intermediate and high frequency range.

Ripple which is only slightly damped and therefore extends for an appreciable time after the end of the nominal pulse can affect the residual spectrum considerably.

When excessive ripple is present, the results of a shock test could be significantly different from those obtained in a test where ripple is within the specified tolerance bands. The tolerance bands around the nominal pulse shapes are intended to take care of permitted ripple as well as other shape distortions.

B5. Reproducing the effects of various shock pulses by a single pulse

The recommended shock pulses are not intended to simulate the shocks encountered in practice, but to reproduce the effects of the real environment. For shock testing, therefore, consideration of the shock spectra of the real environment is necessary. However, this information is often limited to a statistical distribution of peak acceleration or to an estimation of design level.

It is often possible to reproduce with a single pulse the effects of a number of shocks of given peak value and varying duration.

Figure 12, page 49, provides a comparison of the response spectra of a series of half-sine pulses with the response spectrum of a single saw-tooth waveform of higher peak value. Although there is some overtesting with regard to the initial spectrum there is a considerable degree of overlap of these spectra.

ANNEXE C

COMPARAISON ENTRE LES ESSAIS D'IMPACT

- | | |
|--|--|
| Essai Ea et guide: Chocs
(Publication 68-2-27 de la C E I) | — est destiné à reproduire les effets de chocs non répétitifs que peuvent subir composants et matériels pendant leur utilisation ou leur transport. |
| Essai Eb et guide: Secousses
(Publication 68-2-29 de la C E I) | — est destiné à reproduire les effets de chocs répétitifs que peuvent subir composants et matériels pendant leur transport ou lorsqu'ils sont installés dans certains véhicules. |
| Essai Ec: Chute et culbute, essai destiné en premier lieu aux matériels
(Publication 68-2-31 de la C E I) | — essai simple destiné à estimer l'effet de coups et de cahots auxquels peuvent être soumis surtout les matériels au cours des travaux de réparation ou de manutentions brutales sur une table ou un établi. |
| Essai Ed: Chute libre
(Publication 68-2-32 de la C E I)
méthode 1 — Chute libre | — essai simple destiné à estimer l'effet de chutes pouvant survenir lors de manutentions brutales. Convient aussi pour démontrer une certaine robustesse. |
| Essai Ed: Chute libre
(Publication 68-2-32 de la C E I)
méthode 2 — Chutes libres répétées | — est destiné à reproduire les effets de chocs répétés auxquels peuvent être soumis certains composants, par exemple des connecteurs au cours de leur utilisation. |
| Essai Ee et guide: Rebondissement
(Publication 68-2-XX de la C E I)
(En préparation) | — est destiné à reproduire les effets de chocs aléatoires auxquels peuvent être soumis des spécimens qui peuvent être transportés non arrimés dans des véhicules à roues en terrain irrégulier. |

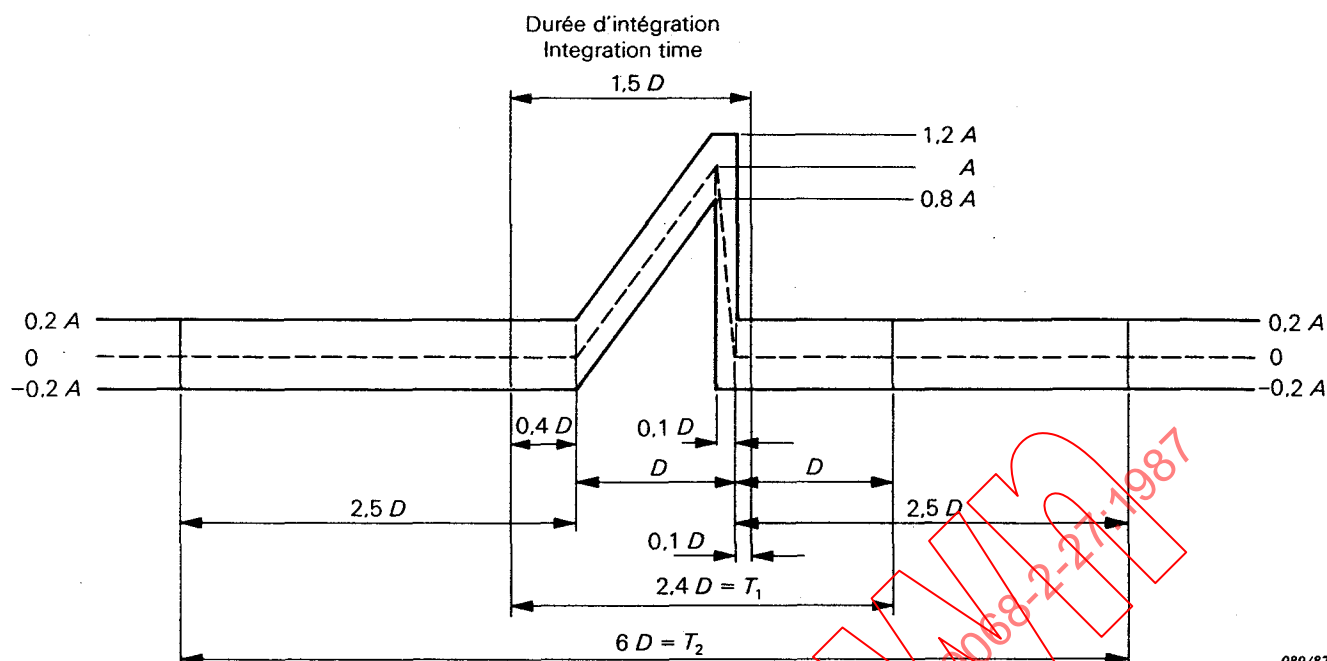
Les essais de chocs et de secousses sont exécutés sur des spécimens fixés sur la machine d'essai au choc. Les essais de chute et culbute, de chute libre, de chutes libres répétées et de rebondissement sont exécutés sur des spécimens non fixés.

APPENDIX C

COMPARISON BETWEEN IMPACT TESTS

- | | |
|---|--|
| Test Ea and guidance: Shock
(I E C Publication 68-2-27) | — is intended to reproduce the effects of non-repetitive shocks likely to be encountered by components and equipment in service and during transportation. |
| Test Eb and guidance: Bump
(I E C Publication 68-2-29) | — is intended to reproduce the effects of repetitive shocks likely to be experienced by components and equipment during transportation or when installed in various classes of vehicles. |
| Test Ec: Drop and topple, primarily for equipment-type specimens
(I E C Publication 68-2-31) | — is a simple test intended to assess the effects of knocks or jolts likely to be received primarily by equipment-type specimens during repair work or rough handling on a table or bench. |
| Test Ed: Free fall
(I E C Publication 68-2-32)
Procedure 1 — Free fall | — is a simple test intended to assess the effects of falls likely to be experienced due to rough handling. It is also suitable for demonstrating a degree of robustness. |
| Test Ed: Free fall
(I E C Publication 68-2-32)
Procedure 2 — Free fall repeated | — is intended to reproduce the effects of repetitive shocks likely to be received by certain component type specimens, for example connectors in service. |
| Test Ee and guidance: Bounce
(I E C Publication 68-2-XX)
(In preparation) | — is intended to reproduce the effects of the random shock conditions experienced by specimens which may be carried as loose cargo in wheeled vehicles travelling over irregular surfaces. |

Shock and bump tests are performed on the specimen when fixed to the shock testing machine. Drop and topple, free fall, repeated free fall and bounce tests are performed with the specimen free.



089/87

----- impulsion nominale
nominal pulse

— limites des tolérances
limits of tolerance

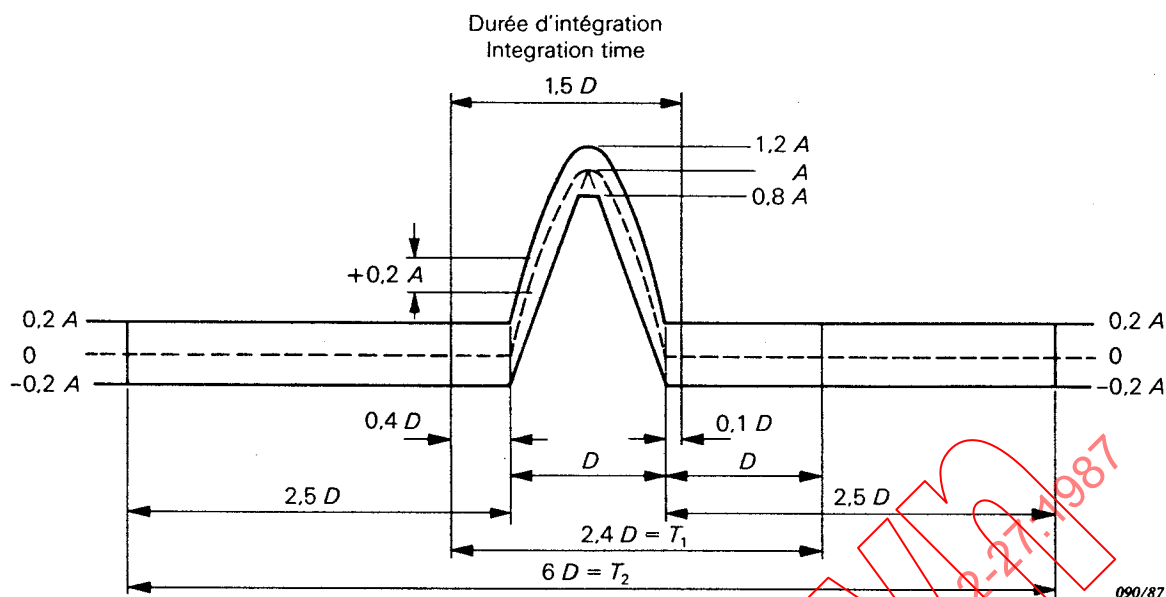
D = durée de l'impulsion nominale
duration of nominal pulse

A = accélération de la crête de l'impulsion nominale
peak acceleration of nominal pulse

T₁ = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec machines d'essai de chocs normales
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a conventional shock testing machine

T₂ = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec générateur de vibrations
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a vibration generator

FIG. 1. — Impulsion en dent de scie à pointe finale.
Final-peak saw-tooth pulse.



----- impulsion nominale
nominal pulse

— limites des tolérances
limits of tolerance

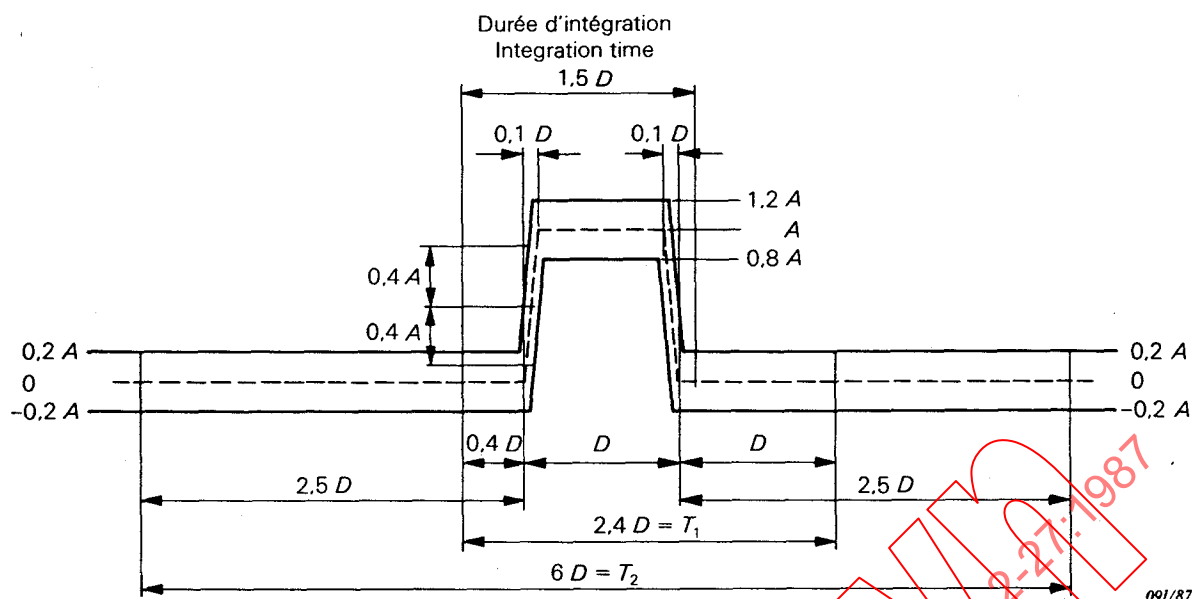
D = durée de l'impulsion nominale
duration of nominal pulse

A = accélération de la crête de l'impulsion nominale
peak acceleration of nominal pulse

T_1 = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec machines d'essai de chocs normales
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a conventional shock testing machine

T_2 = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec générateur de vibrations
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a vibration generator

FIG. 2. — Impulsion demi-sinusoidale.
Half-sine pulse.



091/87

----- impulsion nominale
nominal pulse

— limites des tolérances
limits of tolerance

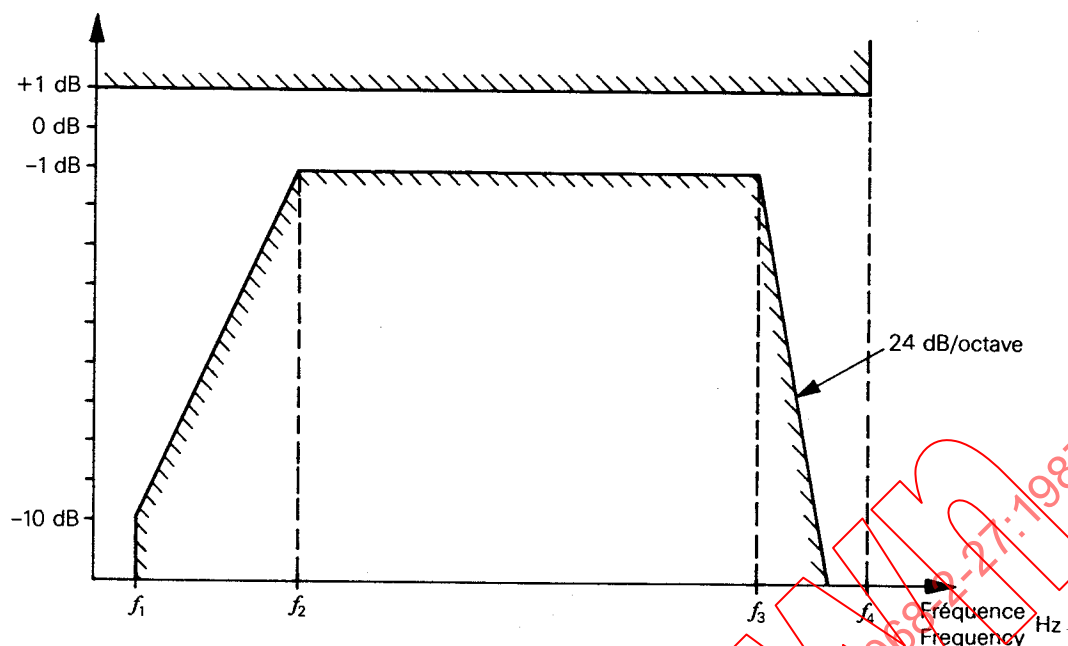
D = durée de l'impulsion nominale
duration of nominal pulse

A = accélération de la crête de l'impulsion nominale
peak acceleration of nominal pulse

T_1 = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec machines d'essai de chocs normales
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a conventional shock testing machine

T_2 = durée minimale pendant laquelle il faut surveiller l'impulsion, dans le cas des chocs réalisés avec générateur de vibrations
minimum time during which the pulse shall be monitored for shocks produced using a vibration generator

FIG. 3. — Impulsion trapézoïdale.
Trapezoidal pulse.



092/87

Durée de l'impulsion Duration of pulse	Coupure en basses fréquences Low-frequency cut-off		Coupure en hautes fréquences High frequency cut-off	Fréquence au-delà de laquelle la réponse peut dépasser le niveau de +1 dB Frequency beyond which the response may rise above +1 dB
(ms)	(Hz)		(kHz)	(kHz)
	f_1	f_2	f_3	f_4
0,2	20	120	20	40
0,5	10	50	15	30
1	4	20	10	20
3	2	10	5	10
6	1	4	2	4
11	0,5	2	1	2
18 et/and 30	0,2	1	1	2

Note. — Pour les chocs d'une durée inférieure ou égale à 0,5 ms, les valeurs de f_3 et f_4 indiquées dans cette figure peuvent se révéler inutilement élevées. Dans ce cas, la spécification particulière devra indiquer ce qu'il convient de faire.

For shocks of duration equal to or less than 0.5 ms, the values of f_3 and f_4 indicated in this figure may be unnecessarily high. In such instances the relevant specification should state which alternative values are to be adopted.

FIG. 4. — Caractéristiques de fréquence de la chaîne de mesure.
Frequency characteristics of the measuring system.