

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
605-2**

Première édition
First edition
1994-09

Essais de fiabilité des équipements –

Partie 2:
Conception des cycles d'essai

Equipment reliability testing –

Part 2:
Design of test cycles



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 605-2: 1994

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC
605-2

Première édition
First edition
1994-09

Essais de fiabilité des équipements –

Partie 2:
Conception des cycles d'essai

Equipment reliability testing –

Part 2:
Design of test cycles

© CEI 1994 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Définitions	10
4 Relations entre les conditions d'essai et les conditions d'utilisation	10
5 Description des conditions d'utilisation	12
5.1 Conditions de fonctionnement	12
5.2 Conditions d'environnement	14
5.3 Relations mutuelles entre les facteurs de fonctionnement et d'environnement	16
6 Processus de conception des cycles d'essai	20
7 Résumé des justifications d'un cycle d'essai de fiabilité	34
Annexe A – Exemple d'application	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Definitions	11
4 Relations between test conditions and conditions of use	11
5 Description of the conditions of use	13
5.1 Operating conditions	13
5.2 Environmental conditions	15
5.3 Interrelationship between operating and environmental parameters	17
6 Procedure for the design of test cycles	21
7 Summary of documentation of a reliability test cycle	35
Annex A – Worked example	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 2: Conception des cycles d'essai

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 605-2 a été établie par comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
56(BC)106	56(BC)115

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

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 2: Design of test cycles

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

International Standard IEC 605-2 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

Six Months' Rule	Report on voting
56(CO)106	56(CO)115

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

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Un cycle d'essai est une suite de différentes conditions d'essai de fonctionnement et d'environnement qui sont fondées sur des conditions d'utilisation réelles, telles qu'elles sont définies par exemple par la spécification du produit considéré. L'équipement destiné à l'essai de fiabilité est normalement soumis à des cycles d'essai répétés. Le nombre de cycles dépendra du temps d'essai cumulé à prendre en compte, qui est prescrit par le plan d'essai de conformité choisi dans la CEI 605-7, ou convenant pour des essais de détermination selon la CEI 605-4.

Le processus progressif décrit ici est prévu pour tout équipement spécifique à mettre en essai, quand on estime nécessaire de simuler étroitement les conditions réelles d'utilisation de cet équipement. Il s'applique complètement aux essais effectués en laboratoire, mais il ne peut être appliqué aux essais en exploitation, pour autant que les conditions puissent être contrôlées, qu'en se limitant aux conditions de fonctionnement (incluant la charge, l'alimentation, etc.).

INTRODUCTION

A test cycle is a sequence of different operating and environmental test conditions which are based upon actual conditions of use, as defined, for example, by the relevant product specification. The equipment undergoing reliability testing is normally subjected to repeated test cycles. The number of cycles will depend on the accumulated relevant test time, as required by the selected compliance test plan of IEC 605-7, or as suitable for determination testing according to IEC 605-4.

The step-by-step procedure described here is intended for any specific equipment to be tested, when it is considered necessary to simulate closely the real conditions of use of the equipment. It applies fully to laboratory testing, but may be applied to field testing, in so far as conditions can be controlled, with respect to operating conditions only (including load, supply, etc.).

ESSAIS DE FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS –

Partie 2: Conception des cycles d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 605 fournit une méthode générale pour la préparation des cycles d'essai, lorsqu'on ne trouve pas de cycles d'essai préférentiels applicables dans la CEI 605-3. Elle s'applique à la préparation des cycles d'essai de fonctionnement et d'environnement cités en 8.1 et 8.2. de la CEI 605-1. Il est recommandé d'inclure le cycle d'essai ainsi obtenu dans la spécification particulière d'essai de fiabilité.

Les essais comprenant des cycles préparés selon cette norme ne sont pas prévus pour remplacer les essais ordinaires tels que les essais de qualification, les essais d'évaluation fonctionnels et les essais d'environnement.

Des essais de préconditionnement peuvent être nécessaires dans quelques cas, avant les cycles d'essai préparés selon les méthodes de cette norme. Les éléments de base pour décider si des essais de préconditionnement sont nécessaires ou non sortent du domaine de cette norme.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 605. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 605 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(191): 1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sécurité de fonctionnement et qualité de service*

CEI 68: *Essais d'environnement*

CEI 605-1: 1978, *Essais de fiabilité des équipements – Première partie: Prescriptions générales*
Modification n° 1 (1982)

CEI 721-1: 1990, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

CEI 721-2, *Classification des conditions d'environnement – Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature*

CEI 721-3, *Classification des conditions d'environnement – Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités*

EQUIPMENT RELIABILITY TESTING –

Part 2: Design of test cycles

1 Scope

This part of IEC 605 provides a general procedure for design of test cycles, where no applicable preferred test cycles can be found in IEC 605-3. It applies to the design of operating and environmental test cycles referred to in 8.1 and 8.2 of IEC 605-1. The resulting test cycle should be included in the detailed reliability test specification.

Tests which include cycles designed according to this standard are not intended to replace ordinary tests such as qualification tests, functional performance tests and environmental tests.

Pre-exposure tests may in some cases be necessary before commencing the test cycles designed by the methods of this standard. The basis of the decision as to whether to include pre-exposure tests is outside the scope of this standard.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 605. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 605 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(191): 1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 68: *Environmental testing*

IEC 605-1: 1978, *Equipment reliability testing – Part 1: General requirements*

Amendment No. 1 (1982)

IEC 721-1: 1990, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*

IEC 721-2, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature*

IEC 721-3, *Classification of environmental conditions – Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 605, les termes et définitions de la CEI 50(191) s'appliquent ainsi que les termes et définitions ci-après:

3.1 **phase:** Etat d'utilisation et d'exposition à l'environnement.

3.2 **conditions d'environnement:** Conditions physiques et chimiques externes à l'équipement, auxquelles celui-ci est soumis à un certain moment et comprenant une combinaison de facteurs d'environnement ayant des sévérités données.

NOTE – Ceci est conforme à l'article 3 de la CEI 721-1.

3.3 **conditions de fonctionnement:** Conditions relatives au fonctionnement de l'équipement et comprenant une combinaison de facteurs de fonctionnement ayant des sévérités données.

3.4 **facteur (de fonctionnement ou d'environnement):** Grandeur chimique ou physique ou combinaison de grandeurs définissant le type de contrainte de fonctionnement ou d'environnement imposée à l'équipement.

NOTES

1 La charge, l'alimentation (voir 5.1) sont des exemples de facteurs de fonctionnement. La température ambiante, les vibrations (voir 5.2) sont des exemples de facteurs d'environnement.

2 Le terme «facteur» employé dans la présente norme est équivalent au terme «agent» de la CEI 721-3.

3.5 **sévérité (du facteur de fonctionnement ou d'environnement):** Une ou plusieurs grandeurs caractérisant le facteur de fonctionnement ou d'environnement.

NOTES

1 Ceci est conforme à l'article 3 de la CEI 721-1.

2 La sévérité définit le niveau de contrainte appliquée à l'équipement. On peut citer les exemples de sévérités suivants: une charge de puissance de 35 W, une chute de tension de -10 % et une variation de fréquence de l'alimentation de 2 %, une température ambiante de +70 °C, des vibrations sinusoïdales dont l'accélération est 50 m/s^2 de 20 Hz à 500 Hz.

3.6 **classe de sévérité:** Intervalle de sévérité entre deux limites données à l'intérieur de l'étendue de sévérité à prendre en compte (voir figure 1).

NOTE – Exemple de classe de sévérité: température ambiante: +15 °C à +35 °C.

3.7 **sévérité d'essai:** Sévérité du facteur de fonctionnement ou d'environnement appliqué au(x) dispositif(s) pendant l'essai.

3.8 **sévérité représentative:** Sévérité d'un essai pouvant, d'après les estimations, donner un taux de défaillance proche du taux de défaillance moyen dans une classe de sévérité.

4 Relations entre les conditions d'essai et les conditions d'utilisation

En général, une bonne corrélation entre la fiabilité en essai et en utilisation est recherchée. Il est alors nécessaire que les conditions d'essai soient convenablement liées aux conditions auxquelles l'équipement est soumis en utilisation réelle. Mais ces conditions peuvent être très complexes et impossibles à reproduire en détail par les moyens d'essai. Une corrélation convenable ne peut alors être obtenue que si les

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 605, the terms and definitions of IEC 50(191) apply, in addition to the following terms and definitions given below:

3.1 **phase**: State of usage and exposure to environment.

3.2 **environmental conditions**: Physical and chemical conditions external to the equipment to which it is subjected at a certain time, comprising a combination of environmental parameters with stated severities.

NOTE – This is in line with IEC 721-1, clause 3.

3.3 **operating conditions**: Equipment functional conditions comprising a combination of operating parameters with stated severities.

3.4 **parameter (operating or environmental)**: Chemical or physical quantity or combination of quantities defining the type of operational or environmental stress.

NOTE – Examples of operating parameters are load and power supply (see 5.1). Examples of environmental parameters are ambient temperature and vibration (see 5.2).

3.5 **severity (of operating or environmental parameter)**: One or more quantities describing the operating or environmental parameter.

NOTES

1 This is in line with IEC 721-1, clause 3.

2 The severity defines the stress level. Examples of severities are: power load 35 W, voltage drop –10 % and frequency deviation of power supply +2 %, ambient temperature +70 °C, sinusoidal vibration 50 m/s² at 20 Hz to 500 Hz.

3.6 **severity class**: Interval of severity between two stated limits within the relevant severity range (see figure 1).

NOTE – An example of a severity class is ambient temperature +15 °C to +35 °C.

3.7 **test severity**: Severity of operating or environmental parameter applied to the item(s) during testing.

3.8 **representative severity**: Test severity judged to give a failure rate approximating to the average for a severity class.

4 Relations between test conditions and conditions of use

Generally, a good correlation between test and use reliability is desired. It is thus necessary that the test conditions are properly correlated to those to which the equipment is subjected in real use. These conditions may, however, be very complex and not possible to reproduce in detail with the testing facilities. A proper correlation can therefore be achieved only if the influences of operating conditions, individual and combined environ-

influences des conditions de fonctionnement, des environnements simples et combinés et des séquences d'environnements sont soigneusement examinées afin que les facteurs les plus importants soient choisis et simulés par les conditions de l'essai de fiabilité.

On peut utiliser pendant l'essai la compression du temps réel écoulé en réduisant les périodes de fonctionnement sous conditions de contrainte faible, comme les conditions «sans charge» ou «en attente». Mais il est recommandé d'éviter normalement les essais accélérés obtenus par une augmentation des contraintes au-delà des contraintes nominales; voir 8.2 de la CEI 605-1.

Dans la majorité des cas, l'essai sous conditions permanentes et invariables n'est pas adapté au but poursuivi. Il est recommandé de préparer un cycle d'essai donnant une séquence appropriée de différentes conditions d'essais de fonctionnement et d'environnement, certaines d'entre elles étant combinées. Pour des raisons pratiques, le cycle d'essai résultant ne sera généralement qu'une approximation des conditions réelles d'utilisation.

On peut délibérément préparer le cycle d'essai de façon à obtenir une approximation plus étroite ou plus grossière, ce qui correspond à un degré de simulation plus élevé ou plus faible des conditions d'utilisation. Un cycle de degré de simulation élevé est plus compliqué et il est plus proche des conditions réelles d'utilisation, mais il est également plus coûteux à réaliser et à exécuter par des essais pratiques. On recommande un degré de simulation élevé lorsque le but de l'essai est important, par exemple lorsque les conséquences d'une défaillance sont critiques en termes de sécurité et de coût, ou contraires aux règlements, comme pour la pollution de l'environnement. Lorsque les conséquences d'une défaillance sont moins importantes, par exemple pour la télévision et la radio-diffusion de divertissement, on peut adopter un faible degré de simulation des conditions d'utilisation.

Le processus décrit dans cette norme est surtout prévu pour un degré élevé de simulation. Un cycle d'essai à faible degré de simulation peut être obtenu à partir d'un cycle de simulation de degré élevé, mais non l'inverse. On peut utiliser le même processus avec moins de précision pour parvenir directement à un cycle d'essai à faible degré de simulation.

Il est recommandé de suivre dans le processus un principe qui conduise à préparer un cycle d'essai dans lequel les combinaisons importantes de fonctionnement et d'environnement apparaissent avec une fréquence relative analogue à la fréquence relative observée, pour ces combinaisons, dans la vie utile de l'équipement. Cependant, il est recommandé, à chaque étape, de prendre soigneusement en considération la facilité technique et le coût de mise en place des conditions d'essai.

5 Description des conditions d'utilisation

Les conditions d'utilisation comprennent normalement un certain nombre de facteurs de fonctionnement et d'environnement apparaissant simultanément ou de manière séquentielle. Chacun de ces facteurs peut avoir des niveaux de contrainte (sévérités) qui pourraient provoquer des défaillances de l'équipement.

5.1 Conditions de fonctionnement

Les facteurs de fonctionnement qui doivent être examinés sont les suivants (voir également 8.2 de la CEI 605-1):

ments and sequences of environments are carefully examined to choose the most important parameters for simulation by the reliability test conditions.

Calendar time compression by shortening periods of operating under low stress conditions, such as no load or idling, may be used in testing. However, accelerated testing by overstress conditions should normally be avoided; see 8.2 of IEC 605-1.

In most cases, testing under constant and unchanging conditions is not adequate for the purpose. A test cycle should be designed giving an appropriate sequence of different operating and environmental test conditions, some of them combined. For practical reasons, the resulting test cycle will generally be only an approximation of the real conditions of use.

The test cycle may be deliberately designed to provide a closer or rougher approximation, corresponding to a higher or lower degree of simulation of the conditions of use. A cycle with a high degree of simulation is more complex and is closer to the actual conditions of use, but is also more costly to realize and to perform by practical testing. A high degree of simulation is recommended when the outcome of the test is crucial, for example, when failure consequences are critical in terms of safety and economic loss, or in conflict with regulations, as with environmental pollution. Where failure consequences are less serious, for example, in TV and radio for entertainment, a low degree of simulation of conditions of use may be adopted.

The procedure described here is intended mainly for a high degree of simulation. A test cycle with a low degree of simulation may be derived from one with a high degree of simulation, but not vice versa. The same procedure may be used with lower precision to arrive directly at a low degree of simulation.

The principle followed in the procedure should result in a test cycle so designed that all important combinations of operating and environmental conditions appear during the test cycle with a relative duration or frequency similar to that appearing during the relevant part of equipment life. However, the technical feasibility and cost of generating the test conditions should be actively considered at every step.

5 Description of the conditions of use

The conditions of use normally consist of a number of operating and environmental parameters appearing simultaneously or sequentially. Each of these parameters may have stress levels (severities) that could cause equipment failures.

5.1 *Operating conditions*

Operating parameters to be considered are as follows (see also 8.2 of IEC 605-1):

- les modes de fonctionnement (l'absence de fonctionnement est considérée comme un mode de fonctionnement);
- les signaux d'entrée, les données ou le matériau à traiter;
- les conditions de charge, le niveau de puissance de sortie, la charge statique, etc.;
- les manipulations réelles par l'opérateur et par le personnel;
- les équipements auxiliaires, par exemple alimentation, refroidissement, lubrification.

Les sévérités des facteurs de fonctionnement définissent les contraintes imposées par l'exploitation.

5.2 Conditions d'environnement

Les facteurs d'environnement d'intérêt majeur sont indiqués plus loin. Ils sont groupés en facteurs climatiques, mécaniques et autres. Ces listes ne sont pas complètes mais elles peuvent être utilisées en tant que listes de contrôle rendant compte des influences généralement les plus importantes. On trouvera une liste plus détaillée dans la CEI 721-1.

Les sévérités et la durée ou le nombre d'apparitions doivent être considérées pour tous les facteurs. Les sévérités des facteurs importants dans un cas particulier doivent être décrites avec assez de détails (par exemple par la répartition dans le temps des sévérités) pour rendre possible une transformation en sévérités d'essai appropriées comme il est demandé dans l'article 5.

On peut trouver quelques renseignements utiles sur les conditions extrêmes d'environnement dans la CEI 721-2 et la CEI 721-3.

5.2.1 Facteurs d'environnement climatiques

Une liste de certains facteurs climatiques est dressée au tableau 1. Elle rend compte à la fois des conditions extérieures et intérieures. Certains de ces facteurs sont intimement associés et doivent être considérés ensemble.

Tableau 1 – Facteurs climatiques

Facteurs	Caractéristique pouvant décrire le facteur
Température ambiante	Climatogramme
Humidité	Climatogramme
Variations rapides de température	Etendue, taux de variation
Pression de l'air	Etendue
Précipitations	Type, taux
Vent	Vitesse
Rayonnement solaire	Intensité

5.2.2 Facteurs d'environnement mécanique

Les facteurs mécaniques sont présentés dans le tableau 2.

- functional modes (non-operation is considered as one possible functional mode);
- input signals, data, or material to be processed;
- load conditions, output power level, static load, etc.;
- actual manipulation by operator and personnel;
- supporting supplies, for example, power, cooling, lubrication.

The severities of the operating parameters describe the stresses imposed by operation.

5.2 Environmental conditions

Environmental parameters of major interest are listed below. They are grouped into climatic, mechanical and other environmental parameters. The lists are not complete but can be used as check-lists covering the generally more important influences. For a more detailed list, see IEC 721-1.

For all parameters the severities and the duration or number of occurrences have to be considered. The severities of the parameters of importance in a particular case shall be described in enough detail (for example, by the time distribution of severities) to make possible the transformation into suitable test severities as required in this clause.

Information on extreme environmental conditions may be found in IEC 721-2 and IEC 721-3.

5.2.1 Climatic parameters

Climatic parameters are listed in table 1, covering both outdoor and indoor conditions. Some of them are closely interrelated and shall be considered together.

Table 1 – Climatic parameters

Parameters	Can be described by
Ambient temperature	Climatogram
Humidity	Climatogram
Rapid changes of temperature	Range, rate of change
Air pressure	Range
Precipitation	Type, rate
Wind	Velocity
Solar radiation	Intensity

5.2.2 Mechanical parameters

Mechanical parameters are listed in table 2.

Tableau 2 – Facteurs mécaniques

Facteur	Caractéristique pouvant décrire le facteur
Chocs	Forme, accélération de crête, durée, direction
Secousses (chocs répétés)	Accélération de crête, direction
Chute et culbute	Hauteur de chute, points d'impact
Chute libre	Hauteur de chute, orientation
Vibrations	Forme d'onde, spectre de fréquences, amplitude ou densité d'accélération, direction
Accélération constante	Valeurs d'accélération, direction

5.2.3 *Autres facteurs d'environnement*

Le cas échéant, il convient de ne pas négliger des facteurs comme ceux qui suivent:

- perturbations électromagnétiques par rayonnement ou par conduction, décharges électrostatiques et effets de la foudre;
- contamination atmosphérique avec des effets abrasifs ou corrosifs par exemple: poussières, sel, atmosphère industrielle;
- immersion dans un liquide, éclaboussures, etc.;
- rayonnements ionisants;
- agents biologiques, par exemple champignons, insectes.

5.3 *Relations mutuelles entre les facteurs de fonctionnement et d'environnement*

Lorsqu'on analyse les conditions d'utilisation pour préparer les cycles d'essai, il faut prendre en considération la relation, si elle existe, entre les facteurs de fonctionnement et d'environnement. Certaines sévérités de ces facteurs peuvent également avoir certains types de relations. Chacun des cas cités dans le tableau 3 peut se produire.

Table 2 – Mechanical parameters

Parameter	Can be described by
Shock	Shape, peak acceleration, duration, direction
Bump (repeated shocks)	Peak acceleration, direction
Drop and topple	Drop height, points of impact
Free fall	Fall height, orientation
Vibration	Waveform, frequency range, amplitude or acceleration density, direction
Steady acceleration	Acceleration values, direction

5.2.3 *Other environmental parameters*

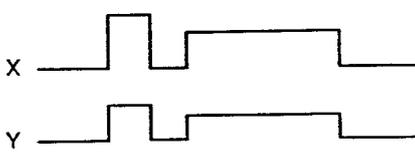
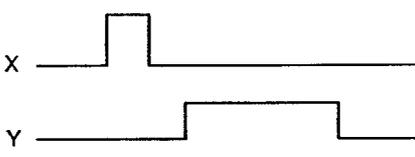
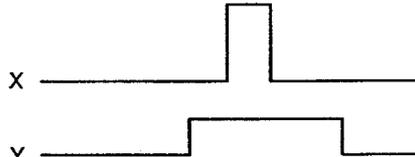
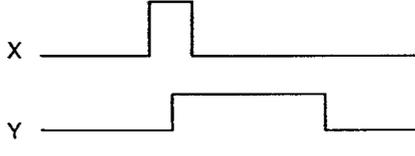
Where relevant, consideration should be given to parameters such as:

- conducted or radiated electromagnetic interference, electrostatic discharges and lightning effects;
- atmospheric contamination with abrasive or corrosive effects, for example, dust, salt, industrial atmosphere;
- immersion in liquid, splashing, etc.;
- ionizing radiation;
- biological agents, for example, fungus, insects.

5.3 *Interrelationship between operating and environmental parameters*

When analysing the conditions of use in order to design test cycles, the interrelationship, if any, between the operating and environmental parameters shall be considered. Certain severities of these parameters may also have some kind of interrelationship. Any of the cases shown in table 3 may occur.

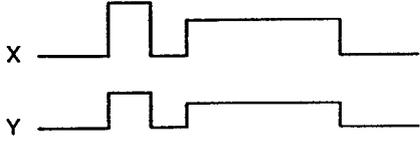
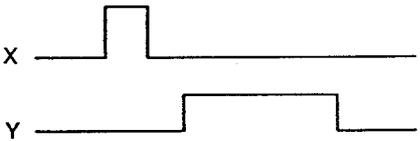
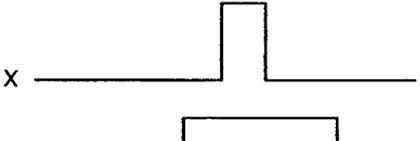
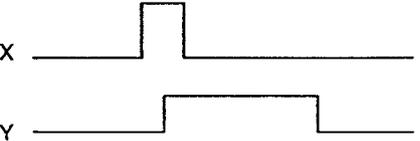
Tableau 3 – Relations mutuelles entre facteurs ou sévérités

Relations mutuelles	Exemple
<p><i>Facteurs ou sévérités mutuellement dépendants</i></p> <p>Facteurs ou sévérités qui apparaissent toujours simultanément, jamais séparément. Ils peuvent être traités comme un seul facteur.</p>	
<p><i>Facteurs ou sévérités mutuellement exclusifs</i></p> <p>Facteurs ou sévérités qui n'apparaissent jamais simultanément. Ils peuvent par exemple apparaître dans des phases ou des activités d'utilisation complètement différentes. Des sévérités différentes du même facteur sont toujours mutuellement exclusives.</p>	
<p><i>Facteur ou sévérité dépendant d'un autre</i></p> <p>Facteur ou sévérité qui n'apparaît que si un autre facteur ou sévérité est présent. Dans l'exemple, la sévérité X (par exemple le fonctionnement à plein régime) est dépendante de la sévérité Y (par exemple alimentation branchée).</p>	
<p><i>Facteurs ou sévérités indépendants</i></p> <p>Facteurs ou sévérités qui n'apparaissent simultanément que par hasard. La probabilité d'apparition simultanée est supposée proportionnelle au produit des durées relatives de chacun des facteurs ou sévérités.</p>	

Les relations mutuelles ont leur importance pour trouver quels facteurs et sévérités il convient de combiner dans le cycle d'essai. Un examen supplémentaire des facteurs et des sévérités applicables à l'essai d'un équipement sera traité dans l'article 6.

Il est également utile de considérer le degré d'effets synergiques obtenus par la combinaison ou la séquence de deux facteurs ou davantage. Ces effets dépendent du degré suivant lequel des mécanismes possibles de défaillance dans l'équipement sont déclenchés et entretenus par divers facteurs. Lorsque les effets synergiques sont forts, il convient de combiner ou de maintenir la séquence correcte des facteurs à prendre en compte dans le cycle d'essai. Lorsqu'ils sont négligeables, les facteurs peuvent être appliqués à des instants quelconques dans le cycle d'essai.

Table 3 - Interrelationships between parameters or severities

Interrelationship	Example
<p><i>Mutually dependent parameters or severities</i></p> <p>Parameters or severities that always occur simultaneously, never separately. They may be treated as one combined parameter.</p>	
<p><i>Mutually exclusive parameters or severities</i></p> <p>Parameters or severities that never occur simultaneously. They may, for example, occur in completely different phases or activities of use. Different severities of the same parameter are always mutually exclusive.</p>	
<p><i>Dependent parameter or severity</i></p> <p>Parameter or severity that only occurs provided another parameter or severity is present. In the figure, severity X (for example, full operation) is dependent on severity Y (for example, power on).</p>	
<p><i>Independent parameters or severities</i></p> <p>Parameters or severities that only occur simultaneously by chance. The probability of simultaneous occurrence is assumed to be proportional to the product of the durations of the parameters or severities.</p>	

The interrelationships are of importance in order to find out which parameters and severities should be combined in the test cycle. Further investigation of parameters and severities relevant to testing the equipment will be discussed in clause 6.

Another relevant consideration is the extent of synergistic effects obtained by the combination or the sequence of two or more parameters. These effects depend on the degree in which possible failure mechanisms in the equipment are initiated and maintained by different parameters. When the synergistic effects are strong, the relevant parameters should be combined or maintained in the correct sequence in the test cycle. When they are negligible, the parameters may be unrelated in time in the test cycle.

6 Processus de conception des cycles d'essai

Cet article décrit un processus progressif pour obtenir un cycle d'essai de fiabilité adapté à un équipement particulier qui doit être mis en essai. Il est recommandé de justifier soigneusement les étapes afin que l'utilisateur de l'équipement puisse comparer les hypothèses préalables pour le cycle d'essai aux conditions d'utilisation particulières. On trouvera dans l'article 7 des conseils sur la nature des justifications du cycle d'essai.

Les conditions d'emploi des dispositifs particuliers de l'équipement peuvent varier avec le temps pendant la partie utile de la vie de l'équipement. Il convient donc, pendant la conception des cycles d'essai, de toujours prendre en considération les durées et les sévérités des séquences des temps des conditions d'emploi. Si c'est nécessaire, on peut concevoir des cycles d'essai séparés pour un seul et même type d'équipement, afin de tenir exactement compte des différentes conditions particulières d'emploi.

Le processus progressif de conception des cycles d'essai est décrit ci-après. On peut suivre les étapes avec plus de détails dans l'exemple d'application donné en annexe A. Dans les cas où les conditions d'utilisation sont relativement simples, ou lorsque l'on a une expérience suffisante des cycles d'essai applicables, on peut préparer un cycle d'essai approprié sans suivre toutes les étapes en détail.

Etape 1 – Répartition de la durée de vie en phases

On fractionne la partie utile de la vie de l'équipement en phases distinctes qui représentent des profils typiques de fonctionnement ou d'environnement. Le but de cette étape est de décomposer la totalité des conditions d'utilisation en éléments qui peuvent facilement être traités séparément.

Il convient de déterminer la durée de chaque phase en la rapportant à la durée totale de la partie utile de la vie de l'équipement. Associé aux autres durées relatives similaires définies dans les étapes suivantes à partir des données d'utilisation, ce rapport détermine les durées relatives dans le cycle d'essai.

Etape 2 – Détermination des facteurs de fonctionnement et d'environnement à prendre en compte; relations mutuelles entre ces facteurs

Il convient de déterminer les facteurs de fonctionnement et d'environnement associés à chaque phase. Il convient, dans la mesure du possible, de retoucher les facteurs d'environnement afin qu'ils soient conformes aux essais normalisés donnés dans la CEI 68. Les listes et les tableaux donnés en 5.1 et 5.2 peuvent être utilisés comme listes de contrôle. On notera que ces tableaux ne comprennent pas tous les facteurs spécifiques qu'il peut être nécessaire de considérer.

Il convient d'éliminer les facteurs dont l'intérêt est faible ou inexistant pour la fiabilité de l'équipement. Cependant, à cette étape, il convient de les inclure s'il y a le moindre doute. Des essais d'environnement séparés et de courte durée peuvent être utiles pour prouver une résistance satisfaisante de l'équipement à certains environnements, ce qui évite d'avoir à les inclure dans l'essai de fiabilité.

6 Procedure for the design of test cycles

A step-by-step procedure for arriving at a suitable reliability test cycle for a specific equipment to be tested is described in this clause. It is recommended that the steps be well documented so that the user of the equipment can compare the prerequisites for the test cycle and the particular conditions of use. Guidance for the contents of test cycle documentation is given in clause 7.

The conditions of use for individual items of equipment may vary with time over the relevant part of equipment life. The design of test cycles should always take into consideration the durations and severities of the time sequences in conditions of use. Where necessary, to take account of very different individual conditions of use, separate test cycles may be designed for one and the same type of equipment.

The following description outlines the step-by-step procedure. The steps may be followed in more detail in the worked example in annex A. Where the conditions of use are relatively simple, or where there is sufficient experience of applicable test cycles, a suitable test cycle may be obtained without performing all steps in detail.

Step 1 – Division into phases

The relevant part of equipment life is divided into distinct phases representing typical operating and/or environmental profiles. The purpose of this step is to break down the totality of the conditions of use into constituents which can be conveniently handled separately.

The duration of each phase should be determined in relation to the total duration of the relevant part of equipment life. Together with other similar relative durations defined from usage data in further steps, this ratio determines relative durations in the test cycle.

Step 2 – Identification of relevant operating and environmental parameters and their inter-relationships

The operating and environmental parameters associated with each activity should be identified. The environmental parameters should be adapted, as far as possible, to comply with standard tests included in IEC 68. The lists and tables in 5.1 and 5.2 can be used as check-lists. Note that they do not include all specific parameters that may need to be considered.

Parameters of little or no importance to the reliability of the equipment should be omitted. However, at this stage they should be included if there is any doubt. Separate short-term environmental tests may be adequate to demonstrate satisfactory resistance to certain environments, obviating the need for their inclusion in the reliability test.

Il convient de rapporter à la durée de la phase la durée d'application de chaque facteur important ou le nombre des apparitions des facteurs (par exemple, le nombre de secousses) à partir de l'estimation du rapport «avec facteur»/«sans facteur» ou à partir de la fréquence d'apparition, selon le cas.

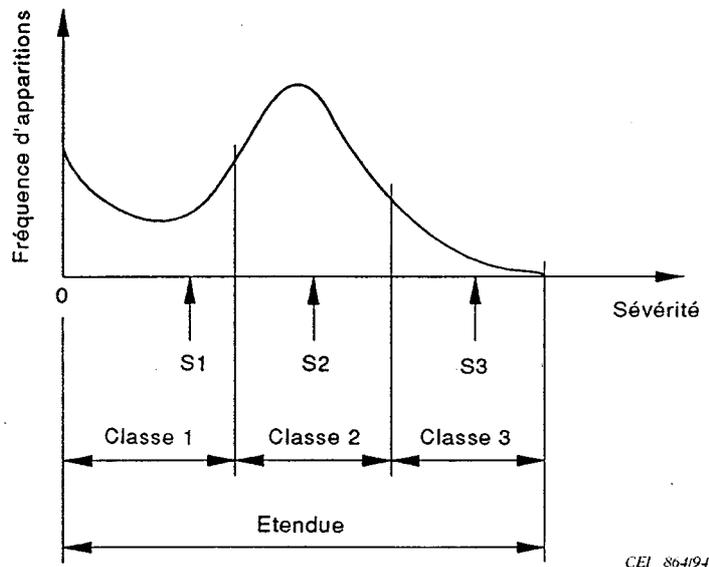
Il convient d'analyser qualitativement les relations entre les facteurs et d'en prendre note. On se servira du résultat de cette analyse à l'étape 4.

Etape 3 – Evaluation des sévérités

Il convient d'estimer les sévérités de chacun des facteurs de fonctionnement et d'environnement applicables à chaque phase. Pour chaque facteur, l'étendue des sévérités attendues est divisée en classes de sévérité.

Il est recommandé de choisir chaque classe de sévérité de façon qu'elle puisse être représentée par une seule sévérité d'essai, c'est-à-dire par la sévérité représentative (voir 3.8). Si possible, il est recommandé de prendre comme sévérité représentative celle d'une méthode normalisée d'essai ou d'une valeur normalisée. Il est souhaitable de limiter le nombre de classes pour simplifier le cycle d'essai résultant, comme il est indiqué en figure 1.

Il est recommandé de désigner les facteurs d'environnement selon les lettres des essais de la CEI 68.



NOTE – S1, S2 et S3 sont les sévérités représentatives

Figure 1 – Evaluation des sévérités

The duration of each important parameter or the number of occurrences (for example of bumps) should be related to the duration of the phase by estimating the "with stress"/"without stress" ratio or frequency of occurrence, as applicable.

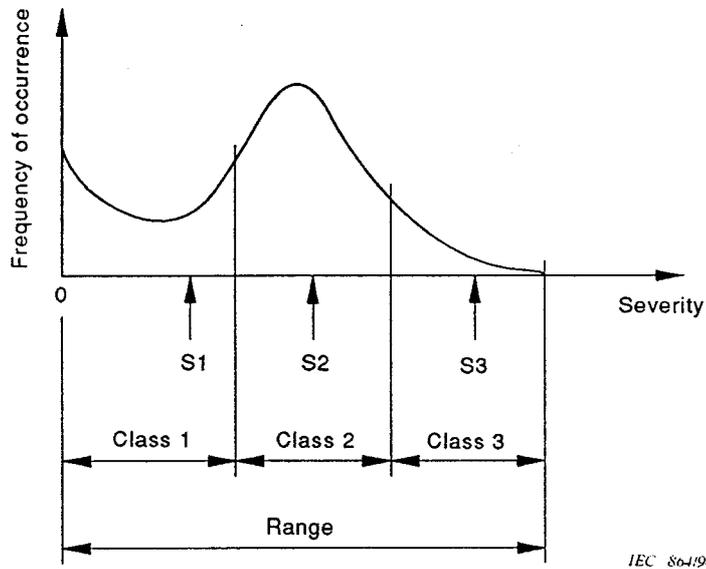
The interrelationships of the parameters should be analysed qualitatively and noted. The result will be used as an input to step 4.

Step 3 – Evaluation of severities

The severities should be estimated for each operating and environmental parameter relevant to each phase. The range of expected severities for each parameter is divided into severity classes.

Each severity class should be such that it can be represented by one test severity, i.e. the representative severity (see 3.8). If possible, the representative severity should be a standard procedure or value. It is advisable to limit the number of classes in order to simplify the resulting test cycle as shown in figure 1.

It is recommended to label the environmental parameters according to the test letters of IEC 68.



NOTE – S1, S2 and S3 are representative severities

Figure 1 – Evaluation of severities

Etape 4 – Evaluation des combinaisons

Ainsi que le montre le tableau 3, les facteurs de fonctionnement et d'environnement à considérer peuvent apparaître simultanément. En ce cas, il convient de combiner ces facteurs dans le cycle d'essai. Lorsqu'on s'attend à des effets synergiques, ceux-ci doivent être combinés, dans la mesure des moyens techniques et économiques disponibles.

Parmi les relations mutuelles entre les facteurs associés à leurs sévérités, il convient d'évaluer celles qui ont de l'influence sur le taux de défaillance de l'équipement afin d'en tenir compte suffisamment dans le cycle d'essai. Il convient d'établir la liste des combinaisons importantes et d'estimer les durées d'application correspondantes rapportées à la durée de la phase.

La durée relative de l'application des combinaisons doit être choisie selon le type de relation mutuelle. Les exemples du tableau 4 peuvent clarifier cette question.

Tableau 4 – Exemples de durées relatives

Relations mutuelles	Exemple	Durée relative		
		X	Y	X et Y
Facteurs mutuellement dépendants *		0,5	0,5	0,5
Facteurs mutuellement exclusifs *		0,1	0,4	0
Facteurs dépendants, X dépendant de Y *		0,1	0,4	0,1
Facteurs indépendants *		0,1	0,4	0,04

* Voir les explications dans le tableau 3.

Step 4 – Evaluation of combinations

As shown in table 3, the relevant operating and environmental parameters may appear simultaneously. If so, these parameters should be combined in the test cycle. When synergistic effects are suspected, they shall be combined, if technically and economically possible.

The interrelationships of parameters and severity classes which are important to the failure rate of the equipment should be evaluated, in order to have them adequately represented in the test cycle. The important combinations should be stated and the duration of each combination estimated in relation to the duration of the phase.

The relative duration of combinations shall be chosen with respect to the type of inter-relationship. The examples in table 4 may clarify the issue.

Table 4 – Examples of relative durations

Interrelationship	Example	Relative duration		
		X	Y	X and Y
Mutually dependent parameters *		0,5	0,5	0,5
Mutually exclusive parameters *		0,1	0,4	0
Dependent parameters, X dependent on Y *		0,1	0,4	0,1
Independent parameters*		0,1	0,4	0,04

* See explanations in table 3.

Des formules générales pour calculer la durée relative des combinaisons sont indiquées ci-après. Les durées relatives des facteurs simples X et Y sont appelées $d(X)$ et $d(Y)$, la durée des facteurs X et Y combinés est appelée $d(X,Y)$.

$d(X,Y) = d(X) = d(Y)$	facteurs mutuellement dépendants*
$d(X,Y) = 0$	facteurs mutuellement exclusifs*
$d(X,Y) = \min (d(X), d(Y)) = d(X)$	facteurs dépendants* (X dépend de Y)
$d(X,Y) = d(X) \times d(Y)$	facteurs indépendants*

Les durées relatives pendant lesquelles un facteur peut apparaître séparément dans le cycle d'essai, désignées par $d(X_{sep})$ et $d(Y_{sep})$ sont les durées relatives résiduelles données par les relations suivantes:

$$d(X_{sep}) = d(X) - d(X,Y) - d(X,Z)$$

$$d(Y_{sep}) = d(Y) - d(X,Y) - d(Y,Z)$$

Ces quantités peuvent être calculées afin de contrôler que la somme des durées relatives vaut 1. Il est cependant moins laborieux de se servir d'un graphique comme le montre l'exemple de l'étape 7 ci-dessous. L'exemple d'application de l'annexe A montre les calculs complets, y compris les réductions résultant des combinaisons.

Il est possible que l'on donne une fréquence f plutôt qu'une durée pour le facteur X, par exemple 10 secousses par heure à la sévérité de 100 m/s^2 . Le nombre de fois que la combinaison de X et de Y se réalise, $n(X,Y)$, est donné par la relation suivante:

$$n(X,Y) = f(X) \times d(Y)$$

Dans le cas général, il convient de présenter la relation mutuelle entre deux ou plusieurs facteurs sous forme d'une matrice. Il peut être possible de simplifier la présentation en utilisant un tableau des durées relatives et des fréquences (ou du nombre de fois) avec les phases et les facteurs d'environnement en vertical et les facteurs de fonctionnement en horizontal ou vice versa.

Etape 5 – Intégration de toutes les phases

Comme préliminaire à la préparation des cycles d'essai, il est utile de présenter sous forme d'un tableau les durées partielles ou les fréquences de chaque classe de sévérité (sévérité représentative) dans chaque phase. Un tableau global fournira la somme des durées partielles pour chaque classe de sévérité, c'est-à-dire des données quantitatives pour établir le cycle d'essai.

Dans cette intégration, la contribution de chaque phase à la durée ou à la fréquence d'une certaine classe est multipliée par le rapport durée de la phase/durée totale, afin de la rapporter à la durée totale. L'intégration est simplifiée si on s'est servi de la même définition des facteurs et des classes de sévérité pour toutes les phases.

Il convient d'incorporer de préférence au cours de cette étape toutes les classes de sévérité de facteurs simples et combinés, la durée des facteurs isolés étant réduite en fonction de l'importance de leur apparition dans les combinaisons.

* Voir les explications dans le tableau 3.

General formulae for calculating the relative duration of combinations are shown below. The relative durations are designated $d(X)$ and $d(Y)$ for the single parameters X and Y , and $d(X,Y)$ for the combination of parameters X and Y .

$d(X,Y) = d(X) = d(Y)$	mutually dependent*
$d(X,Y) = 0$	mutually exclusive*
$d(X,Y) = \min(d(X), d(Y)) = d(X)$	dependent*, X on Y
$d(X,Y) = d(X) \times d(Y)$	independent*

The relative times during which a parameter may appear separately in the test cycle are designated $d(X_{\text{sep}})$ and $d(Y_{\text{sep}})$, and are now the residual relative durations given by:

$$d(X_{\text{sep}}) = d(X) - d(X,Y) - d(X,Z)$$

$$d(Y_{\text{sep}}) = d(Y) - d(X,Y) - d(Y,Z)$$

These quantities may be calculated for the purpose of checking that the sum of relative durations equals 1. However, a graphical approach is easier as shown by the example in step 7 below. The worked example in annex A shows the complete calculations including reductions for combinations.

A frequency, f , rather than a duration, may be given for the parameter X , for example, 10 bumps per hour at the severity of 100 m/s^2 . Then the number of times that the combination of X and Y occurs, $n(X,Y)$, is given by the following calculation:

$$n(X,Y) = f(X) \times d(Y)$$

In the general case, the interrelationship of any two or more parameters should be represented in suitable matrix format. It may be possible to simplify the presentation by using a table of relative durations and frequencies (or number of occurrences) showing phases and environmental parameters vertically and operating parameters horizontally, or vice versa.

Step 5 – Summation of all phases

For a systematic approach to the design of test cycles, it is useful to tabulate the contributions of the duration or frequency of each severity class (representative severity) in each phase. A summation table will provide quantitative data in establishing the test cycle.

In this summation, the contribution from each phase to the duration or frequency of a certain class is multiplied by the ratio $t(\text{phase})/t(\text{total})$, to relate it to the total duration. The summation is simplified if the same definition of parameters and severity classes has been used for all the phases.

All severity classes of single and combined parameters should preferably be included in this step, the duration of individual parameters being reduced according to the extent to which they appear in the combinations.

* See explanations in table 3.

Il pourrait être difficile, dans les cas compliqués, de calculer pour chaque facteur la réduction due à toutes les combinaisons. Même dans les cas simples ce calcul peut être malcommode. A cet effet, on peut plutôt rattacher la durée ou la fréquence d'une certaine classe de sévérité à son apparition totale, simple et en combinaison, et superposer l'ensemble sur un graphique lors de la préparation du cycle d'essai final, à l'étape 7. Dans de tels cas, cependant, les contrôles au moment de l'intégration doivent être modifiés en conséquence et la somme totale de 1 sera dépassée.

L'étape 5 se traduit par un tableau analogue à celui de l'étape 4 mais complété par les facteurs simples restants et non divisé en phases. Les phases sont maintenant éliminées et n'apparaissent plus séparément ni dans la méthode, ni dans le cycle d'essai. Dans les cas compliqués, il peut être utile de diviser l'étape 5 en deux étapes intermédiaires ou plus.

Etape 6 – Revue critique

Avant de poursuivre la préparation du cycle d'essai, il convient d'examiner une nouvelle fois le contenu du tableau de l'étape 5 et de supprimer certains facteurs d'environnement et classes de sévérité lorsque l'on estime ces suppressions sans effet important sur le taux de défaillance. On veillera particulièrement aux facteurs d'environnement et aux conditions d'environnement combinées qui seront coûteuses et difficiles à produire pendant l'essai de fiabilité.

Il convient également au cours de cette étape d'examiner les séquences qui conviennent aux facteurs, aux classes de sévérité et aux combinaisons dans le cycle d'essai. Il convient aussi de prendre note des paires et des groupes de conditions qui donnent des effets additionnels lorsqu'ils se suivent immédiatement (en particulier l'humidité suivie par le froid).

On construit alors un nouveau tableau révisé.

Etape 7 – Projet détaillé du cycle d'essai

Le tableau révisé de l'étape 6 constitue la base de la préparation du cycle d'essai de fiabilité. Il convient de déterminer une durée appropriée pour le cycle d'essai en tenant compte qu'il est recommandé de choisir un cycle assez long pour que l'essai soit possible en pratique. Ceci est souvent déterminé par la valeur la plus faible des durées relatives et des fréquences dans le tableau obtenu à l'étape 6.

Toutes les durées relatives sont alors transformées en durées absolues pour un seul cycle par multiplication par la durée du cycle. Des arrondis sont faits pour compléter les cycles, pour que le nombre des secousses soit entier, etc.

Il convient alors de préparer et de revoir le cycle d'essai. Il peut être nécessaire d'introduire des combinaisons qui n'ont pas été comprises dans les tableaux pour obtenir la durée nécessaire du cycle d'essai. Il convient de faire toutes les simplifications nécessaires pour rendre l'essai techniquement et économiquement réalisable. Le cycle d'essai doit permettre d'appliquer le programme de maintenance préventive prescrit, à des points appropriés, indiqués dans le cycle, là où une interruption pour maintenance peut être faite (voir 8.3 de la CEI 605-1). On doit indiquer également les points du cycle d'essai où on surveille par intervalles le fonctionnement du dispositif en essai.

In complicated cases it might be difficult to calculate the reduction of each factor due to all combinations. Even in simple cases it may be inconvenient. The duration or frequency of a certain severity class may instead be referred to its total appearance, individually or in combination, and superimposed graphically when designing the final test cycle, step 7. In such cases, however, the checks in the summation shall be altered accordingly and the total sum of 1 will be exceeded.

Step 5 results in a table similar to that of step 4 except that it is completed with the remaining single parameters and not divided up into phases. The phases are now eliminated and do not again appear separately in the procedure, nor in the test cycle. In complicated cases, it may be useful to split step 5 into two or more interim steps.

Step 6 – Critical review

Before proceeding to the design of a test cycle, the contents of the table of step 5 should be reviewed and a reduction of environmental parameters and severity classes made where such omissions can be expected not to affect the failure rate significantly. Particular attention should be paid to environmental parameters and combined environments which will be costly and difficult to generate during reliability testing.

Also at this step, the appropriate sequence for the parameters, severity classes and combinations in the test cycle should be considered. Pairs and groups of conditions that give additional effects when taken in close sequence (especially humidity followed by cold) should be noted.

A revised table is then constructed.

Step 7 – Detailed design of the test cycle

The revised table of step 6 forms the basis for the design of the reliability test cycle. A suitable length of the test cycle should be determined, taking into account that the cycle should be long enough to make the testing practicable. This is often determined by the smallest value of the relative durations and frequencies in the table obtained in step 6.

All relative durations are then transformed into absolute durations for one cycle by means of multiplication by the length of the cycle, rounded to complete cycles, number of bumps, etc.

The test cycle should then be designed and reviewed. It may be necessary to introduce combinations which have not been included in the tables in order to obtain a suitable length for the test cycle. Any simplifications necessary to make the testing technically and economically feasible should be made. The test cycle shall allow for the prescribed preventive maintenance programme conducted at suitable points indicated in the cycle where interruptions for maintenance may be made (see 8.3 of IEC 605-1). The points in the test cycle for monitoring the test item performance at intervals shall also be indicated.

S'il existe des parties du cycle d'essai où une reprise de l'essai d'un dispositif à la suite d'une défaillance n'est pas recommandée, il convient de les indiquer. La CEI 605-1, en 10.1, exige que les reprises soient limitées au point d'interruption, sauf spécification contraire.

Il convient de présenter le cycle d'essai résultant par un diagramme comme indiqué par l'exemple de la figure 2 ou de l'annexe A. Il convient d'inclure le diagramme dans la spécification particulière de l'essai de fiabilité (voir les articles 5 et 6 de la CEI 605-1).

If there are periods in the test cycle where resumption of the testing of a failed test item is not recommended, these should be indicated. IEC 605-1, subclause 10.1, calls for resumption at the point of interruption, if not otherwise specified.

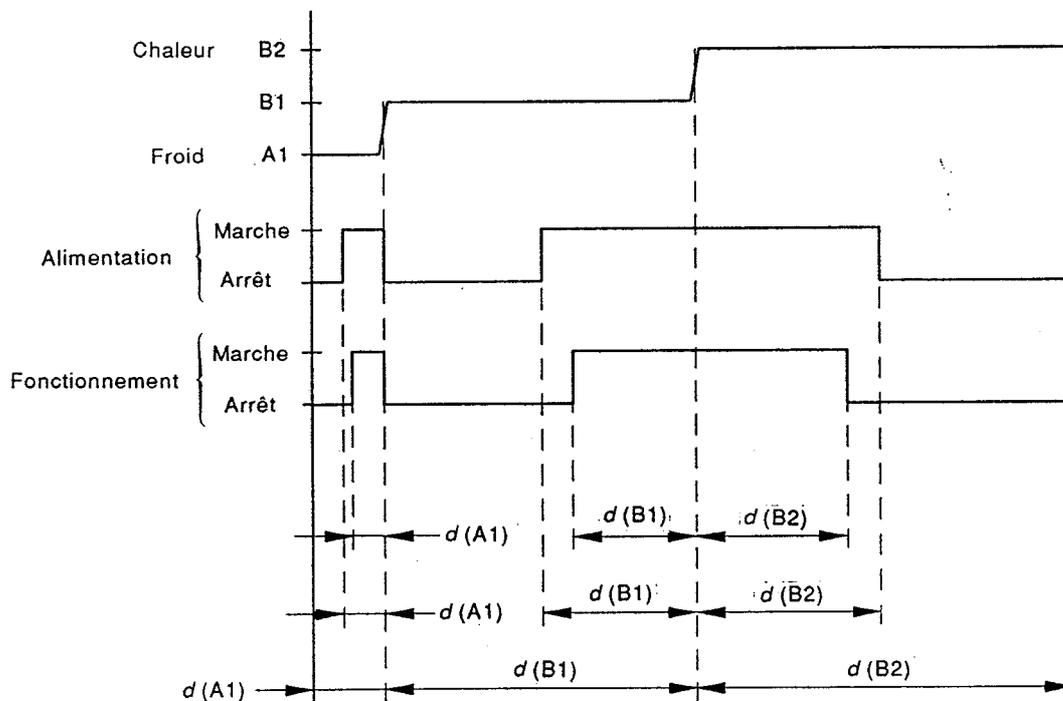
The resulting test cycle should be presented in a diagram as shown by the example in figure 2 or annex A. The diagram should be included in the detailed reliability test specification (see clauses 5 and 6 of IEC 605-1).

Facteurs à considérer; relations mutuelles entre ces facteurs

Environnement:	Froid Chaleur	} Mutuellement exclusifs	} Indépendants
Fonctionnement:	Alimentation Fonctionnement		

Durées relatives:

Froid, Chaleur,	sévérité A1	$d(A1)$	= 0,1
	sévérité B1	$d(B1)$	= 0,4
	sévérité B2	$d(B2)$	= 0,5
Somme des durées			= 1,0
Alimentation Fonctionnement	Pon	$d(Pon)$	= 0,5
	Oon	$d(Oon)$	= 0,4



CEI 865194

Les facteurs étant indépendants, on obtient, selon le tableau 3:

$$d(A1, Oon) = d(A1) \cdot d(Oon) = 0,04$$

$$d(B1, Oon) = d(B1) \cdot d(Oon) = 0,16$$

$$d(B2, Oon) = d(B2) \cdot d(Oon) = 0,20$$

$$d(A1, Pon) = d(A1) \cdot d(Pon) = 0,05$$

$$d(B1, Pon) = d(B1) \cdot d(Pon) = 0,20$$

$$d(B2, Pon) = d(B2) \cdot d(Pon) = 0,25$$

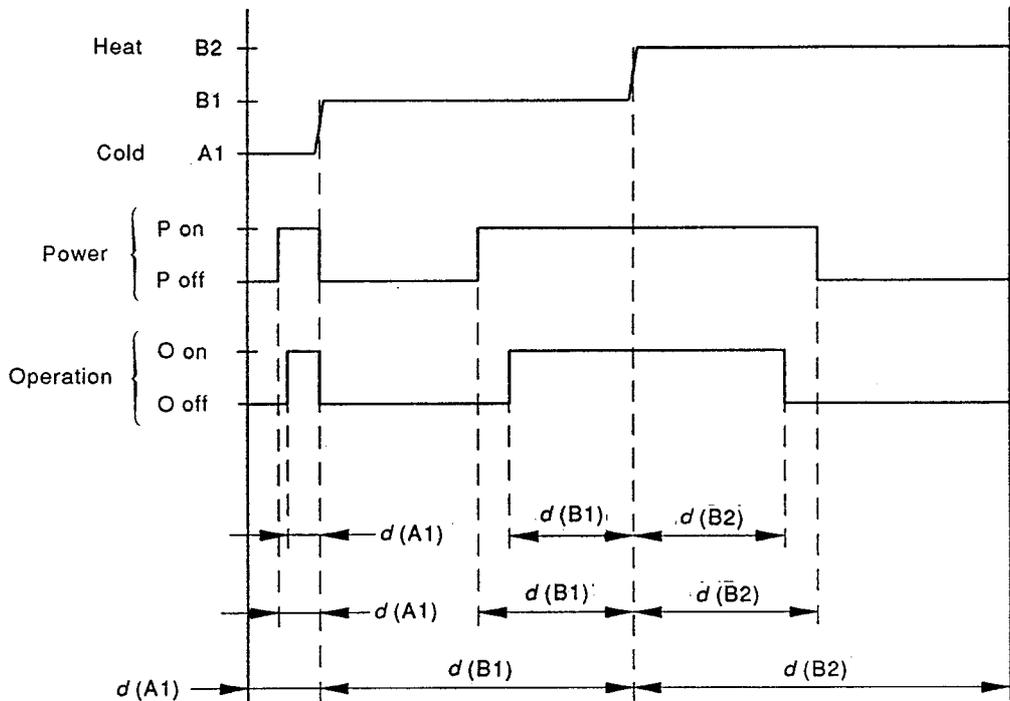
Figure 2 – Cycle d'essai simple

Relevant parameters and their interrelationships

Environmental:	Cold Heat	} Mutually exclusive	} Independent
Operating:	Power supply Operation		

Relative durations:

Cold, Heat,	severity A1	$d(A1) = 0,1$
	severity B1	$d(B1) = 0,4$
	severity B2	$d(B2) = 0,5$
	Sum	$= 1,0$
Power supply Operation	Pon	$d(Pon) = 0,5$
	Oon	$d(Oon) = 0,4$



IEC 863194

The parameters being independent, or, according to table 3

$$d(A1,Oon) = d(A1) \cdot d(Oon) = 0,04$$

$$d(B1,Oon) = d(B1) \cdot d(Oon) = 0,16$$

$$d(B2,Oon) = d(B2) \cdot d(Oon) = 0,20$$

$$d(A1,Pon) = d(A1) \cdot d(Pon) = 0,05$$

$$d(B1,Pon) = d(B1) \cdot d(Pon) = 0,20$$

$$d(B2,Pon) = d(B2) \cdot d(Pon) = 0,25$$

Figure 2 - Simple test cycle

7 Résumé des justifications d'un cycle d'essai de fiabilité

Il est recommandé de fournir des justifications donnant assez de renseignements sur les hypothèses fondamentales pour permettre à un futur utilisateur de l'équipement de juger si le cycle rend suffisamment compte de l'application spécifique de l'équipement à mettre en essai. Il convient aussi de donner suffisamment de détails pour permettre au laboratoire d'essai de réaliser en pratique le cycle d'essai, avec la reproductibilité nécessaire.

Il est recommandé de prévoir les rubriques et contenus suivants dans la mesure où ils sont applicables:

– *domaine d'application*

Définition descriptive de l'application sur laquelle le cycle est fondé. La définition doit être claire et assez détaillée;

– *degré de simulation*

Instruction brève sur le degré de simulation, c'est-à-dire faible ou élevé, afin de distinguer ce cycle de tout autre cycle d'essai prévu pour rendre compte de la même application;

– *partie de la vie de l'équipement à prendre en compte*

Description des phases dont le cycle d'essai rend compte; on doit établir la liste de toutes les phases qui ont été exclues;

– *hypothèses de base pour les sévérités*

Exposé des hypothèses avec les références aux sources d'information utilisées pour arriver aux sévérités données dans le cycle d'essai. Il convient de noter tout facteur d'importance particulière ou d'effet négligeable, aussi bien que toute limitation des étendues de sévérités. Il convient de dresser la liste des durées relatives fondamentales et des relations mutuelles admises dans la préparation du cycle d'essai;

– *description du cycle d'essai*

Description détaillée de chaque période de temps dans le cycle d'essai, de sa durée et de sa sévérité, avec les références appropriées aux essais normalisés de la CEI 68;

– *commentaires sur les simplifications*

Si des simplifications sont faites dans le projet final du cycle d'essai (étape 7), il convient de les décrire et d'attirer l'attention sur toute répercussion possible sur le domaine d'application et les hypothèses de base;

– *diagramme du cycle d'essai*

Présentation graphique donnant un aperçu du cycle d'essai.

7 Summary of documentation of a reliability test cycle

The documentation should give enough information on the basic assumptions to enable the prospective user of the equipment to judge if the cycle sufficiently covers the specific application of the equipment to be tested. It should also be detailed enough to enable the test laboratory to realize the test cycle in practice, with the necessary degree of reproducibility.

The following headings and contents should be included as far as they are relevant:

– *applicability*

Descriptive definition of the application(s) on which the test cycle is based. The definition shall be clear and adequately detailed;

– *degree of simulation*

Brief statement on the degree of simulation, for example, high or low, to distinguish from any other cycles intended to cover the same application;

– *relevant part of equipment life*

Description of the phases covered by the test cycle; any phases excluded shall be listed;

– *basic assumptions underlying the severities*

Statement of the assumptions with reference to the sources of information used to arrive at the severities given in the test cycle. Any parameters of special importance or of negligible effects, as well as any limitations of severity ranges, should be noted. Basic relative durations and interrelationships assumed in the design of the test cycle should be listed;

– *description of the test cycle*

Detailed description of each time period in the test cycle and its duration and severity with appropriate references to the standardized tests of IEC 68;

– *comments on simplifications*

If simplifications are made in the final design of the test cycle (step 7), these should be described and any possible effects on applicability and basic assumptions pointed out;

– *diagram of the test cycle*

Graphical presentation giving a survey of the test cycle.

Annexe A (informative)

Exemple d'application

Dans la présente annexe, on applique la méthode de l'article 6 à l'exemple d'un appareil portatif de mesure de niveau sonore fonctionnant sur batteries, en se servant de données typiques. Le but de cette annexe est d'aider le lecteur à vérifier s'il a bien compris la méthode.

Dans cet exemple, on n'a pas repris la description détaillée des méthodes d'essai et des sévérités. Il ne faut pas considérer le résultat de l'exemple comme un cycle d'essai normalisé. Les conditions d'essai préférentielles et les cycles d'essai normalisés sont détaillés dans la CEI 605-3.

Description de base:

- *équipement*: Appareil de mesure de niveau sonore portatif fonctionnant sur batteries;
- *application*: L'appareil est utilisé pour des mesures à l'extérieur ou à l'intérieur des habitations, à bord de véhicules terrestres et de bateaux; il fonctionne pendant qu'il n'est pas transporté à la main. Il est transporté à terre, de place en place, et dans la condition batterie coupée;
- *zone climatique*: Tempérée froide;
- *partie de la vie de l'équipement à prendre en compte*: Depuis la sortie de l'équipement du magasin jusqu'à son retour, cette période de vie étant répétée indéfiniment;
- *degré de simulation*: Elevé.

Etape 1 – Division en phases

La partie de la vie de l'équipement à prendre en compte, $t(\text{total})$, est divisée en phases correspondant à des conditions typiques de fonctionnement et d'environnement. La durée de chaque phase est appelée $t(\text{phase})$. Chaque durée relative $d(\text{phase}) = t(\text{phase})/t(\text{total})$ est déterminée comme indiqué dans le tableau A.1.

Annex A (informative)

Worked example

This annex applies the procedure in clause 6 to the example of a portable battery-operated sound-level meter, based on typical data. It is included as an aid for checking the correct understanding of the procedure.

In this example, detailed description of the test procedures and severities has been omitted. The result from the example shall not be regarded as a standard test cycle. Preferred test conditions and standard test cycles are detailed in IEC 605-3.

Basic description :

- *equipment*: Portable battery-operated sound-level meter;
- *application*: For measurements outdoors, indoors, in land vehicles and ships; operating while not being carried by hand; surface transported from place to place while in off condition;
- *climate zone*: Cold temperate;
- *relevant part of equipment life*: From removal of the equipment from its store until its replacement, repeatedly;
- *degree of simulation*: High.

Step 1 – Division into phases

The relevant part, $t(\text{total})$, of equipment life is divided into phases representing typical operating and environmental profiles. The duration of each phase is designated $t(\text{phase})$. Each relative duration, $d(\text{phase}) = t(\text{phase})/t(\text{total})$, is determined as in table A.1.

Tableau A.1

Phase	Description de la phase	Durée relative	
1	Transport depuis le magasin vers le point de mesures, mise en place, déplacement vers d'autres points de mesure, démontage et retour au magasin.	0,3	d(1)
2	Utilisation à poste fixe à l'extérieur et à l'intérieur (y compris toute la durée de l'installation de l'appareil)	0,6	d(2)
3	Utilisation à bord de véhicules sur terre (voitures, camions, wagons, etc.) et de bateaux (y compris toute la durée de l'installation de l'appareil)	0,1	d(3)
		1,0	

Etape 2 – Détermination des facteurs de fonctionnement et d'environnement à prendre en compte et de leurs relations mutuelles

On détermine les facteurs de fonctionnement et d'environnement à prendre en compte qui ont de l'importance pour la fiabilité de l'appareil.

On détermine les durées relatives des facteurs dans chaque phase: $d(\text{facteur}) = t(\text{facteur})/t(\text{phase})$. Dans le cas des facteurs comprenant des régimes transitoires, on détermine la fréquence pendant chaque phase au lieu de la durée. Voir le tableau A.2.

Tableau A.2

Facteur	Durée relative ou fréquence		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Mode de fonctionnement: mesure, en attente et batterie coupée (l'appareil est alimenté par la batterie pour les modes « mesure » et « en attente »)	1	1	1
Température: froid et chaud	1	1	1
Variation de température avec taux de changement très rapide >1 °C/min	0,02/h	0	0
Humidité: chaleur humide: >(65 % HR), >(+15 °C)	0,2	0,1	0,01
Secousses: en crête: 10 m/s ²	10/h	0	20/h
Chute libre: >5 mm	0,1/h	0	0
Vibration: >1 mm ou >5 m/s ² (valeur efficace)	0,2	0	0,3

Table A.1

Phase	Description	Relative duration	
1	Transport from store to measurement site, setting up, moving to other sites, dismounting and transport, back to store	0,3	$d(1)$
2	Stationary use at locations outdoors and indoors (including all the time when the sound-level meter is set up for measurement)	0,6	$d(2)$
3	Use on board land vehicles, cars, trucks, railway carriages, etc., and ships (including all the time when the sound-level meter is set up for measurements)	0,1	$d(3)$
		1,0	

Step 2 – Identification of relevant operating and environmental parameters and their inter-relationships

Relevant operating and environmental parameters of importance to the reliability of the sound-level meter are identified.

The relative durations of the parameters in each phase are determined: $d(\text{parameter}) = t(\text{parameter})/t(\text{phase})$. For parameters involving transient conditions, the frequency during each phase is determined instead. See table A.2.

Table A.2

Parameter	Relative duration or frequency		
	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Functional mode: measuring, stand-by and battery off (power supply from the battery is on in both the measuring and stand-by modes)	1	1	1
Temperature: cold and heat	1	1	1
Change of temperature, with high rate of change, >1 °C/min	0,02/h	0	0
Humidity: damp heat: $>(65\% \text{ RH}), >(+15\text{ °C})$	0,2	0,1	0,01
Bump: 10 m/s^2 peak	10/h	0	20/h
Free fall: $>5 \text{ mm}$	0,1/h	0	0
Vibration: $>1 \text{ mm}$ or $>5 \text{ m/s}^2$ (r.m.s.)	0,2	0	0,3

On note les relations mutuelles suivantes:

- *Mode de fonctionnement:*
 - mesure: mode mutuellement exclusif vis-à-vis de batterie coupée et en attente et indépendant des autres facteurs;
 - en attente: mode mutuellement exclusif vis-à-vis de batterie coupée et mesure et indépendant des autres facteurs;
 - batterie coupée: mode mutuellement exclusif vis-à-vis de mesure et en attente et indépendant des autres facteurs.
- *Température:* facteur indépendant des autres facteurs.
- *Variation de température:* facteur indépendant des autres facteurs.
- *Humidité:* facteur mutuellement exclusif vis-à-vis de température <15 °C et indépendant des autres facteurs.
- *Secousses:* facteur mutuellement exclusif vis-à-vis de vibrations et chute libre et indépendant des autres facteurs.
- *Chute libre:* facteur dépendant de batterie coupée, mutuellement exclusif vis-à-vis de vibrations et secousses, indépendant des autres.
- *Vibrations:* facteur mutuellement exclusif vis-à-vis de secousses et chute libre et indépendant des autres facteurs.

Etape 3 – Evaluation des sévérités

On analyse les sévérités des facteurs de fonctionnement et d'environnement en utilisant les données disponibles et on détermine les durées relatives et les fréquences des classes de sévérité dans chaque phase:

$$d(\text{classe}) = t(\text{classe})/t(\text{phase})$$

Un tableau principal est dressé; voir le tableau A.3.

The following interrelationships are noted:

- *Functional modes:*
 - measuring: with the exception of the battery in off and stand-by mode which are mutually exclusive with respect to measuring, the other factors are independent;
 - stand-by: with the exception of the battery in off and measuring mode which are mutually exclusive with respect to stand-by, the other factors are independent;
 - battery off: with the exception of the battery in measuring or stand-by mode which are mutually exclusive with respect to battery off, the other factors are independent.
- *Temperature:* independent of other parameters.
- *Temperature change:* independent of other parameters.
- *Humidity:* mutually exclusive with respect to a temperature <15 °C, otherwise independent.
- *Bump:* mutually exclusive with respect to vibration and free fall, otherwise independent.
- *Free fall:* dependent on battery off, mutually exclusive with respect to vibration and bump, otherwise independent.
- *Vibration:* mutually exclusive with respect to bump and free fall, otherwise independent.

Step 3 – Evaluation of severities

The severities of the operating and environmental parameters are analysed using available data. The relative durations and frequencies of the severity classes in each phase are determined:

$$d(\text{class}) = t(\text{class})/t(\text{phase})$$

A master table is created; see table A.3.

Tableau A.3 – Tableau principal

Phase et facteur	Classes de sévérité, d'environnement et de fonctionnement			Durée relative ou fréquence	Somme (note 1)
	Classes de sévérité	Sévérité représentative	Symbole		
<i>Phase 1</i> Mode de fonctionnement		Mesure Attente Batterie coupée	Me Sb Boff	0 0 1	1,0
Température	-35 °C à -5 °C -5 °C à +15 °C +15 °C à +35 °C +35 °C à +65 °C	-25 °C +5 °C +25 °C +55 °C	A1 A2 B1 B2	0,04 0,06 0,83 0,07	1,0
Variation de température	Différence de température: <50 °C	-25 °C +25 °C	N	0,02/h	0,02/h
Humidité a) fixe (à température constante)	<85 % HR, +15 °C à +45 °C	80 % HR, +25 °C (note 2)	C1	0,135	0,2
	>85 % HR, +15 °C à +30 °C	95% HR, +25 °C	C2	0,050	
	>85 % HR, +30 °C à +45 °C	95 % HR, +40 °C	C3	0,013	
b) cyclique (à variations cycliques de température)	>90 % HR, +15 °C à +40 °C >0,3 °C/min	95 % HR, +25 °C à +40 °C	D	0,002	
Secousses	Demi-sinusoïde 1 g_n à 12 g_n , 16 ms 12 g_n à 30 g_n , 6 ms	10 g_n , 16 ms 25 g_n , 6 ms	Eb1 Eb2	9/h 1/h	10/h
Chute libre	5 mm à 30 mm 30 mm à 55 mm	25 mm 50 mm	Ed1 Ed2	0,09/h 0,01/h	0,1/h
Vibrations	Sinusoidales 10 Hz à 150 Hz <4 mm, 1 g_n 4 mm ou 1 g_n , 8 mm ou 2 g_n	3,5 mm ou 1 g_n 7,5 mm ou 2 g_n	F1 F2	0,15 0,05	0,2

(suite à la page 44)

Table A.3 – Master table

Phase/parameter	Operating and environmental severity class			Relative duration/frequency	Sum (note 1)
	Severity class	Representative severity	Symbol		
<i>Phase 1</i> Functional mode		Measuring Stand-by Battery off	Me Sb Boff	0 0 1	1,0
Temperature	-35 °C to -5 °C -5 °C to +15 °C +15 °C to +35 °C +35 °C to +65 °C	-25 °C +5 °C +25 °C +55 °C	A1 A2 B1 B2	0,04 0,06 0,83 0,07	1,0
Change of temperature	Temperature difference: <50 °C	-25 °C +25 °C	N	0,02/h	0,02/h
Humidity a) steady state (constant temperature)	<85 % RH, +15 °C to +45 °C >85 % RH, +15 °C to +30 °C >85 % RH, +30 °C to +45 °C	80 % RH, +25 °C (note 2) 95 % RH, +25 °C 95 % RH, +40 °C	C1 C2 C3	0,135 0,050 0,013	0,2
b) cyclic (cyclic temperature changes)	>90 % RH, +15 °C to +40 °C >0,3 °C/min	95 % RH, +25 °C to +40 °C	D	0,002	
Bump	Half-sine 1 g_n to 12 g_n , 16 ms 12 g_n to 30 g_n , 6 ms	10 g_n , 16 ms 25 g_n , 6 ms	Eb1 Eb2	9/h 1/h	10/h
Free fall	5 mm to 30 mm 30 mm to 55 mm	25 mm 50 mm	Ed1 Ed2	0,09/h 0,01/h	0,1/h
Vibration	Sinusoidal 10 Hz to 150 Hz <4 mm, 1 g_n 4 mm or 1 g_n , 8 mm or 2 g_n	3,5 mm or 1 g_n 7,5 mm or 2 g_n	F1 F2	0,15 0,05	0,2

(continued on page 45)

Tableau A.3 – Tableau principal (fin)

Phase et facteur	Classes de sévérité, d'environnement et de fonctionnement			Durée relative ou fréquence	Somme (note 1)
	Classes de sévérité	Sévérité représentative	Symbole		
Phase 2 Mode de fonctionnement		Mesure Attente Batterie coupée	Me Sb Boff	0,35 0,35 0,3	1,0
Température	-35 °C à -5 °C -5 °C à +15 °C +15 °C à +35 °C +35 °C à +65 °C	-25 °C +5 °C +25 °C +55 °C	A1 A2 B1 B2	0,02 0,03 0,92 0,03	1,0
Humidité a) fixe (à température constante)	<85 % HR, +15 °C à +45 °C	80 % HR, +25 °C	C1	0,07	0,1 (note 3)
	>85 % HR, +15 °C à +30 °C	95 % HR, +25 °C	C2	0,02	
	>85 % HR, +30 °C à +45 °C	95 % HR, +40 °C	C3	0,01	
b) cyclique (variations cycliques de température)	>90 % HR, +15 °C à +40 °C >0,3 °C/min	95 % HR, +25 °C à +40 °C	D	0,001	
Phase 3 Mode de fonctionnement		Mesure Attente Batterie coupée	Me Sb Boff	0,40 0,35 0,25	1,0
Température	-5 °C à +15 °C +15 °C à +35 °C +35 °C à +65 °C	+5 °C +25 °C +55 °C	A2 B1 B2	0,05 0,85 0,10	1,0
Humidité (note 4)					
Secousses	Demi-sinusoïde 1 g_n à 12 g_n , 16 ms 12 g_n à 30 g_n , 6 ms	10 g_n , 16 ms 25 g_n , 6 ms	Eb1 Eb2	18/h 2/h	20/h
Vibrations	Sinusoïdales 10 Hz à 150 Hz <4 mm, 1 g_n 4 mm ou 1 g_n ; 8 mm ou 2 g_n	3,5 mm ou 1 g_n 7,5 mm ou 2 g_n	F1 F2	0,2 0,1	0,3

NOTES

- 1 Le chiffre porté dans cette colonne, égal au chiffre du tableau A.2 pour la phase correspondante et le facteur correspondant, est la somme des chiffres de la colonne précédente pour le facteur considéré.
- 2 La répartition des températures est telle que la plage +15 °C à +35 °C domine très fortement, ce qui justifie la température +25 °C adoptée ici pour la chaleur humide.
- 3 La différence de 0,001 peut être négligée. (Entre la colonne 6 et la somme des chiffres de la colonne 5.)
- 4 Les variations d'humidité relative et de température sont normalement plus faibles que dans la phase 2, qui inclut l'utilisation à l'extérieur. En outre, la durée de la phase 3 est beaucoup plus courte que celle de la phase 2; il y a donc suffisamment de raisons pour négliger l'influence de l'humidité dans la phase 3.

Table A.3 – Master table (concluded)

Phase/parameter	Operating and environmental severity class			Relative duration/frequency	Sum (note 1)
	Severity class	Representative severity	Symbol		
Phase 2 Functional mode		Measuring Stand-by Battery off	Me Sb Boff	0,35 0,35 0,3	1,0
Temperature	-35 °C to -5 °C -5 °C to +15 °C +15 °C to +35 °C +35 °C to +65 °C	-25 °C +5 °C +25 °C +55 °C	A1 A2 B1 B2	0,02 0,03 0,92 0,03	1,0
Humidity a) steady state (constant temperature)	<85 % RH, +15 °C to +45 °C >85 % RH, +15 °C to +30 °C >85 % RH, +30 °C to +45 °C	80 % RH, +25 °C 95 % RH, +25 °C 95 % RH, +40 °C	C1 C2 C3	0,07 0,02 0,01	0,1 (note 3)
b) cyclic (cyclic temperature changes)	>90 % RH, +15 °C to +40 °C >0,3 °C/min	95 % RH, +25 °C to +40 °C	D	0,001	
Phase 3 Functional mode		Measuring Stand-by Battery off	Me Sb Boff	0,40 0,35 0,25	1,0
Temperature	-5 °C to +15 °C +15 °C to +35 °C +35 °C to +65 °C	+5 °C +25 °C +55 °C	A2 B1 B2	0,05 0,85 0,10	1,0
Humidity (note 4)					
Bump	Half-sine 1 g_n to 12 g_n , 16 ms 12 g_n to 30 g_n , 6 ms	10 g_n , 16 ms 25 g_n , 6 ms	Eb1 Eb2	18/h 2/h	20/h
Vibration	Sinusoidal 10 Hz to 150 Hz <4 mm, 1 g_n ; 4 mm or 1 g_n ; 8 mm or 2 g_n	3,5 mm or 1 g_n 7,5 mm or 2 g_n	F1 F2	0,2 0,1	0,3
NOTES					
1 Equals the figures for each phase and parameter of table A.2, the sum of the figures of the previous column for the respective parameter.					
2 The distribution of temperatures is such that the range +15 °C to +35 °C dominates strongly, justifying the representative temperature +25 °C denoted.					
3 The difference of 0,001 can be neglected. (Between column 6 and the sum of the figures in column 5.)					
4 The relative humidity and temperature changes are normally lower than those applied in phase 2, which includes outdoor use. Since the duration of phase 3 is much shorter than that of phase 2, there is sufficient reason to neglect the influence of humidity for phase 3.					

Etape 4 – Evaluation de combinaisons

On évalue les relations mutuelles entre les facteurs et classes de sévérité et on présente le résultat sous forme de tableau. Dans cet exemple, toutes les conditions de fonctionnement sont mutuellement exclusives. Il suffit donc de porter dans un tableau, pour chaque facteur de fonctionnement, les durées relatives correspondant aux combinaisons importantes des facteurs d'environnement comme le montre le tableau A.4.

Certaines combinaisons peuvent être éliminées pour les raisons suivantes:

Phase 1

- chaleur, secousses: on admet que les effets de cette combinaison sont beaucoup plus faibles que ceux de froid, secousses;
- température, chute libre: combinaison prise en compte par froid, secousses;
- froid, vibrations: combinaison prise en compte par froid, secousses;
- chaleur, vibrations: combinaison prise en compte par la phase 3.

Phase 3

- les combinaisons des facteurs secousses et vibrations avec (B2, Boff) ne sont pas considérées comme des combinaisons importantes; leurs fréquences et durées relatives sont donc transférées vers B1 (ce qui n'est pas indiqué sur le tableau A.4).

La durée relative ou la fréquence de chaque combinaison dans chaque phase est déterminée:

$$d(\text{comb}) = t(\text{comb})/t(\text{phase})$$

Step 4 – Evaluation of combinations

The interrelationships of parameters and severity classes are evaluated and the result tabulated. In this case all operating conditions are mutually exclusive. Therefore, it is sufficient to tabulate operating parameters against important combinations of environmental parameters as shown in table A.4.

Reasons for deletion of certain combinations:

Phase 1

- heat, bump: effects considered are much less than those from cold, bump;
- temperature, fall: covered by cold, bump;
- cold, vibration: covered by cold, bump;
- heat, vibration: covered by phase 3.

Phase 3

- bump and vibration combined with (B2, Boff) are not regarded as important combinations and their relative frequencies and durations are therefore transferred to B1 (not shown in table A.4).

The relative duration or frequency of each combination in each activity is determined:

$$d(\text{comb}) = t(\text{comb})/t(\text{phase})$$

Tableau A.4

Phase/facteur d'environnement	Symbole	Durée relative ou fréquence			
		Mode de fonctionnement			Total pour tous les modes
		Mesure Me	Attente Sb	Batterie coupée Boff	
<i>Phase 1</i> Secousses/froid	Eb1,A1 Eb2,A1	0 0	0 0	0,36/h (note 1) 0,04/h (note 2)	0,36/h 0,04/h
<i>Phase 2</i> Température	A1 A2 B1 B2	0,007 (note 3) 0,010 0,322 0,010	0,007 0,011 0,322 0,011	0,006 0,009 0,276 (note 4) 0,009	0,02 0,03 0,92 0,03
Humidité, température	C1,B1 (note 5) C2,B1 C3,B1 (note 7) D	0,025 (note 6) 0,007 0,004 -	0,024 0,007 0,003 -	0,021 0,006 0,003 0,001 (note 8)	0,07 0,02 0,01 0,001
<i>Phase 3</i> Température	A2 B1 B2	0,020 0,340 0,040	0,018 0,298 0,035	0,012 0,212 0,025	0,05 0,85 0,10
Secousses/ chaleur	Eb1,B2 Eb2,B2	0,72/h (note 9) 0,08/h	0,63/h 0,07/h	- -	1,35/h 0,15/h
Vibrations/ chaleur	F1,B2 F2,B2	0,008 0,004	0,007 0,004	- -	0,015 0,008

Dans les notes qui suivent, le premier chiffre à l'intérieur des parenthèses est le numéro de la phase.

NOTES

- $f(1, Eb1) \times d(1, A1) \times d(1, Boff) = f(1, Eb1, A1, Boff); 9/h \times 0,04 \times 1 = 0,36/h$
- $f(1, Eb2) \times d(1, A1) \times d(1, Boff)$
- $d(2, A1) \times d(2, Me)$
- $d(2, B1) \times d(2, Boff)$
- Les intervalles de température de C1 et B1 ne sont pas identiques car ils sont respectivement choisis en fonction des essais de chaleur humide et de chaleur sèche. Les sévérités représentatives sont cependant les mêmes et la durée C1 peut alors être prise sur la durée B1.
- $d(2, C1) \times d(2, Me)$
- Les intervalles de température de C3 et B1 sont très différents. Mais, étant donné la température élevée de B2 (+55 °C) on pense préférable de prendre la durée de C3, soit 0,01, sur la durée de B1, soit 0,92, plutôt que sur la durée de B2, soit 0,03.
- L'humidité avec variations de température est importante seulement sans chauffage interne (batterie coupée). Selon la note 7, la durée de (B1, Boff), soit 0,276, devrait être réduite de 0,001. Cette réduction est cependant suffisamment faible pour être négligée.
- $f(3, Eb1) \times d(3, B2) \times d(3, Me)$

Table A.4

Phase/ environmental parameter	Symbol	Relative duration or frequency			
		Functional mode			All modes
		Measuring Me	Stand-by Sb	Battery off Boff	
<i>Phase 1</i> Bump, cold	Eb1,A1 Eb2,A1	0 0	0 0	0,36/h (note 1) 0,04/h (note 2)	0,36/h 0,04/h
<i>Phase 2</i> Temperature	A1 A2 B1 B2	0,007 (note 3) 0,010 0,322 0,010	0,007 0,011 0,322 0,011	0,006 0,009 0,276 (note 4) 0,009	0,02 0,03 0,92 0,03
Humidity, temperature	C1,B1 (note 5) C2,B1 C3,B1 (note 7) D	0,025 (note 6) 0,007 0,004 -	0,024 0,007 0,003 -	0,021 0,006 0,003 0,001 (note 8)	0,07 0,02 0,01 0,001
<i>Phase 3</i> Temperature	A2 B1 B2	0,020 0,340 0,040	0,018 0,298 0,035	0,012 0,212 0,025	0,05 0,85 0,10
Bump, heat	Eb1,B2 Eb2,B2	0,72/h (note 9) 0,08/h	0,63/h 0,07/h	- -	1,35/h 0,15/h
Vibration, heat	F1,B2 F2,B2	0,008 0,004	0,007 0,004	- -	0,015 0,008

In the notes below, the first figure inside the parentheses is the phase number.

NOTES

- $f(1, Eb1) \times d(1, A1) \times d(1, Boff) = f(1, Eb1, A1, Boff); 9/h \times 0,04 \times 1 = 0,36/h$
- $f(1, Eb2) \times d(1, A1) \times d(1, Boff)$
- $d(2, A1) \times d(2, Me)$
- $d(2, B1) \times d(2, Boff)$
- The temperature intervals of C1 and B1 are not identical, as they are chosen with regard to the damp-heat and dry-heat tests, respectively. The representative severities are, however, the same and the C1 duration can therefore be taken from the B1 duration.
- $d(2, C1) \times d(2, Me)$
- The temperature intervals of C3 and B1 differ considerably. But, with respect to the high temperature of B2 (+55 °C), it is considered better to take the 0,01 of C3 from the 0,92 of B1 rather than from the 0,03 of B2.
- Humidity with temperature changes is important only with no internal heating (battery off). In accordance with note 7, the B1, Boff 0,276 should be reduced by 0,001. This reduction is, however, small enough to be neglected.
- $f(3, Eb1) \times d(3, B2) \times d(3, Me)$

Etape 5 – Intégration – somme des durées pour toutes les phases

L'intégration des durées pour toutes les phases est facilitée par une étape intermédiaire pour réduire les durées d'un facteur simple comme indiqué dans le tableau A.5.

Tableau A.5

Phase/facteur d'environnement	Symbole	Durée relative ou fréquence			
		Mode de fonctionnement			Total pour tous les modes
		Mesure Me	Attente Sb	Batterie coupée Boff	
<i>Phase 2</i> Température	A1	0,007	0,007	0,006	0,02
	A2	0,010	0,011	0,009	0,03
	B1	0,287 (note)	0,287	0,246	0,82
	B2	0,010	0,011	0,009	0,03

NOTE – $d(2,B1,Me) = d(2,Me) \times [d(2,C1) + d(2,C2) + d(2,C3)]$

Si la température avait été limitée à froid et chaleur sèche dans cet exemple, le facteur température du tableau A.2 aurait dû être 0,9 au lieu de 1,0 et aucune suppression faite ici à l'étape 5.

On établit maintenant un tableau complet contenant les sommes, sur toutes les phases, des fréquences et durées de chaque classe de sévérité de chaque combinaison. Voir tableau A.6.

Step 5 – Summation over all phases

The summation is facilitated by an interim step for reduction of single-parameter durations as shown in table A.5.

Table A.5

Phase/ environmental parameter	Symbol	Relative duration or frequency			
		Functional mode			All modes
		Measuring Me	Stand-by Sb	Battery off Boff	
<i>Phase 2</i> Temperature	A1	0,007	0,007	0,006	0,02
	A2	0,010	0,011	0,009	0,03
	B1	0,287 (note)	0,287	0,246	0,82
	B2	0,010	0,011	0,009	0,03

NOTE – $d(2,B1,Me) - d(2,Me) \times [d(2,C1) + d(2,C2) + d(2,C3)]$

If temperature had been limited to cold and dry heat in this example, the parameter temperature in table A.2 should have been 0,9 instead of 1,0 and no reduction made here in step 5.

A complete table containing the summations over all phases of the frequencies and durations of each severity class and combination is now worked out, as in table A.6.

Tableau A.6

Facteur d'environnement	Symbole	Durée relative ou fréquence			
		Mode de fonctionnement			Total pour tous les modes
		Mesure Me	Attente Sb	Batterie coupée Boff	
Température	A1	0,004	0,004	0,016 (note 1)	0,024
	A2	0,008	0,008	0,025	0,041
	B1	0,194	0,193	0,291 (note 2)	0,678
	B2	0,009	0,009	0,029	0,047
Variations de température, humidité, température	N	0	0	0,006/h	0,006/h
	C1	0,015	0,014	0,053	0,082
	C2	0,004	0,004	0,019	0,027
	C3	0,002	0,002	0,006	0,010
Secousses, froid	Eb1,A1	0	0	0,108/h	0,108/h (note 3)
	Eb2,A1	0	0	0,012/h	0,012/h (note 3)
Secousses, chaleur	Eb1,B2	0,072/h	0,063/h	0	0,135/h (note 3)
	Eb2,B2	0,008/h	0,007/h	0	0,015/h (note 3)
Secousses	Eb1, B1	0,648/h	0,567/h	3,042/h	4,257/h (note 3)
	Eb2, B1	0,072/h	0,063/h	0,338/h	0,473/h (note 3)
Chute libre	Ed1, B1	0	0	0,027/h	0,027/h
	Ed2, B1	0	0	0,003/h	0,003/h
Vibration, chaleur	F1,B2	0,0008	0,0007	0	0,0015
	F2,B2	0,0004	0,0004	0	0,0008
	F1,B1	0,0072	0,0063	0,0500	0,0635
	F2,B1	0,0036	0,0031	0,0175	0,0242
					1,0000
NOTES					
1 $d(1,A1) \times d(1,Boff) \times d(1) + d(2,A1,Boff) \times d(2)$					
2 $[d(1,B1) - \{d(1,C1) + d(1,C2) + d(1,C3) + d(1,D) + d(1,F1) + d(1,F2)\}] \times d(1,Boff) \times d(1) + [d(2,B1,Boff) \times d(2)] + [d(3,B1,Boff) - \{d(3,F1) + d(3,F2)\}] \times d(3,Boff) - \{d(3,F1,B2,Boff) + d(3,F2,B2,Boff)\} \times d(3)$.					
3 On contrôle le tableau en ajoutant les durées ou les fréquences des facteurs et en les comparant aux tableaux A.1 et A.2; par exemple pour le facteur Eb, la somme 5,0/h = (0,3 × 10 + 0,1 × 20)/h.					

Table A.6

Environmental parameter	Symbol	Relative duration or frequency			
		Functional mode			All modes
		Measuring Me	Stand-by Sb	Battery off Boff	
Temperature	A1	0,004	0,004	0,016 (note 1)	0,024
	A2	0,008	0,008	0,025	0,041
	B1	0,194	0,193	0,291 (note 2)	0,678
	B2	0,009	0,009	0,029	0,047
Change of temperature, humidity, temperature	N	0	0	0,006/h	0,006/h
	C1	0,015	0,014	0,053	0,082
	C2	0,004	0,004	0,019	0,027
	C3	0,002	0,002	0,006	0,010
D	0	0	0,001	0,001	
Bump, cold	Eb1,A1	0	0	0,108/h	0,108/h (note 3)
	Eb2,A1	0	0	0,012/h	0,012/h (note 3)
Bump, heat	Eb1,B2	0,072/h	0,063/h	0	0,135/h (note 3)
	Eb2,B2	0,008/h	0,007/h	0	0,015/h (note 3)
Bump	Eb1, B1	0,648/h	0,567/h	3,042/h	4,257/h (note 3)
	Eb2, B1	0,072/h	0,063/h	0,338/h	0,473/h (note 3)
Free fall	Ed1, B1	0	0	0,027/h	0,027/h
	Ed2, B1	0	0	0,003/h	0,003/h
Vibration, heat	F1,B2	0,0008	0,0007	0	0,0015
	F2,B2	0,0004	0,0004	0	0,0008
	F1,B1	0,0072	0,0063	0,0500	0,0635
	F2,B1	0,0036	0,0031	0,0175	0,0242
1,0000					
NOTES					
1 $d(1,A1) \times d(1,Boff) \times d(1) + d(2,A1,Boff) \times d(2)$					
2 $[d(1,B1) - \{d(1,C1) + d(1,C2) + d(1,C3) + d(1,D) + d(1,F1) + d(1,F2)\}] \times d(1,Boff) \times d(1) + [d(2,B1,Boff) \times d(2)] + [d(3,B1,Boff) - \{d(3,F1) + d(3,F2)\}] \times d(3,Boff) - \{d(3,F1,B2,Boff) + d(3,F2,B2,Boff)\}] \times d(3)$.					
3 The table is checked by summing the durations or frequencies of the parameters and comparing with tables A.1 and A.2, for example, parameter Eb, $\text{sum } 5,0/h = (0,3 \times 10 + 0,1 \times 20)/h$.					

Etape 6 – Revue critique

On considère que la combinaison des conditions humidité et batterie branchée est une complication inutile. Les durées des combinaisons (humidité, mesure) et (humidité, en attente) sont supprimées et la durée de la combinaison (humidité, batterie coupée) est accrue en conséquence. On fait les corrections qui s'imposent aux durées B1.

La durée de D est très faible. L'effet de variation de température avec humidité ambiante élevée peut être obtenu en chauffant et en refroidissant dans les conditions d'humidité C3. D est alors supprimé et la durée de C3 est accrue en conséquence. L'effet de variation rapide de température est obtenu en introduisant un temps imposé de transition au cours de l'essai Na, entre B1 et A1.

L'humidité C3 et le froid A1 sont mis en séquence rapprochée pour obtenir l'effet de givrage interne.

Pour des raisons pratiques, les conditions de vibrations et de secousses sont mises dans la séquence (F,B1), (F,B2), (Eb,B2), (Eb,A1); de ce fait, le nombre de montages et de démontages des dispositifs en essai est minimisé. (F représente F1 ou F2 et Eb représente Eb1 ou Eb2.)

Etape 7 – Préparation du cycle d'essai de fiabilité

Les durées relatives et fréquences finales sont multipliées par la durée du cycle. Pour l'exemple, la durée d'une semaine, soit 168 h, a été jugée convenable. Des points appropriés pour le contrôle de fonctionnement sont précisés. Volontairement, aucun contrôle de fonctionnement n'est inclus les jours 6 et 7 (samedi et dimanche).

Le cycle d'essai définitif est établi par heures et représenté graphiquement. Le diagramme complet est représenté sur la figure A.1.

Step 6 – Critical review

The combination of battery on and humidity conditions is considered an unnecessary complication. The (humidity, measuring) and (humidity, stand-by) durations are deleted and the (humidity, battery off) increased accordingly. Due corrections are made to the B1 durations.

The duration of D is very small. The effect of temperature change with high ambient humidity can be obtained by the heating and cooling in the C3 humidity conditions. D is therefore deleted and the duration of C3 increased accordingly. The effect of rapid change of temperature is obtained by introducing a prescribed time of transition between B1 and A1, corresponding to test Na.

Humidity C3 and cold A1 are put in close sequence for the effect of internal icing.

For practical reasons, the vibration and bump conditions are put in the sequence (F,B1), (F,B2), (Eb,B2), (Eb,A1), to minimize mounting and dismounting of the test items. (F represents F1 or F2 and Eb represents Eb1 or Eb2.)

Step 7 – Design of reliability test cycle

The final relative durations and frequencies are multiplied by the length of the cycle. In this case, a suitable length was chosen to be 1 week = 168 h. Suitable points for functional checks are specified. Functional checks are excluded on days 6 and 7 (Saturday and Sunday).

The final test cycle is listed by hours and presented graphically. The complete diagram is shown in figure A.1.

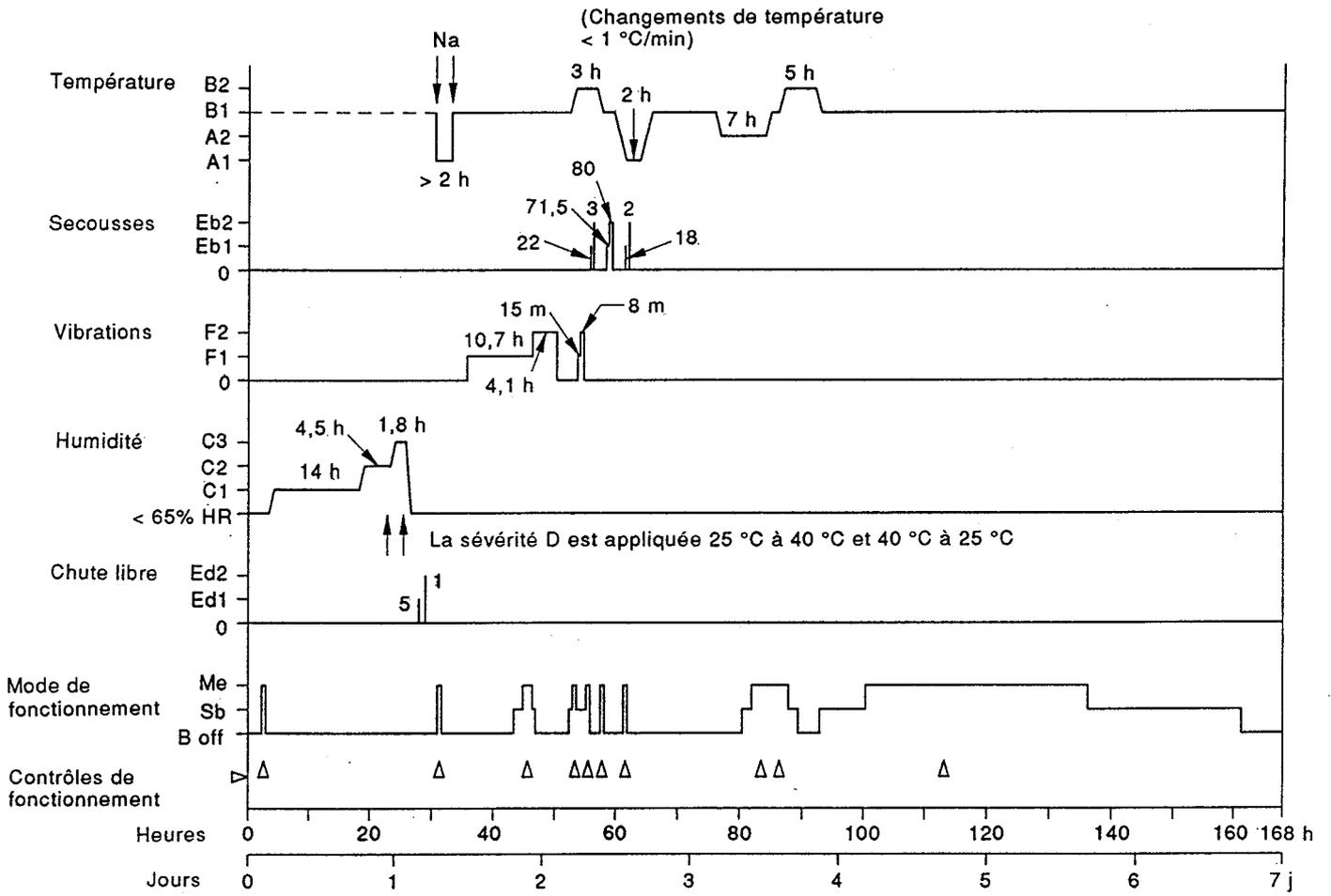
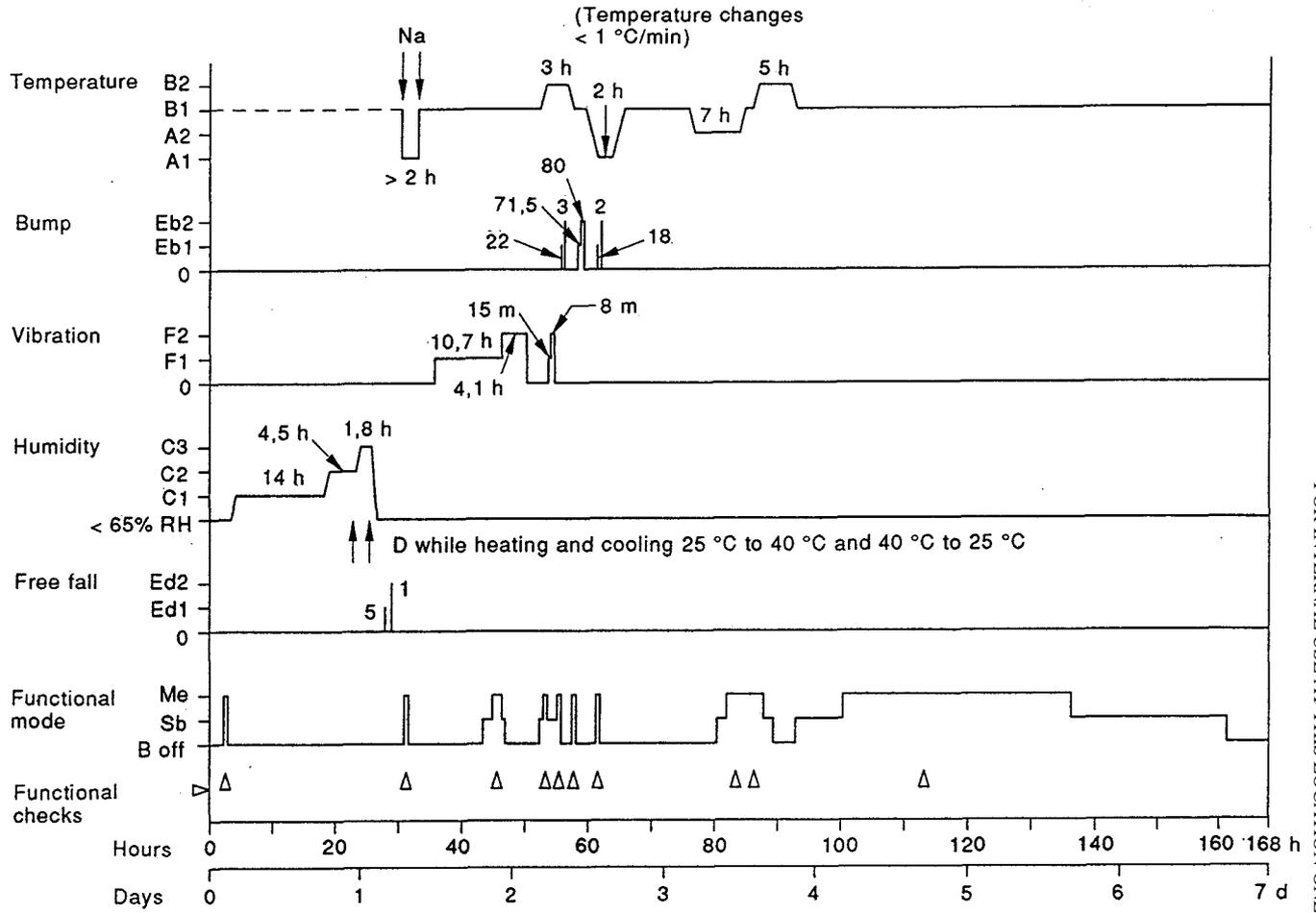


Figure A.1 - Cycle d'essai définitif



IEC 86694

Figure A.1 - Final test cycle

LICENSED TO MECON Limited - RANCHI/BANGALORE
 FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY. SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited, - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ICS 03.120.01; 19.020; 21.020
