

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61163-1**

Deuxième édition  
Second edition  
2006-06

---

---

**Déverminage sous contraintes –**

**Partie 1:  
Assemblages réparables fabriqués en lots**

**Reliability stress screening –**

**Part 1:  
Repairable assemblies manufactured in lots**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61163-1:2006

## Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

## Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))**
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site ([www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

61163-1

Deuxième édition  
Second edition  
2006-06

---

---

**Déverminage sous contraintes –**

**Partie 1:  
Assemblages réparables fabriqués en lots**

**Reliability stress screening –**

**Part 1:  
Repairable assemblies manufactured in lots**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland  
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE **XC**

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

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	8
INTRODUCTION.....	12
1 Domaine d'application .....	18
2 Références normatives.....	18
3 Termes et définitions .....	22
4 Symboles .....	26
5 Description générale .....	26
5.1 Principe du déverminage sous contraintes .....	26
5.2 Catégories de défaillances .....	30
5.3 Temps d'apparition des défaillances.....	32
6 Préparation .....	32
6.1 Détermination des conditions de contrainte .....	32
6.2 Evaluation de la période sans défaillance $T_M$ .....	36
6.3 Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance .....	40
7 Déverminage de production de présérie .....	50
7.1 Généralités.....	50
7.2 Collecte des informations .....	50
7.3 Evaluation des informations .....	50
7.4 Nouvelle estimation de la période sans défaillance $T_M$ .....	52
8 Déverminage d'une production stabilisée.....	54
8.1 Généralités.....	54
8.2 Collecte des informations .....	54
8.3 Evaluation des informations .....	54
8.4 Traitement des anomalies .....	54
8.5 Suppression du déverminage sous contraintes.....	58
Annexe A (informative) Conditions des contraintes – Généralités.....	60
Annexe B (informative) Conditions de contraintes – Température .....	66
Annexe C (informative) Conditions de contraintes – Vibrations et secousses .....	74
Annexe D (informative) Conditions de contraintes – Humidité .....	86
Annexe E (informative) Conditions de contraintes – Contraintes de fonctionnement.....	92
Annexe F (informative) Contrainte de tension .....	96
Annexe G (informative) Déverminage à forte accélération.....	98
Annexe H (informative) Distributions bimodales – Relevés expérimentaux sur graphe de Weibull et analyses .....	100
Annexe I (informative) Evaluation de la durée de la période sans défaillance et de la durée moyenne du déverminage .....	112
Annexe J (informative) Démonstration de la méthode par un exemple .....	132
Bibliographie.....	160

## CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	13
1 Scope.....	19
2 Normative references.....	19
3 Terms and definitions.....	23
4 Symbols.....	27
5 General description.....	27
5.1 The reliability stress screening principle.....	27
5.2 Failure categories.....	31
5.3 Time of occurrence of failures.....	33
6 Planning.....	33
6.1 Stress conditioning.....	33
6.2 Evaluation of the failure-free period $T_M$ .....	37
6.3 Time graphs for determination of the failure-free period.....	41
7 Pilot-production screening.....	51
7.1 General.....	51
7.2 Collection of information.....	51
7.3 Evaluation of information.....	51
7.4 Re-evaluating the failure-free period $T_M$ .....	53
8 Mature production screening.....	55
8.1 General.....	55
8.2 Collection of information.....	55
8.3 Evaluation of information.....	55
8.4 Dealing with discrepancies.....	55
8.5 Eliminating reliability stress screening.....	59
Annex A (informative) Stress conditions – General information.....	61
Annex B (informative) Stress conditions – Temperature.....	67
Annex C (informative) Stress conditions – Vibration and bump.....	75
Annex D (informative) Stress conditions – Humidity.....	87
Annex E (informative) Stress conditions – Operational stress.....	93
Annex F (informative) Voltage stress.....	97
Annex G (informative) Highly accelerated stress screening.....	99
Annex H (informative) Bimodal distributions – Weibull plotting and analysis.....	101
Annex I (informative) Evaluation of the failure-free period and the average screening duration.....	113
Annex J (informative) Worked example.....	133
Bibliography.....	161

Figure 1 – Différence conceptuelle entre le déverminage et la croissance de fiabilité..... 14

Figure 2 – Organigramme type pour établir et modifier les processus de déverminage sous contraintes d'assemblages réparables ..... 16

Figure 3 – Diagramme typique de flux de la production d'assemblages du fabricant des composants à l'utilisateur final ..... 20

Figure 4 – Déverminage sous contraintes d'assemblages réparables..... 28

Figure 5 – Relations entre les catégories de défaillance ..... 32

Figure 6 – Eléments de l'épreuve sous contraintes ..... 32

Figure 7 – Assemblage indiquant la durée du déverminage..... 36

Figure 8 – Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance ..... 42

Figure 9 – Exemple de courbe de Weibull déterminée expérimentalement avec changement de pente pour  $p$  % de défaillances ..... 52

Figure H.1 – Courbe en S d'une distribution bimodale de Weibull avec  
 $F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{30}\right)^{1,5}}$  et  $F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{60\,000}\right)^{1,5}}$  dans des proportions de 15 % et 85 %  
 respectivement ..... 102

Figure H.2 – Estimation de  $p$ ,  $\beta_1$  et  $\eta_1$  pour une optimisation de déverminage..... 104

Figure H.3 – Fonctions de distribution cumulée pour distributions bimodales exponentielles..... 108

Figure H.4 – Fonction du taux de défaillance de la distribution bimodale exponentielle ..... 110

Figure I.1 – Système de base ..... 112

Figure I.2 – Assemblage constitué de  $n_{RE}$  composants fragiles ayant fonctionné sans défaillance pendant un déverminage de durée  $T_M$  ..... 116

Figure I.3 – Etats possibles après la défaillance d'un composant pendant le déverminage..... 116

Figure I.4 – Etats de l'assemblage après défaillance et réparation ..... 116

Figure I.5 – Graphiques des durées pour déterminer la période de déverminage sans défaillance ..... 120

Figures I.6a et I.6b – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,000\,5$  et  $p_C = 0,001$ ..... 124

Figures I.6c et I.6d – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,002$  et  $p_C = 0,005$ ..... 126

Figures I.6e et I.f – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,015$  et  $p_C = 0,02$ ..... 128

Figures I.6g et I.6h – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,03$  et  $p_C = 0,04$ ..... 130

Figure J.1 – Détermination de la période sans défaillance  $T_M$ ..... 138

Figure J.2 – Détermination de la durée moyenne du déverminage ..... 142

Figure J.3 – Tracé sur graphe de Weibull observé et motif de défaillances prédit des cartes imprimées équipées de présérie ..... 148

Figure 1 – Conceptual difference between reliability screening and growth .....	15
Figure 2 – Typical flow for the design and modifications of reliability stress screening processes for repairable assemblies .....	17
Figure 3 – Typical flow of hardware assemblies from the component manufacturer to the end user .....	21
Figure 4 – Reliability stress screening of repairable assemblies .....	29
Figure 5 – Dependency of categories of failures .....	33
Figure 6 – Elements of stress conditioning .....	33
Figure 7 – Assembly showing screening duration .....	37
Figure 8 – Time graphs for the determination of the failure free period .....	43
Figure 9 – Example of an experimentally determined Weibull curve that is levelling off at $p$ % failures .....	53
Figure H.1 – The S-curve for a bimodal Weibull distribution mixed by $F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{30}\right)^{1.5}}$ and $F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{60\,000}\right)^{1.5}}$ in the proportions 15 % and 85 %, respectively .....	103
Figure H.2 – Estimation of $p$ , $\beta_1$ and $\eta_1$ for the purpose of reliability screening optimization .....	105
Figure H.3 – The c.d.f. curves for bimodal exponential distribution .....	109
Figure H.4 – The hazard rate function for bimodal exponential distribution .....	111
Figure I.1 – The basic system .....	113
Figure I.2 – An assembly surviving the screening period $T_M$ with $n_{RE}$ remaining weak components .....	117
Figure I.3 – Possible states when a component fails during the stress screening .....	117
Figure I.4 – Assembly states after failure and repair .....	117
Figure I.5 – Time graph for evaluation of the failure-free screening period .....	121
Figures I.6a and I.6b – Average screening duration versus the normalized failure-free period $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,000\,5$ and $p_C = 0,001$ .....	125
Figures I.6c and I.6d – Average screening duration versus the normalized failure-free period $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,002$ and $p_C = 0,005$ .....	127
Figures I.6e and I.6f – Average screening duration versus the normalized failure-free period $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,015$ and $p_C = 0,02$ .....	129
Figures I.6g and I.6h – Average screening duration versus the normalized failure-free period $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_C = 0,03$ and $p_C = 0,04$ .....	131
Figure J.1 – Derivation of the failure-free period $T_M$ .....	139
Figure J.2 – Derivation of the average screening duration .....	143
Figure J.3 – Weibull plot of the observed and predicted failure pattern for the pilot production PBAs .....	149

Figure J.4 – Relevé de Weibull de la courbe S des défaillances prises en compte et des défaillances prédites pour le déverminage de la production de présérie ..... 152

Figure J.5 – Graphique des durées (corrigé) pour déterminer la période sans défaillance .. 154

Figure J.6 – Graphique des durées (corrigé) pour déterminer la période de déverminage .. 156

Tableau A.1 – Types de contraintes – Indication du coût d'application ..... 62

Tableau J.1 – Rapport entre la sensibilité des défauts et les contraintes..... 136

Tableau J.2 – Relevé expérimental des rangs des défaillances et des durées jusqu'à défaillance pour la production de présérie..... 144

Tableau J.3 – Valeurs de rang modifiées ..... 150

Figure J.4 – Weibull plot of relevant failures and predicted S-curve for the pilot production screening .....	153
Figure J.5 – Time graph (corrected) for determination of the failure-free period .....	155
Figure J.6 – Time graph (corrected) for evaluation of the screening duration .....	157
Table A.1 – Stress types – Indication of cost of application .....	63
Table J.1 – Relation between sensitivity of flaws and stresses .....	137
Table J.2 – Observed failure ranks and times to first failure for the pilot production .....	145
Table J.3 – Revised rank values .....	151

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## DÉVERMINAGE SOUS CONTRAINTES –

### Partie 1: Assemblages réparables fabriqués en lots

#### AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61163-1 a été établie par le comité d'études 56: Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1995.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- l'alignement de la terminologie concernant la distribution de Weibull avec la future (deuxième) édition de la CEI 61649 (actuellement au stade de Committee Draft);
- l'inclusion d'un procédé pour commencer un processus de déverminage sous contraintes sans avoir d'information du passé;
- l'inclusion de déverminage à forte accélération; et
- l'inclusion de combinaisons de contraintes.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RELIABILITY STRESS SCREENING –****Part 1: Repairable assemblies manufactured in lots**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 61163-1 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995.

The main changes with respect to the previous edition are as follows:

- alignment of terminology on Weibull distribution with the future (second) edition of IEC 61649 (currently a Committee Draft);
- inclusion of a procedure for starting an RSS process without previous information;
- inclusion of highly accelerated stress screening; and
- inclusion of combinations of stresses.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1102/FDIS	56/1118/RVD

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

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

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

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

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

FDIS	Report on voting
56/1102/FDIS	56/1118/RVD

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

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

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

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

## INTRODUCTION

La maîtrise de la qualité et une bonne conception sont des conditions préalables requises pour obtenir une bonne fiabilité. Cependant, un déverminage peut se révéler nécessaire lorsqu'un assemblage a une fiabilité trop faible inacceptable pendant la période de défaillances précoces.

La limite admissible de la fiabilité peut ne pas être identique pour tous les clients; elle peut aussi dépendre des exigences générales du marché.

Un déverminage sous contraintes et un programme de croissance de fiabilité ont pour objectif d'améliorer la fiabilité observable par l'utilisateur. Cependant, les principes des deux méthodes sont différents:

- un programme de croissance de fiabilité est une activité de développement; son but est l'amélioration de la fiabilité intrinsèque des assemblages grâce à des modifications de conception (voir la norme CEI 61014 et la CEI 61164);
- le but d'un déverminage sous contraintes est de révéler des défauts et de les éliminer; le déverminage fait partie d'un processus de production et il ne convient pas pour détecter les erreurs de conception.

En outre, ces deux méthodes n'ont pas le même effet sur la fiabilité. Cela est illustré à la Figure 1. En principe, un programme de déverminage «élimine» la période des défaillances précoces (ou une partie de cette période), alors qu'un programme de croissance de fiabilité réduit la valeur globale du taux de défaillance. Un programme de croissance de fiabilité peut rendre superflu un programme de déverminage si, de par leur nature, les défauts peuvent être évités.

Il convient que l'utilisateur de la présente norme sache qu'un déverminage sous contraintes n'améliore pas la fiabilité intrinsèque des assemblages considérés et il est donc recommandé de le remplacer, lorsque c'est possible, par des programmes de croissance de fiabilité et/ou des techniques de maîtrise de qualité.

Dans la présente norme, le terme «entité» est utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de distinguer entre composants, assemblages et système(s).

Le but spécifique du déverminage est de détecter et d'éliminer les défauts des assemblages avant qu'ils ne parviennent chez le client ou avant qu'ils ne soient installés dans des produits de niveau supérieur. Cela veut dire qu'en principe, il convient de déverminer tous les assemblages considérés lorsqu'un déverminage fait partie d'un processus de production.

Un déverminage peut s'appliquer à des assemblages de différents types et à différents niveaux du processus de production. La présente norme couvre des entités composites ou assemblages réparables. Lorsqu'on a spécifié la proportion admissible des assemblages fragiles, les méthodes de cette norme permettent d'assurer le déverminage le plus économique possible pour des assemblages produits en lots. En effet, il n'est pas nécessaire de déverminer tous les types d'assemblages. Il convient de traiter uniquement les types d'assemblages qui risquent de contenir des défauts. De plus, il convient que l'importance des moyens mis en œuvre par le déverminage (conditions de contraintes, durée) des assemblages retenus soit minimisée.

Dans un déverminage sous contraintes, les défauts sont transformés en défaillances par application d'une contrainte pertinente aux assemblages, par exemple contrainte d'environnement ou de fonctionnement, ou combinaison des deux. Le déverminage sous contraintes est souvent désigné sous l'appellation de déverminage sous contrainte d'environnement (ESS) ou rodage.

## INTRODUCTION

Quality control and good design are prerequisites for reliability. However, in cases where an assembly has an unacceptably low reliability in the early failure period, a reliability screening process may be necessary.

An unacceptably low reliability level can be different from one customer to another, or can be based on general market requirements.

Reliability stress screening (RSS) and reliability growth programmes both aim at improvements in the reliability found by the user. However, the two methods are different in principle:

- a reliability growth programme is a development activity, the purpose of which is to improve the inherent reliability performance of the assemblies by effecting changes to the design (see IEC 61014 and IEC 61164);
- the purpose of reliability stress screening is to detect and remove flaws; it is part of the production process, and should not be relied upon to reveal inadequacies in design.

Furthermore, the two methods affect the reliability performance differently. This is illustrated in Figure 1. In principle, a reliability screening programme "cuts away" the early failure period (or part thereof), while a reliability growth programme reduces the overall failure rate level. A reliability growth programme may affect the need for a reliability screening programme if the flaws are of such a nature that they can be prevented from being present at all.

The user of this standard should be aware that reliability stress screening does not improve the intrinsic reliability of the assemblies under consideration and, where possible, should be made unnecessary by reliability growth programmes and/or quality control.

In this standard the term "Item" is used when it is not necessary to distinguish between components, assemblies and system(s).

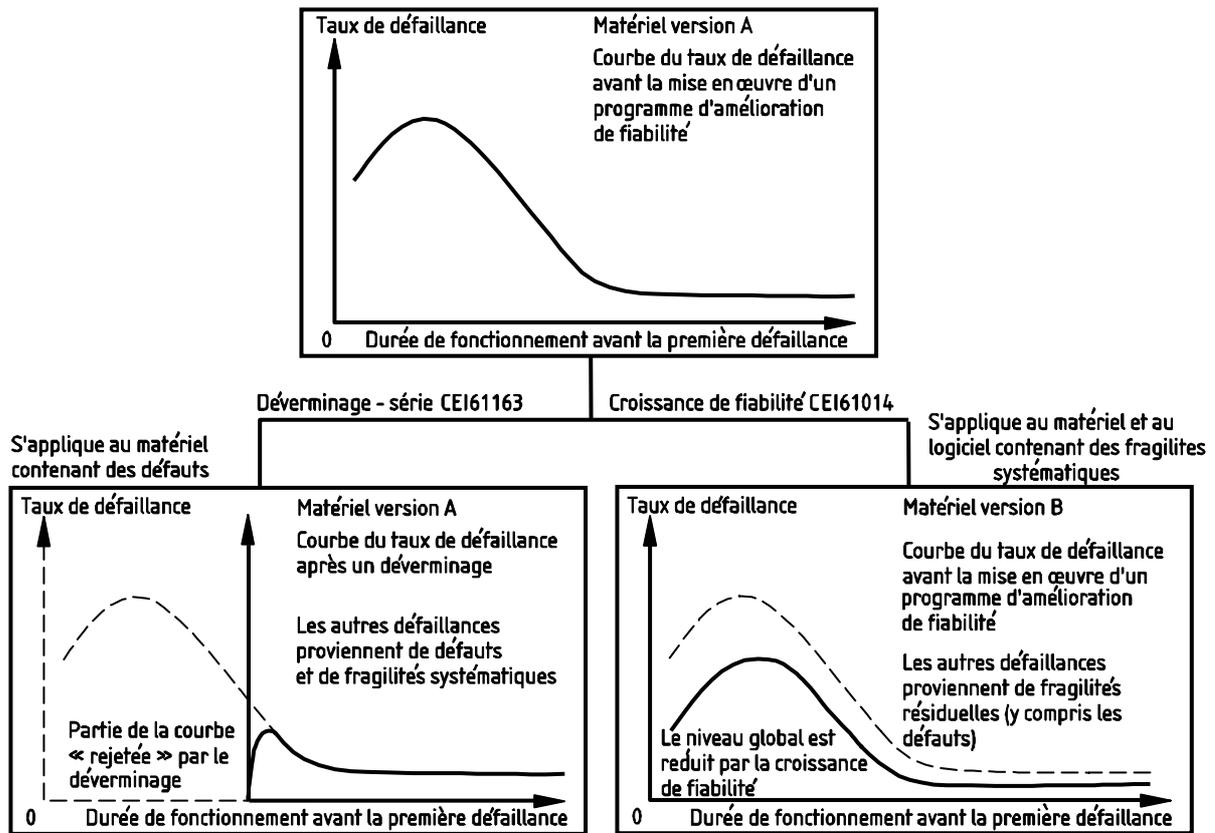
The specific purpose of carrying out a reliability screening process is to detect and remove flaws in hardware assemblies before they reach the customer, or are assembled into higher-level products. This means that, in principle, every hardware assembly under consideration should be included when a reliability screening process is introduced into a production process.

Reliability screening may cover hardware assemblies of different types and at different levels of the manufacturing process. This standard covers composite items – assemblies which are intended to be repaired. Once the allowable fraction of weak assemblies has been specified, the methods in this standard lead to the most economical screening process for assemblies that are manufactured in lots. This is because not all types of assemblies need to be subjected to a reliability screening process. Only the types of assemblies likely to contain flaws should be included. Furthermore, the extent (stress conditions, duration, etc.) to which these selected assembly types will be subjected to screening needs to be minimized.

In reliability stress screening the flaws are precipitated into failures by exposure of the assemblies to a suitable stress, for example environmental stress, operational stress, or a combination of these. Reliability stress screening is often called environmental stress screening (ESS).

Dans le cas où l'on sait et, s'il est justifié que les composants à risques proviennent du processus de production des composants, il est beaucoup plus efficace d'utiliser un déverminage, par exemple par vieillissement accéléré de ces composants à risque, plutôt que de l'assemblage. Cependant, le déverminage d'un composant ne peut pas éliminer les défauts dans le montage des composants (par exemple le brasage, la manipulation (ESD) etc.).

Les étapes typiques d'un processus de déverminage sous contraintes sont illustrées à la Figure 2.



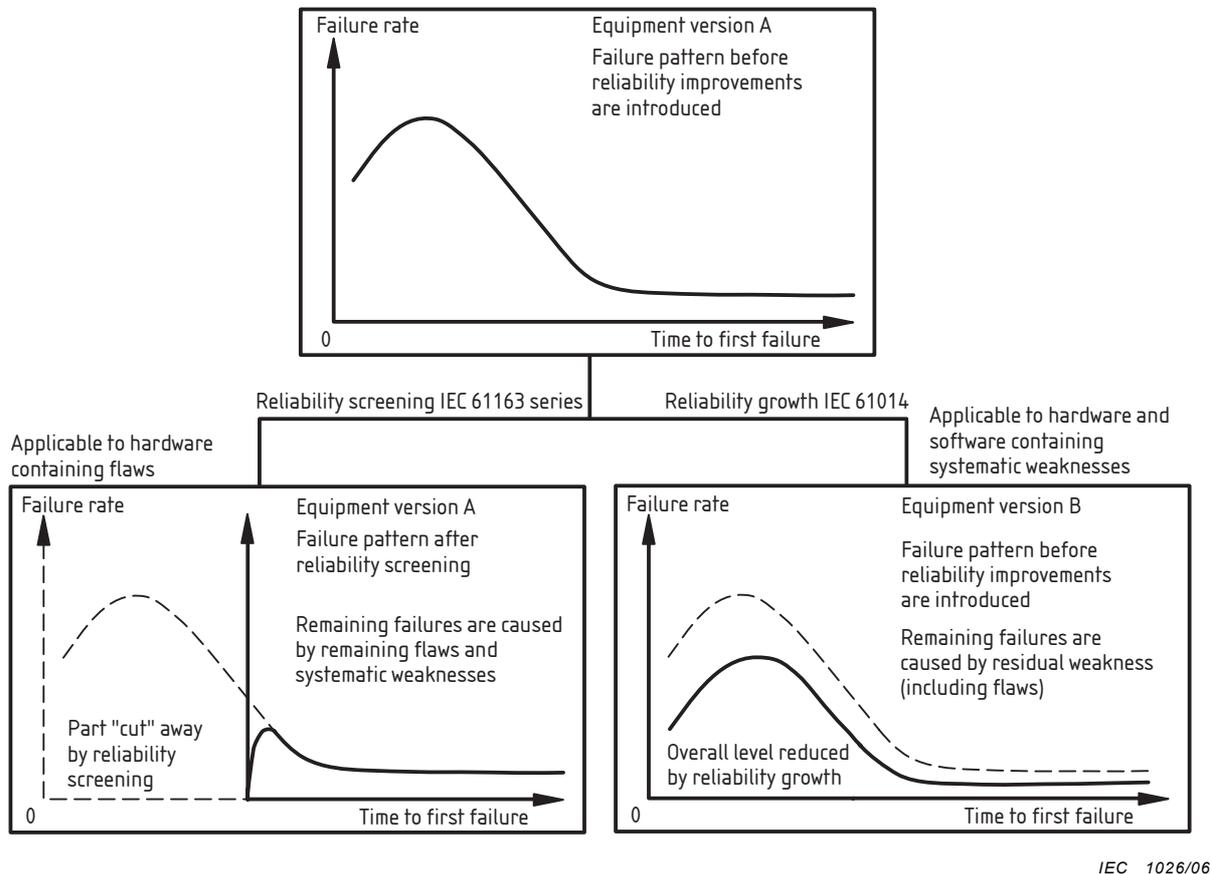
IEC 1026/06

NOTE Cette norme traite uniquement le déverminage. Pour la croissance de fiabilité, voir la CEI 61014 et la CEI 61164.

Figure 1 – Différence conceptuelle entre le déverminage et la croissance de fiabilité

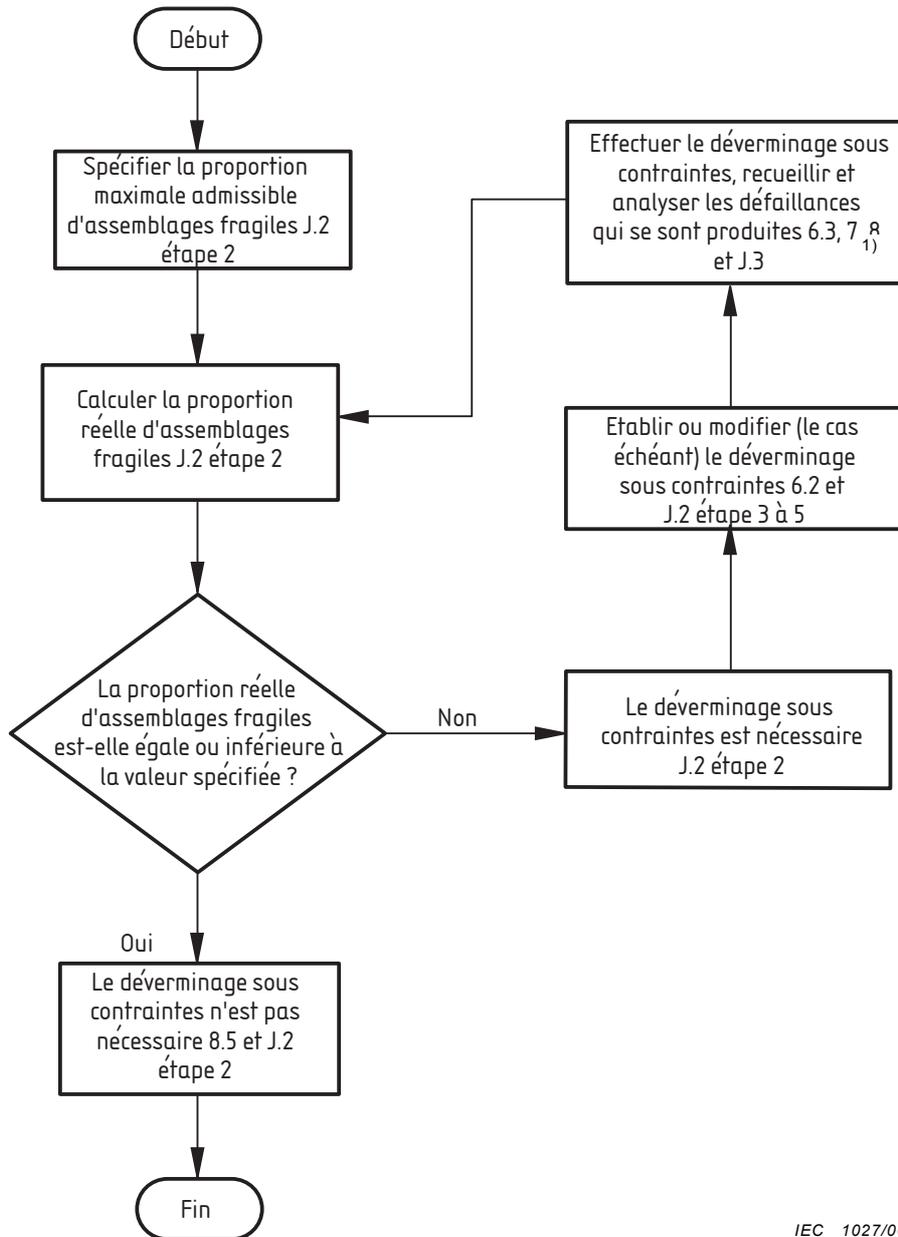
If rogue components are known about and proved to originate in the component manufacturing process, it is much more effective to use screening e.g. burn-in of the rogue components in question instead of the assembly. However screening a component cannot remove flaws introduced in the assembly process (e.g. soldering, handling (ESD) etc.).

The typical steps in a reliability stress screening process are illustrated in Figure 2.



NOTE This standard addresses reliability screening only. For reliability growth see IEC 61014 and IEC 61164.

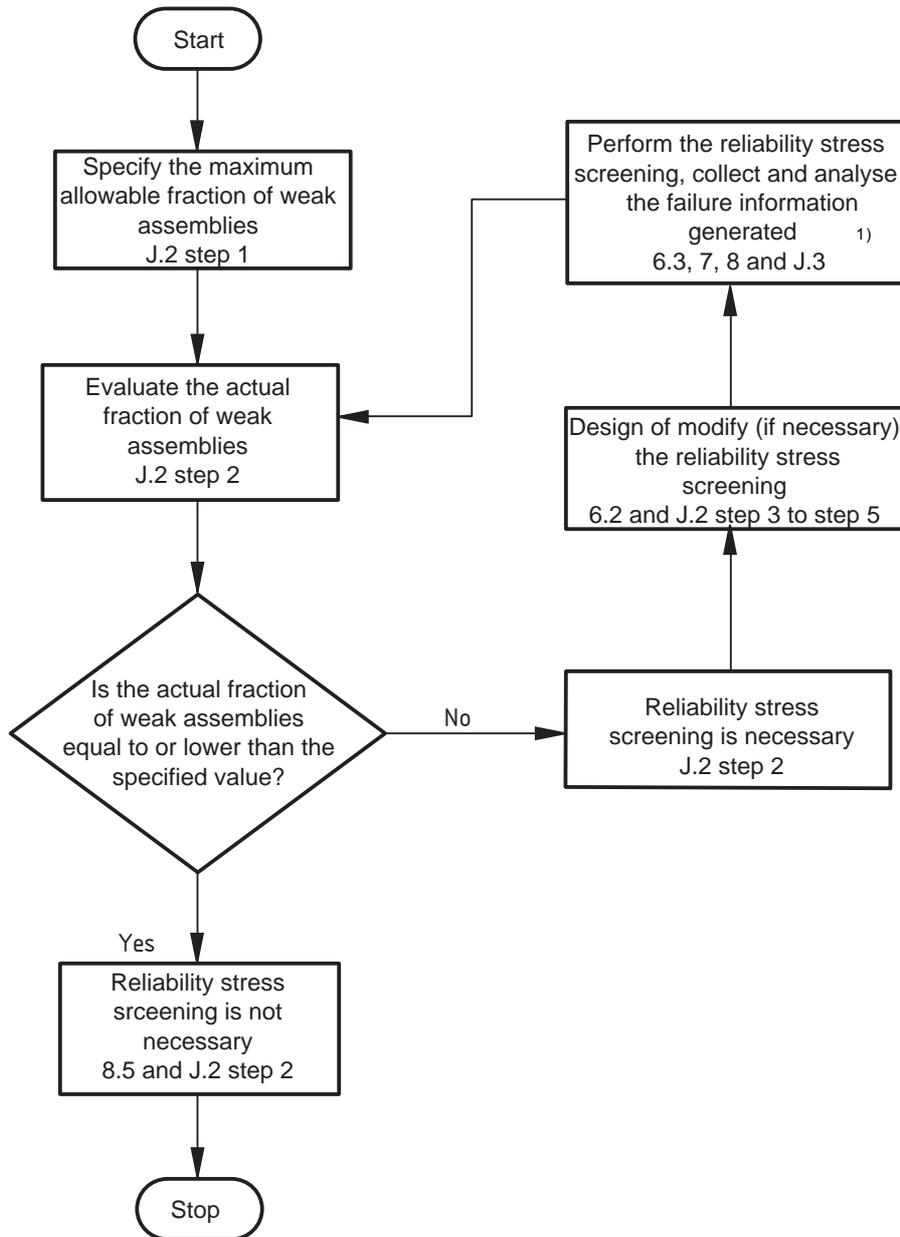
**Figure 1 – Conceptual difference between reliability screening and growth**



IEC 1027/06

1) Le résultat d'analyse des causes de défaillance peut être utilisé dans un programme de croissance de fiabilité et de maîtrise de qualité.

**Figure 2 – Organigramme type pour établir et modifier les processus de déverminage sous contraintes d'assemblages réparables**



IEC 1027/06

1) The result of the analysis of the failure causes may be used in a reliability growth and quality control programme.

**Figure 2 – Typical flow for the design and modifications of reliability stress screening processes for repairable assemblies**

## DÉVERMINAGE SOUS CONTRAINTES –

### Partie 1: Assemblages réparables fabriqués en lots

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61163 décrit les méthodes à suivre pour appliquer et optimiser des processus de déverminage sous contraintes de lots d'assemblages réparables, lorsque le niveau de fiabilité de ces assemblages est trop faible et inacceptable pendant la période de défaillances précoces et que d'autres méthodes telles que les programmes de croissance de fiabilité et techniques de maîtrise de la qualité ne sont pas applicables. Le déverminage sous contraintes peut être justifié par les contraintes de temps et/ou de la nature même des imperfections qu'il est censé détecter.

Ces processus s'appliquent à toute étape de production d'assemblages réparables (voir Figure 3). Les méthodes de mise au point d'un processus peuvent être utilisées lors d'une préparation de la production, pendant une production de présérie, ainsi que pendant une production stabilisée.

Il est possible de spécifier un niveau admissible de défauts qui pourront subsister dans l'assemblage final comme condition préalable pour l'application des méthodes de déverminage.

Les processus décrits sont des processus généraux de déverminage sous contraintes utilisables lorsqu'aucun processus spécifique n'est décrit dans la norme produit. Ils sont également prévus pour être utilisés par des comités de la CEI lors de l'élaboration des normes produit. Un déverminage sous contraintes peut faire partie d'un programme global de fiabilité (voir la CEI 60300-2).

#### 2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables pour l'application de ce document. Pour des références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, c'est la dernière édition du document référencé (y compris les amendements) qui s'applique.

CEI 60050(191), *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60068-2-2: *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-6: *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14: *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Test N: Variations de température*

CEI 60068-2-29: *Essais d'environnement – Partie 2-29: Essais – Essai Eb: Secousses*

CEI 60068-2-30: *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures)*

CEI 60068-2-64: *Essais d'environnement – Partie 2-64: Méthodes d'essai – Essai Fh: Vibrations aléatoires à large bande (asservissement numérique) et guide*

CEI 60068-2-78: *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

## RELIABILITY STRESS SCREENING –

### Part 1: Repairable assemblies manufactured in lots

#### 1 Scope

This part of IEC 61163 describes particular methods to apply and optimize reliability stress screening processes for lots of repairable hardware assemblies, in cases where the assemblies have an unacceptably low reliability in the early failure period, and when other methods, such as reliability growth programmes and quality control techniques, are not applicable. The reasons for using reliability stress screening may be time constraints and/or the very nature of the deficiencies that the reliability stress screening is designed to catch.

The processes apply to any stage of a series production of repairable assemblies (see Figure 3). The methods for setting up a process can be used during production planning, during pilot-production, as well as during well-established running production.

A prerequisite for the application of the methods is that a certain level of flaws remaining in the outgoing assembly can be specified.

The processes described are general processes for reliability stress screening in cases where no specific process is described in a product standard. They are also intended for use by IEC committees in connection with preparation of product standards. A reliability stress screening process can form part of an overall reliability programme (see IEC 60300-2).

#### 2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(191): *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60068-2-2: *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6: *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14: *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-29: *Environmental testing – Part 2-29: Tests – Test Eb and guidance: Bump*

IEC 60068-2-30: *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-64: *Environmental testing – Part 2-64: Test methods – Test Fh: Vibration, broadband random (digital control) and guidance*

IEC 60068-2-78: *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

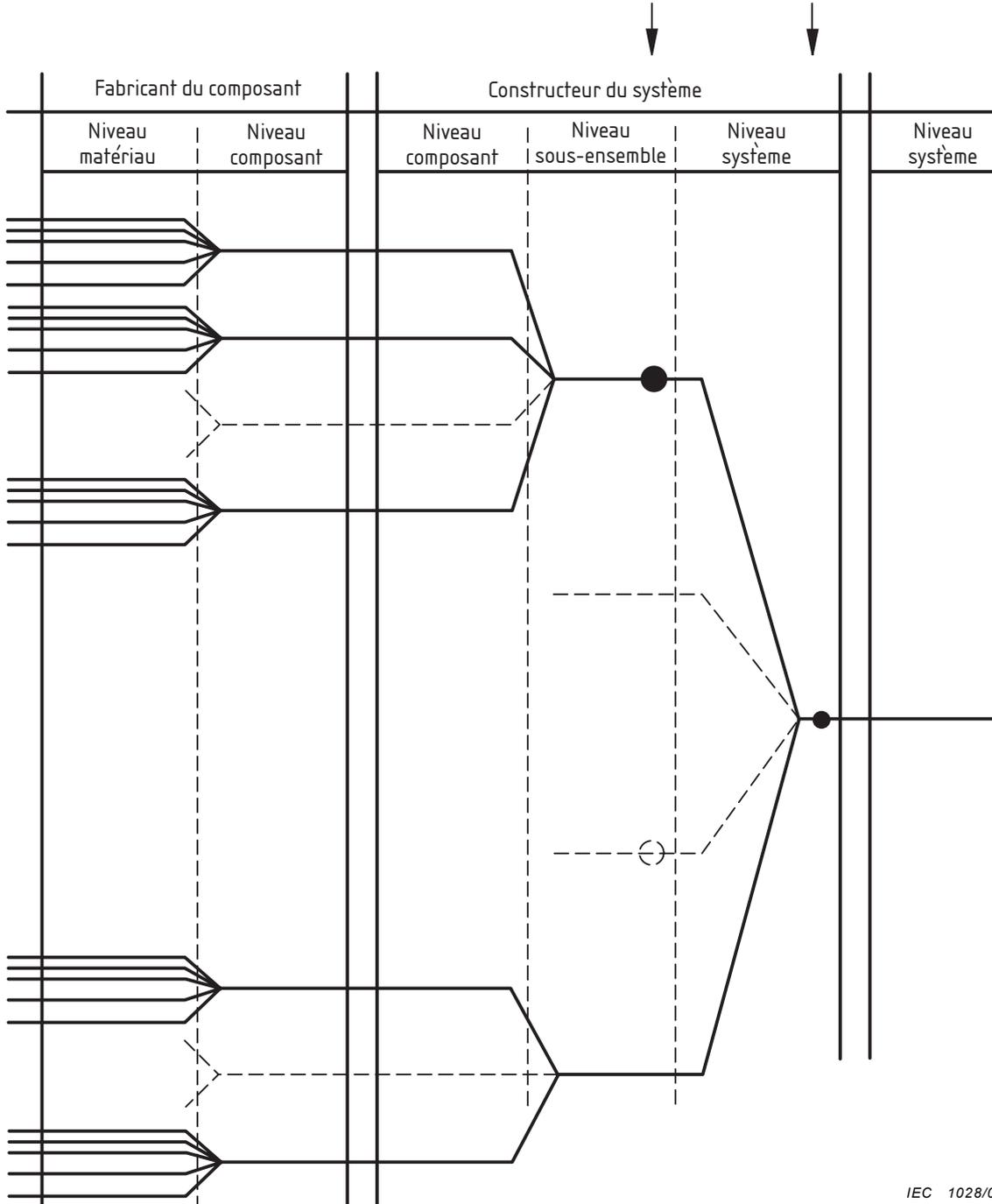
CEI 60300-2: *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 2: Eléments et tâches du programme de sûreté de fonctionnement*

CEI 61165: *Application des techniques de Markov*

CEI 61649: *Procédures pour le test d'adéquation, les intervalles de confiance et les limites inférieures de confiance pour les données suivant la distribution de Weibull*

ISO 2041, *Vibrations et chocs – Vocabulaire*

Applications possibles de déverminage sous contraintes d'entités réparables indiquées par les flèches ci-dessous



IEC 1028/06

NOTE Le déverminage peut s'effectuer sur des sous-systèmes (cercle noir gauche et cercle blanc) ou au niveau du système (cercle noir).

**Figure 3 – Diagramme typique de flux de la production d'assemblages du fabricant des composants à l'utilisateur final**

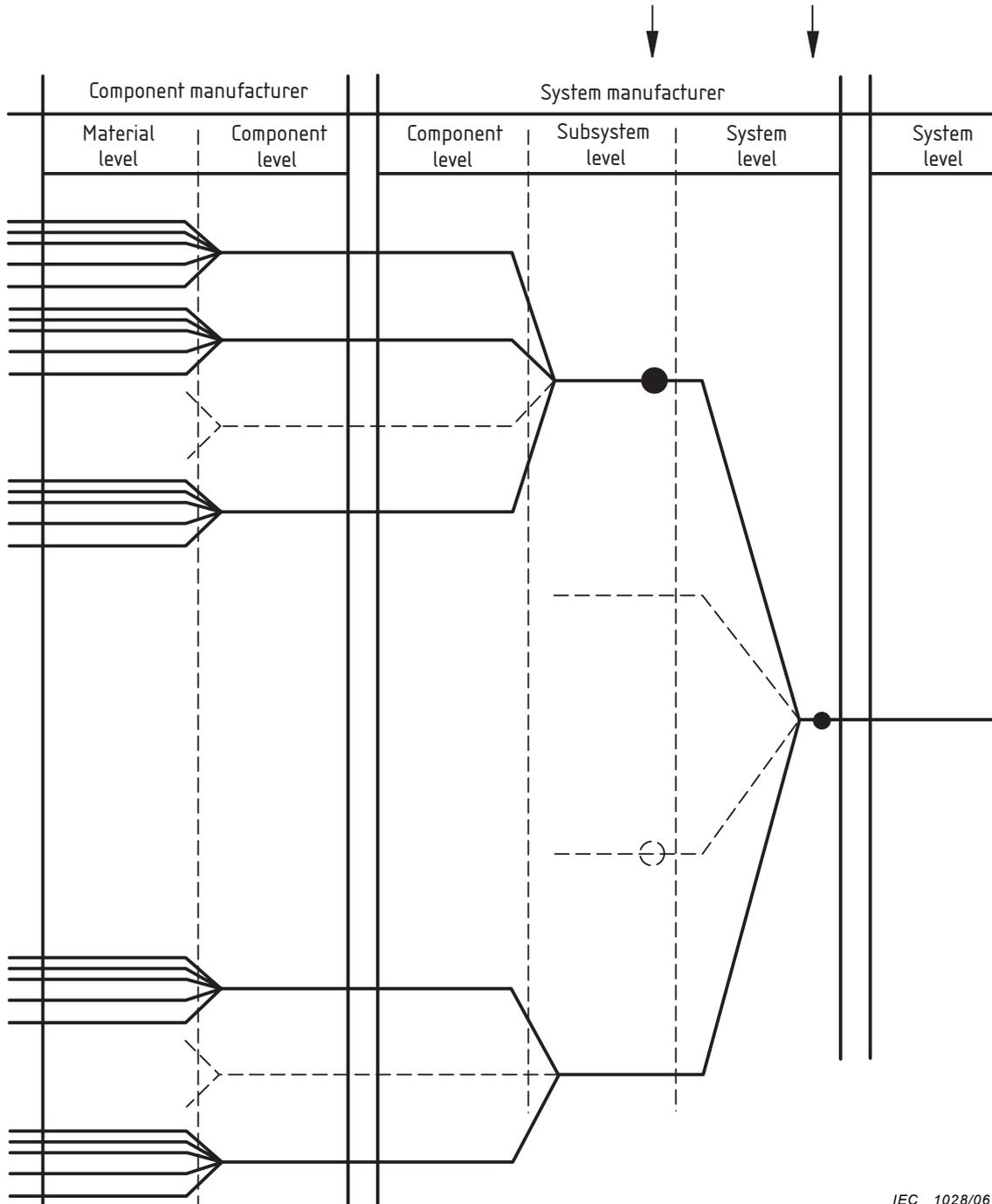
IEC 60300-2: *Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management*

IEC 61165: *Application of Markov techniques*

IEC 61649, *Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data*

ISO 2041, *Vibration and shock – Vocabulary*

Possible applications of reliability stress screening process for repairable items as indicated by the arrows below.



IEC 1028/06

NOTE Screening may be made on subsystems (left black circle and open circle) or on system level (right black circle).

**Figure 3 – Typical flow of hardware assemblies from the component manufacturer to the end user**

### 3 Termes et définitions

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

NOTE 1 Sauf mention contraire, les termes généraux de fiabilité utilisés dans cette norme sont conformes à la CEI 60050(191).

NOTE 2 La définition des termes particulièrement importants pour les méthodes de déverminage sous contraintes d'assemblages réparables est rappelée et le numéro de référence correspondant de la CEI 60050(191) est indiqué entre crochets. Lorsque certaines notes ne s'appliquent pas, le terme "modifié" a été utilisé. Tous les commentaires sur un terme du VEI concernant le déverminage sous contraintes sont désignés sous l'appellation de «Notes complémentaires».

NOTE 3 Les autres termes définis dans cet article sont spécifiques au déverminage sous contraintes.

#### 3.1

##### **amélioration de la fiabilité**

processus destiné à améliorer la fiabilité par élimination des causes de défaillances systématiques et/ou par réduction de la probabilité d'apparition d'autres défaillances

[VEI 191-17-05, modifiée]

NOTE COMPLÉMENTAIRE Le déverminage sous contraintes réduit la probabilité d'apparition d'autres défaillances. Les défaillances systématiques sont principalement traitées par un programme de croissance de fiabilité, mais certaines d'entre elles peuvent être identifiées par le déverminage.

#### 3.2

##### **déverminage**

processus permettant de détecter des défauts et d'éliminer ou réparer les assemblages fragiles afin que le niveau de fiabilité prévu pour la durée de la vie utile soit atteint rapidement

NOTE 1 Le VEI 191-17-02 définit le terme «rodage». Ce terme est toutefois employé par de nombreux constructeurs pour désigner un stockage à haute température qui ne constitue qu'une des multiples façons de déverminer. De plus, le «rodage» peut également désigner un vieillissement dont le but est de stabiliser des caractéristiques et qui ne fait généralement apparaître aucune défaillance.

NOTE 2 Le VEI 191-14-09 définit le terme «essai de sélection». Cette définition est toutefois trop étendue pour s'appliquer au contexte actuel, car elle englobe le déverminage se rapportant à tout type de non-conformité. En outre, le déverminage est un processus et non un essai.

#### 3.3

##### **déverminage sous contraintes**

processus de déverminage faisant appel à des contraintes d'environnement et/ou de fonctionnement comme moyen de détection de défauts en les transformant en défaillances détectables

NOTE Un déverminage sous contraintes a pour but d'accélérer la transformation des défauts en défaillances détectables. Un processus de vieillissement conçu dans le but de stabiliser des caractéristiques ne constitue pas un processus de déverminage et il sort donc du domaine d'application de cette norme.

#### 3.4

##### **entité**

tout élément, composant, dispositif, sous-système, unité fonctionnelle, matériel ou système que l'on peut considérer individuellement

NOTE 1 Une entité peut être constituée de matériel, de logiciel, ou des deux à la fois et elle peut également, dans certains cas, comprendre des personnes.

NOTE 2 Le terme français «entité» est préféré au terme «dispositif» en raison de son sens plus général. D'autre part, le terme «dispositif» correspond généralement au terme anglais «device».

NOTE 3 En français, le terme «individu» est employé principalement en statistique.

NOTE 4 Un certain nombre d'entités, par exemple une population d'entités ou un échantillon, peut également être considéré en tant qu'entité.

[VEI 191-01-01]

NOTE COMPLÉMENTAIRE 1 Dans la présente norme, le terme «entité» est utilisé lorsqu'il n'est pas nécessaire de distinguer entre composants, assemblages et système(s).

### 3 Terms and definitions

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

NOTE 1 Unless otherwise stated, general reliability terms used in this standard conform to IEC 60050(191).

NOTE 2 Terms of particular importance for reliability stress screening of repairable assemblies are quoted with the IEC 60050(191) reference number stated in square brackets. Where certain notes do not apply, the term "modified" has been used. All comments on an IEC term, relevant to reliability stress screening, are stated as "additional notes".

NOTE 3 Other terms defined in this clause are specific to reliability stress screening.

#### 3.1

##### **reliability improvement**

process undertaken with the deliberate intention of improving the reliability performance by eliminating causes of systematic failures and/or by reducing the probability of occurrence of other failures

[IEV 191-17-05]

ADDITIONAL NOTE Reliability stress screening reduces the probability of occurrence of other failures. The systematic failures are principally catered for by a reliability growth programme, but some may appear during reliability screening.

#### 3.2

##### **reliability screening**

process of detection of flaws and removal or repair of weak assemblies for the purpose of reaching rapidly the reliability level expected during the useful life

NOTE 1 IEV 191-17-02 defines the term "burn-in". This term, however, is used by many manufacturers to describe a so-called "soak test", which is only one of many possible ways of screening. Furthermore, "burn-in" may include ageing, the purpose of which is to stabilize parameters, and in many cases where no failures occur.

NOTE 2 IEV 191-14-09 defines the term "screening test". This term, however, is defined too broadly to be applicable in the present context, because it encompasses screening for any type of non-conformities. Furthermore, reliability screening is a process, not a test.

#### 3.3

##### **reliability stress screening**

reliability screening process using environmental and/or operational stresses as means of detecting flaws by precipitating them as detectable failures

NOTE Reliability stress screening is designed with the intention of precipitating flaws into detectable failures. An ageing process designed with the intention of stabilizing parameters is not a reliability screening process, and therefore, lies outside the scope of this standard.

#### 3.4

##### **item**

any part, component, device, subsystem, functional unit, equipment or system that can be individually considered

NOTE 1 An item may consist of hardware, software or both, and may also, in particular cases, include people.

NOTE 2 In French the term "entité" is preferred to the term "dispositif" due to its more general meaning. The term "dispositif" is also the common equivalent for the English term "device".

NOTE 3 In French the term "individu" is used mainly in statistics.

NOTE 4 A number of items, for example a population of items or a sample, may itself be considered as an item.

[IEV 191-01-01]

ADDITIONAL NOTE 1 In this standard the term "item" is used when there is no need to distinguish between components, assemblies and system(s)

NOTE COMPLÉMENTAIRE 2 Dans un déverminage, on ne considère que la partie matérielle d'une entité. Des exemples courants sont les composants électroniques, les assemblages les équipements et parties matérielles des systèmes.

**3.5  
assemblage**

toute entité comprenant plusieurs composants destinée à être réparée

**3.6  
assemblage fragile**

assemblage à haute probabilité de défaillance précoce du fait de la présence de défaut

**3.7  
composant**

toute entité indissociable non destinée à être réparée

**3.8  
classe de composants**

groupe de composants ayant en commun une ou plusieurs des propriétés suivantes:

- technologie;
- type;
- constructeur;
- lot de production

**3.9  
classe de composants à risques**

classe de composants qui risque de contenir des composants ayant un défaut intrinsèque et/ou induit

NOTE La distribution de durée de vie d'une classe de composants à risques peut être représentée approximativement par une distribution bimodale aux fins de déverminage sous contraintes. Cela traduit l'existence de deux populations, l'une comprenant des composants fragiles et l'autre des composants sains.

**3.10  
défaillance pertinente**

défaillance à prendre en compte pour interpréter des résultats d'essai ou d'exploitation ou pour calculer une caractéristique de fiabilité

NOTE Il convient d'indiquer les critères de prise en compte.

[VEI 191-04-13]

NOTE COMPLÉMENTAIRE Dans la présente norme, les défaillances qui sont à prendre en compte sont dues à des défauts, soit induits, soit intrinsèques.

**3.11  
fragilité**

toute imperfection (connue ou non) d'un assemblage pouvant provoquer une (ou plusieurs) défaillance(s) par fragilité

NOTE On admet que chaque type de fragilité est statistiquement indépendant de tous les autres types.

**3.12  
défaillance par fragilité**

défaillance due à une fragilité de l'assemblage lorsqu'il est soumis à des contraintes restant dans les limites fixées

NOTE Une fragilité peut être intrinsèque ou induite.

[VEI 191-04-06, modifiée]

ADDITIONAL NOTE 2 In the context of reliability screening, only the hardware part of an item is relevant. Current examples are electronic components, assemblies, equipment, and hardware parts of systems.

### 3.5

#### **assembly**

any composite item which is intended to be repaired

### 3.6

#### **weak assembly**

assembly which has a high probability of failing early in life, due to a flaw

### 3.7

#### **component**

any single item which is not intended to be repaired

### 3.8

#### **component class**

group of components characterized by having one or more of the following features in common

- technology;
- type;
- manufacturer;
- batch

### 3.9

#### **rogue component class**

component class, which is likely to contain components with inherent and/or induced flaws

NOTE The lifetime distribution of a rogue component class can, for the purpose of reliability stress screening, be approximated with a bimodal distribution. This means that the individual component may be either weak or strong.

### 3.10

#### **relevant failure**

failure that should be included in interpreting test, or operational results, or in calculating the value of a reliability performance measure

NOTE The criteria for inclusion should be stated.

[IEV 191-04-13]

ADDITIONAL NOTE The criterion for inclusion here is that the failure is caused by either an induced or an inherent flaw.

### 3.11

#### **weakness**

any imperfection (known or unknown) in an assembly, capable of causing one or more weakness failures

NOTE Each type of weakness is assumed to be statistically independent of all other such types.

### 3.12

#### **weakness failure**

failure due to weakness in the assembly itself when subjected to stress within the stated capability of the assembly

NOTE A weakness may be either inherent or induced.

[IEV 191-04-06, modified]

### 3.13

#### défaut

fragilité d'un matériel qui provoque des défaillances précoces

NOTE Un défaut peut être localisé dans un composant, il peut également résulter d'une interaction entre des composants dont les caractéristiques sont proches des limites des spécifications.

### 3.14

#### défaut intrinsèque

défaut d'un assemblage lié à sa constitution technologique et au processus de fabrication

### 3.15

#### défaut induit

défaut d'un assemblage lié au montage, aux essais, au maniement ou aux manipulations diverses de l'assemblage après sa fabrication

NOTE Un défaut peut se produire pendant la fabrication des composants, pendant leur transport ou sur le site du constructeur du système.

### 3.16

#### période de défaillance précoce

période initiale éventuelle dans la vie d'un item, commençant à un instant spécifié et pendant laquelle l'intensité instantanée de défaillance pour un item réparé, ou le taux instantané de défaillance pour un item non réparé, est nettement plus élevé que pendant la période suivante

[VEI 191-10-07, modifiée]

NOTE COMPLÉMENTAIRE La période de défaillance précoce est la période de défaillance des assemblages fragiles.

## 4 Symboles

Les symboles suivants sont utilisés dans cette norme:

$m_{F1}$	durée moyenne de fonctionnement avant défaillance des composants fragiles des classes de composants à risques regroupées
$m_{Fs}$	durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance des assemblages fragiles parmi les assemblages considérés
$N$	nombre total de composants dans les classes de composants à risques
$p_B$	proportion admissible d'assemblages fragiles restant après le déverminage sous contraintes
$p_C$	proportion de composants fragiles dans les classes de composants à risques regroupées
$p_s$	proportion d'assemblages fragiles avant le déverminage sous contraintes
$T_B$	durée moyenne de déverminage par assemblage
$T_M$	période pendant laquelle un assemblage doit fonctionner sans défaillance avant d'être accepté pour l'étape suivante de production ou d'être livré au client

## 5 Description générale

### 5.1 Principe du déverminage sous contraintes

Le principe général du déverminage sous contraintes est indiqué dans l'organigramme de la Figure 4. Selon ce principe, un assemblage doit fonctionner sans défaillance pendant une période  $T_M$  désignée «période sans défaillance», avant d'être accepté à l'étape de production suivante ou d'être livré au client. D'autres principes de déverminage sont possibles, mais ils ne sont pas traités dans la présente norme.

**3.13****flaw**

weakness in hardware which gives rise to early weakness failures

NOTE A flaw is localized to a component, or to an interaction between components, with characteristics close to the margins of the design requirements.

**3.14****inherent flaw**

flaw in an assembly related to its technology and manufacturing process

**3.15****induced flaw**

flaw in an assembly related to assembling, testing, handling, or other manipulation of the assembly after it has been manufactured

NOTE The induction may take place at the component manufacturer's plant, during transportation or at the system manufacturer's plant.

**3.16****early failure period**

that early period, if any, in the life of an item, beginning at a given instant of time and during which the instantaneous failure intensity for a repaired item, or the instantaneous failure rate for a non-repaired item, is considerably higher than that of the subsequent period

[IEV 191-10-07, modified]

ADDITIONAL NOTE The early failure period is the period where the weak assemblies fail.

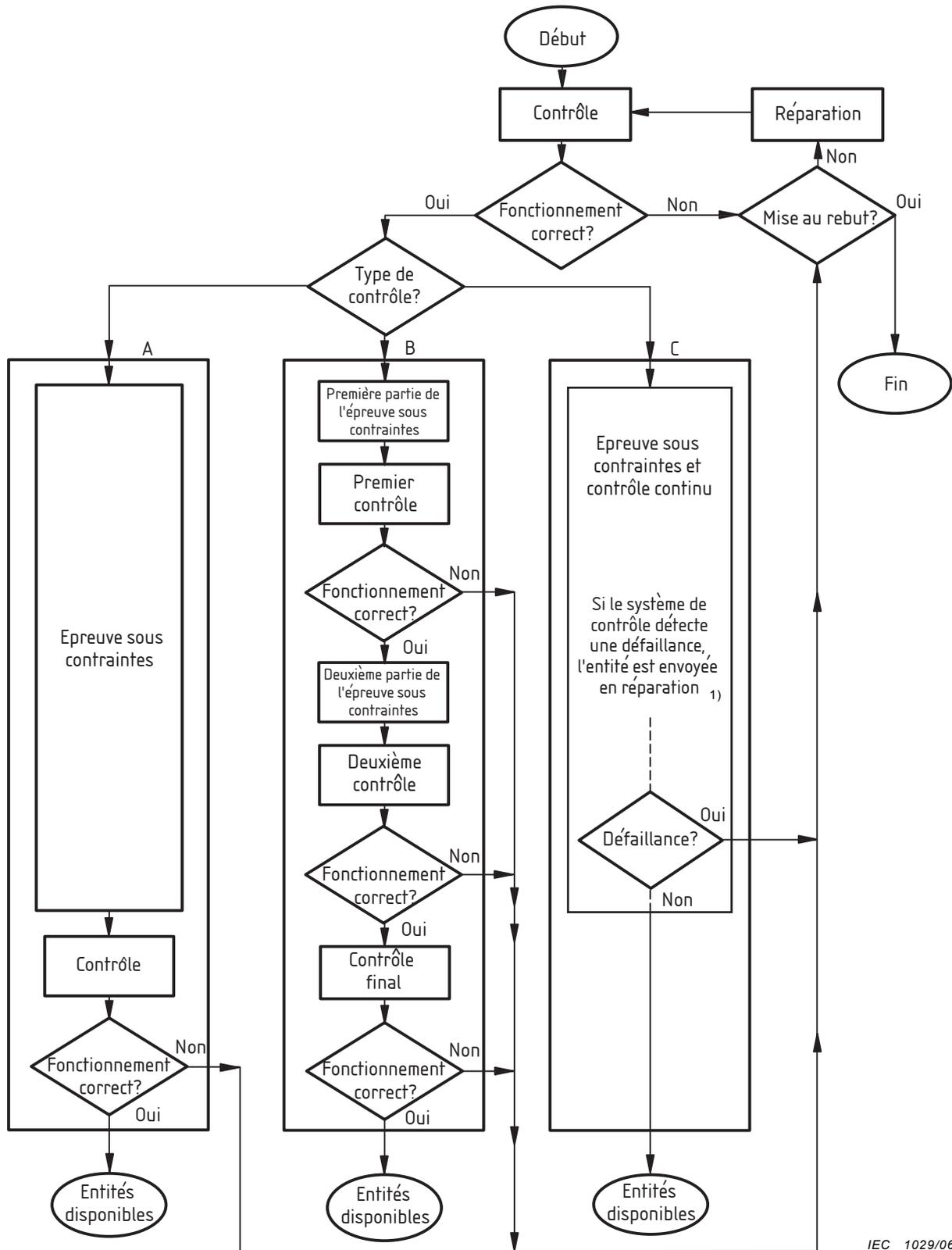
**4 Symbols**

For the purposes of this standard, the following symbols apply.

$m_{F1}$	the mean time to failure for the weak components in the rogue component classes lumped together
$m_{Fs}$	the mean time to first failure for the weak assemblies among the assemblies under consideration
$N$	the sum of the numbers of components in the rogue component classes
$p_B$	the acceptable fraction of weak assemblies remaining after reliability stress screening
$p_C$	the fraction of weak components in the rogue component classes lumped together
$p_s$	the fraction of weak assemblies before reliability stress screening
$T_B$	average duration of reliability screening per assembly
$T_M$	the failure-free period an assembly has to survive before submission to the next production step or to the customer

**5 General description****5.1 The reliability stress screening principle**

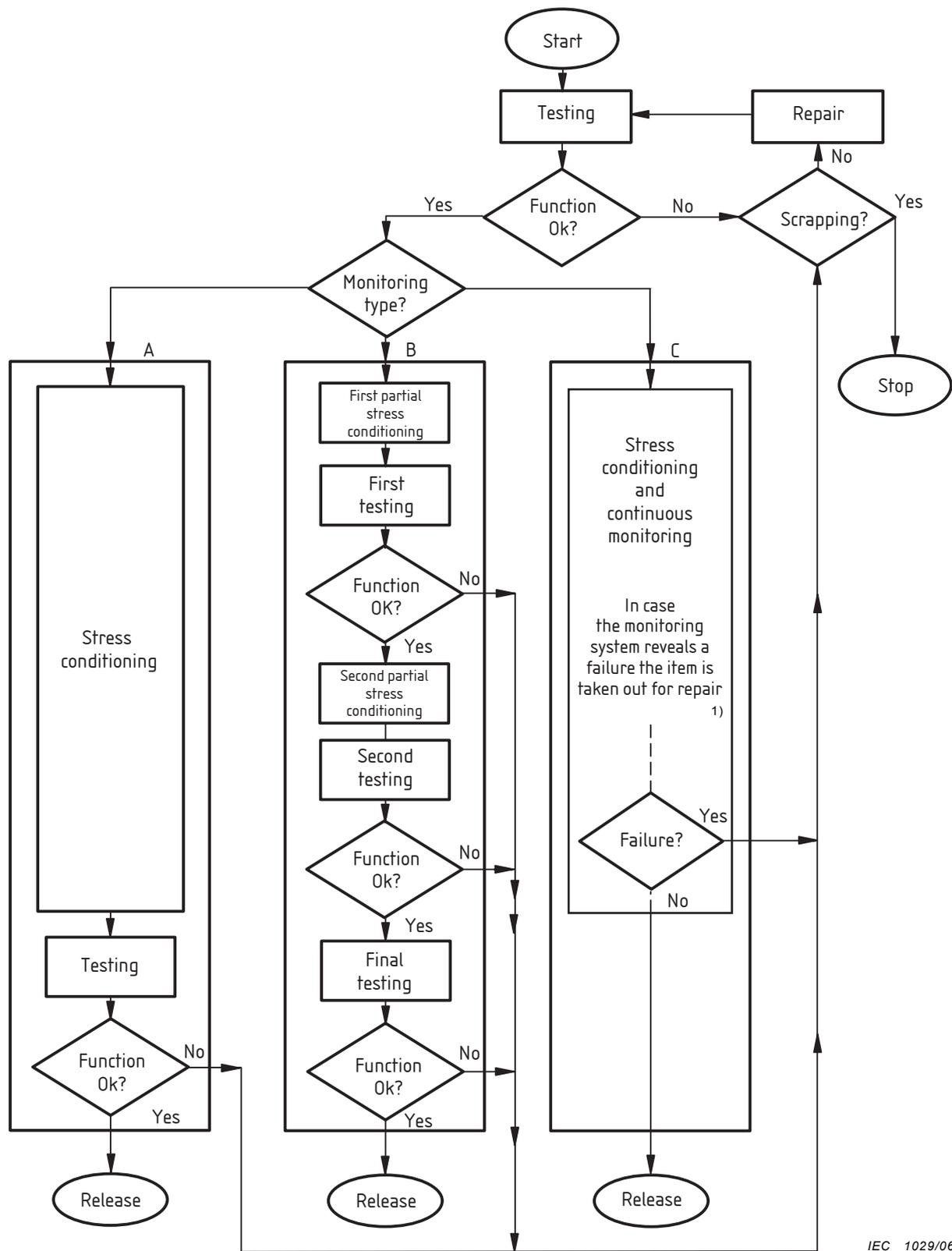
The general principle of reliability stress screening is shown on the flow diagram in Figure 4. According to this principle, an assembly shall survive a so-called "failure-free period",  $T_M$ , before it is released to the next step of production, or to the customer. Other screening principles may be possible, but are not covered by this standard.



IEC 1029/06

1) Il est possible que, quelques fois, il ne soit pas pratique d'enlever et de réparer les assemblages défectueux avant la fin de la période  $T_M$  (voir 6.1.3).

Figure 4 – Déverminage sous contraintes d'assemblages réparables



IEC 1029/06

1) Sometimes it may not be practical to remove and repair the failed assemblies before the end of the period  $T_M$  (see 6.1.3).

**Figure 4 – Reliability stress screening of repairable assemblies**

L'organigramme précédent indique trois méthodes de déverminage:

- dans le cas de la méthode A, le fonctionnement est contrôlé deux fois, une fois avant l'épreuve sous contraintes et une fois après ;
- dans le cas de la méthode B, le fonctionnement est contrôlé à des instants arbitraires, à des intervalles sélectionnés de préférence selon une loi logarithmique l'intervalle le plus court se trouvant au début de l'épreuve sous contraintes ;
- dans le cas de la méthode C, le fonctionnement est contrôlé pendant toute la durée de l'épreuve sous contraintes. Cette dernière méthode est préférable, tout particulièrement dans le cas de produits complexes, pour les raisons suivantes:
  - un gain de temps et réduction des coûts;
  - la détection des défaillances intermittentes et des défaillances qui ne surviennent que sous l'effet des contraintes;
  - des contraintes peuvent être évitées après une défaillance.

Le contrôle du fonctionnement est tout particulièrement important pendant le déverminage sous contraintes d'une production de présérie. Pendant le déverminage d'une production stabilisée, on peut supprimer le contrôle du fonctionnement pendant la période sous contraintes de l'épreuve si les circonstances le permettent. Cependant, les deux contrôles de fonctionnement, l'un avant et l'autre après l'épreuve sous contraintes, ne doivent jamais être supprimés. Il est extrêmement important que les assemblages ne soient jamais soumis directement aux contraintes sans contrôle initial de fonctionnement.

L'ampleur et les caractéristiques précises du contrôle de fonctionnement avant, pendant et après l'épreuve sous contraintes dépendent étroitement de la nature des assemblages considérés et de la fonction qui leur est attribuée. La présente norme ne contient aucune recommandation à ce sujet. Cependant, les procédures décrites dans ce qui suit supposent que les contrôles de fonctionnement assurent une détection efficace des défaillances.

La suite de la description des procédures de déverminage dépend de l'intervalle entre la conception d'un produit et la production stabilisée. Il s'agit des trois phases suivantes:

- préparation d'un déverminage sous contraintes;
- déverminage sous contraintes d'une production de présérie;
- déverminage sous contraintes d'une production stabilisée.

## 5.2 Catégories de défaillances

Les assemblages révélés défectueux pendant le déverminage sous contraintes doivent être soigneusement examinés afin qu'on puisse connaître les modes de défaillances, leurs mécanismes et/ou leurs causes.

Pour définir les mesures correctives, les défaillances doivent être classées selon les trois catégories suivantes, sur la base d'une évaluation des résultats des contrôles susmentionnés:

- a) mauvaise conception du produit;
- b) défauts intrinsèques;
- c) défauts induits.

La Figure 5 indique que le classement peut être différent selon que l'évaluation s'effectue chez le fabricant d'un composant ou chez le constructeur d'un assemblage.

Une mauvaise conception du composant, ainsi que des défauts induits dans un composant par le fabricant du composant deviennent des défauts intrinsèques pour le constructeur de l'assemblage.

The flow diagram shows three alternatives in connection with stress conditioning:

- alternative A shows two function checks, one before and one after the stress conditioning;
- alternative B shows performance monitoring at discrete points in time with time intervals, preferably selected according to a logarithmic scale, so that the closest monitoring takes place at the beginning of the stress conditioning;
- alternative C shows continuous monitoring during the entire stress conditioning. This alternative is preferable, especially for complex products, because of:
  - time and cost saving;
  - detection of intermittent failures and of failures present only during the action of the stress;
  - avoidance of stressing after a failure.

Performance monitoring is of particular importance during pilot-production reliability stress screening. During reliability stress screening of mature production the performance monitoring under stress conditioning may be deleted, according to the circumstances. However, the two function checks, one before and one after the stress conditioning period, can never be omitted. It is essential that assemblies are not put directly under stress conditioning without the initial function check.

The extent and the details of the functional checking before, during and after the stress conditioning depend strongly on the nature and intended function of the assemblies in question. This standard contains no guidance in that respect. The procedures described hereafter, however, presume that the function checks are efficient in evidencing failures.

The further details of the screening procedures depend on the time phase from product design to mature production. Three stages are considered:

- planning of reliability stress screening;
- pilot-production reliability stress screening;
- mature production reliability stress screening.

## 5.2 Failure categories

Assemblies that fail during a reliability stress screening shall be carefully examined in order to establish the failure modes, mechanisms, and/or causes.

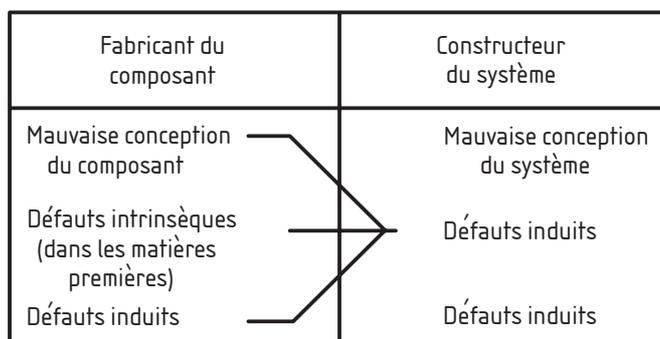
For the purpose of defining corrective actions, the failure shall be classified according to the following three categories, based on an assessment of the above-mentioned examination result:

- a) inadequate product design;
- b) inherent flaws;
- c) induced flaws.

Referring to Figure 5, the classification may differ depending on whether the assessment takes place at the component manufacturer's or at the assembly manufacturer's.

Inadequate component design and flaws induced into the component by the component manufacturer become inherent flaws for the assembly manufacturer.

Dans la plupart des cas, seuls les défauts intrinsèques et induits peuvent être éliminés par le déverminage. On peut toutefois utiliser parfois un déverminage pour pallier aux problèmes de conception marginaux et/ou aux processus de fabrication difficiles à maîtriser.



IEC 1030/06

Figure 5 – Relations entre les catégories de défaillance

### 5.3 Temps d'apparition des défaillances

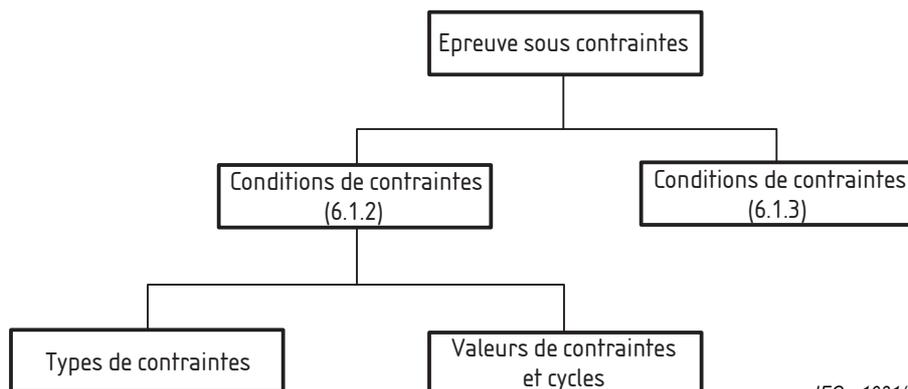
Le temps d'apparition des défaillances doit être enregistré et évalué. Cela constitue en effet une partie essentielle du déverminage sous contraintes permettant de vérifier en permanence la pertinence des données de défaillance utilisées dans la conception du processus.

## 6 Préparation

### 6.1 Détermination des conditions de contrainte

#### 6.1.1 Généralités

L'épreuve de déverminage sous contraintes comprend la durée du déverminage et les conditions de contraintes comme indiqué à la Figure 6. Les conditions sont définies en termes de niveaux, cycles et types.



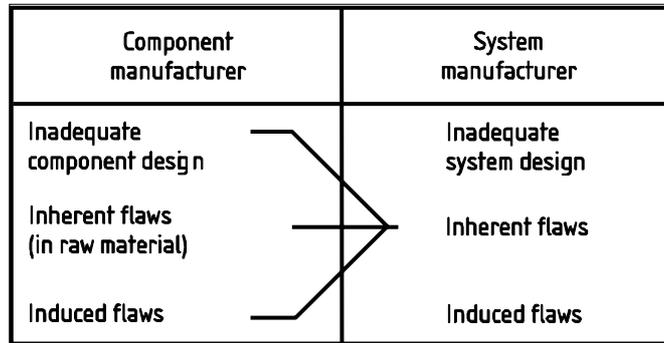
IEC 1031/06

Figure 6 – Eléments de l'épreuve sous contraintes

#### 6.1.2 Conditions de contraintes

Il est préférable que les conditions de contraintes soient adaptées aux assemblages considérés. Elles doivent être conçues pour déclencher les mécanismes de défaillance liés aux défauts et qui risquent de provoquer des défaillances en exploitation, mais sans altérer les caractéristiques des assemblages sains ou des pièces saines des assemblages.

In most cases, only the induced and inherent flaws can be weeded out by the screening process. However, in some cases a screening process may be applied to cater for marginal design problems, and/or for processes, which are difficult to control.



IEC 1030/06

Figure 5 – Dependency of categories of failures

**5.3 Time of occurrence of failures**

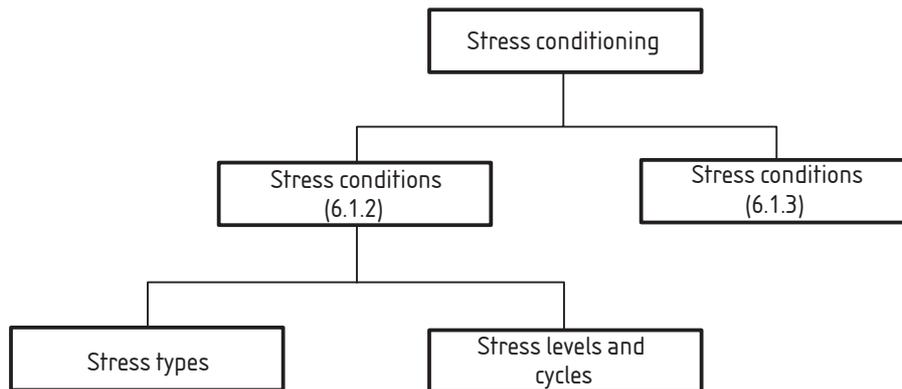
The time of occurrence of failures shall be recorded and evaluated. This is a vital part of the reliability stress screening process, making it possible to monitor it permanently in order to ensure that the failure data used for the design of the process are still relevant.

**6 Planning**

**6.1 Stress conditioning**

**6.1.1 General**

Stress conditioning is composed of the screening duration and the stress conditions as illustrated in Figure 6. Stress conditions are defined in terms of levels, cycles and type.



IEC 1031/06

Figure 6 – Elements of stress conditioning

**6.1.2 Stress conditions**

Preferably, the stress conditions should be tailored for the assemblies under consideration. They shall aim at excitation of flaw-related failure mechanisms likely to create failures in the field, without altering the characteristics of sound assemblies or sound parts of an assembly.

La procédure de sélection des conditions de contraintes est la suivante:

- a) considérer les conditions d'exploitation prévues, c'est-à-dire les contraintes de fonctionnement et d'environnement en exploitation et faire une liste aussi complète que possible des fragilités qui risquent d'entraîner des défaillances précoces dans ces conditions, en tenant compte de la conception et du processus de fabrication de l'assemblage. Par fragilités, on entend non seulement les défaillances observées auparavant, mais également les modes de défaillance envisageables du point de vue de l'ingénierie.
  - b) regrouper les fragilités répertoriées dans les trois groupes suivants:
    - 1) les fragilités qui peuvent être supprimées de façon efficace par modifications de la conception ou du processus. Il n'est pas envisageable de supprimer de telles fragilités par un déverminage sous contraintes.
    - 2) les fragilités qui peuvent être supprimées de façon efficace par une inspection ou par un contrôle de processus pendant la production. Il n'est pas recommandé de vouloir les traiter par un déverminage sous contraintes. Il convient d'avoir recours à une inspection visuelle, à un contrôle du processus ou déverminage par indicateur de fiabilité.
    - 3) les autres fragilités constituent les défauts qui peuvent être éliminés par un déverminage sous contrainte.
- NOTE Dans les cas 1 et 2, on peut utiliser le déverminage jusqu'à ce que les modifications soient mises en application et effectives.
- c) examiner les défauts et évaluer les contraintes d'environnement et/ou de fonctionnement les plus susceptibles de transformer ces défauts en défaillances. On trouvera des informations sur les effets des différentes conditions de contraintes dans les Annexes B à G.
  - d) sélectionner parmi les contraintes identifiées la condition ou les conditions de contrainte la ou les plus efficaces, y compris leur séquence et/ou leurs combinaisons. Les contraintes choisies peuvent ne pas être liées directement aux conditions d'exploitation. On trouvera des informations sur les conditions de contraintes préférentielles et sur leur efficacité à l'Annexe A.
  - e) pour chaque condition de contrainte, évaluer la valeur maximale de la contrainte qui peut être adoptée sans surcharger un composant quelconque de l'assemblage considéré. En principe, cela veut dire qu'il est recommandé que les contraintes soient à l'intérieur des limites de fonctionnement spécifiées pour l'assemblage, plutôt que pour ses composants constitutifs, sauf mention spécifique ('déverminage sous contraintes très accéléré').

### 6.1.3 Durée du déverminage

La durée du déverminage est le temps total pertinent pendant lequel un assemblage est soumis aux conditions de contraintes de déverminage. C'est une variable aléatoire qui dépend du nombre de réparations de l'assemblage avant d'avoir fonctionné sans défaillance pendant une période sans défaillance prédéterminée (voir Figure 7).

Dans le cas d'un assemblage sans défaut, il est probable que la durée du déverminage corresponde à une période sans défaillance.

Dans le cas d'un assemblage ayant un grand nombre de défauts ou pouvant en recevoir (par exemple pendant les réparations), la durée de déverminage sera généralement plus longue. Il peut s'avérer nécessaire, pour des raisons techniques et/ou économiques, de limiter le nombre maximal admissible de réparations. Les assemblages qui ont été réparés plus souvent doivent être mis au rebut (voir Figure 4). Une méthode de calcul de la durée moyenne du déverminage se trouve à l'Annexe I.

The procedure for the choice of stress condition is as follows:

- a) consider the expected field conditions, i.e. the operational and environmental stresses in the field, and list as far as possible the weaknesses likely to give early failures under these conditions, taking into account the design and the manufacturing process of the assembly. The weaknesses considered should not only include previously seen failures but also failure modes that, from an engineering point of view, are possible.
- b) group the weaknesses listed into the following three groups:
  - 1) weaknesses that can be removed cost-effectively by design or process modifications. Reliability stress screening should not be applied to remove weaknesses of this kind.
  - 2) weaknesses that can be removed cost-effectively by some kind of inspection or process control during production. These should not be taken care of by reliability stress screening. Visual inspection, process control or reliability indicator screening should be used.
  - 3) the remaining weaknesses constitute the flaws that can be removed by reliability stress screening.

NOTE In cases 1 and 2 screening can be used until the changes are implemented and effective.

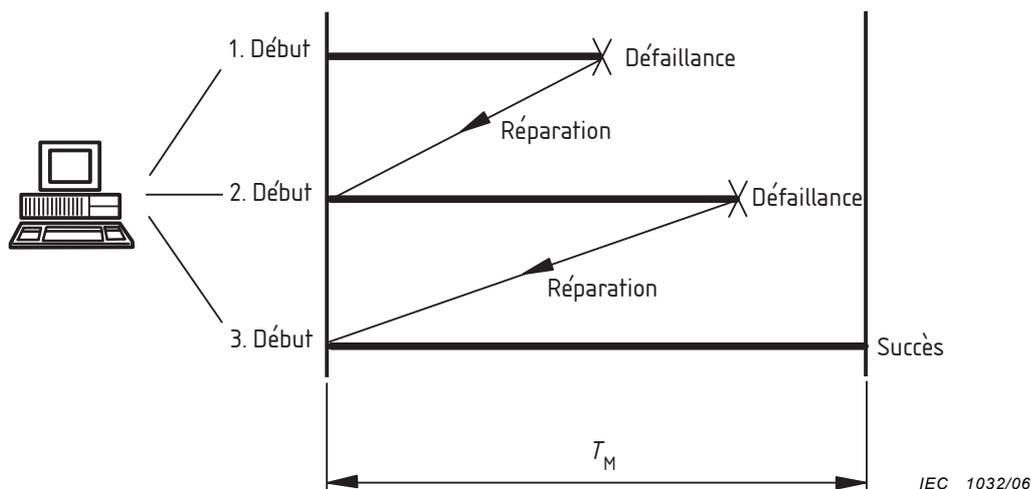
- c) consider the flaws and evaluate the environmental and/or operational stresses which are most likely to develop these flaws into failures. Guidance concerning the effect of different stress conditions can be found in Annexes B to G.
- d) select among the stresses identified the most efficient stress condition/conditions, including their sequence and/or combinations. The stresses selected may not be directly related to the field conditions. Guidance concerning preferred stress conditions and their efficiency can be found in Annex A.
- e) for each stress condition, evaluate the maximum stress level, which can be used without overstressing any component in the assembly under consideration. This will normally mean that the stress should be within the specified operating limits of the assembly, rather than the constituent component, unless specifically agreed upon ('highly accelerated stress screening').

### 6.1.3 Screening duration

The screening duration is the accumulated relevant time during which an assembly is exposed to the screening stress conditions. It is a stochastic variable, which depends on how many times the assembly has to be repaired before it has survived a predetermined failure-free period (see Figure 7).

For an assembly without flaws, the screening duration is likely to be one failure-free period.

For an assembly with many flaws, or susceptible to induction of flaws (for example during repair), the screening duration will generally be longer. For technical and/or economical reasons, it may be necessary to limit the maximum permissible number of repairs. Assemblies exceeding that number shall be scrapped (see Figure 4). A method for the calculation of the average screening duration appears in Annex I.



NOTE 1 La longueur totale des traits «épais» représente la durée du déverminage.

NOTE 2 Il convient que l'assemblage fonctionne sans défaillance pendant la période  $T_M$  avant qu'il soit accepté.

**Figure 7 – Assemblage indiquant la durée du déverminage**

## 6.2 Evaluation de la période sans défaillance $T_M$

### 6.2.1 Considérations générales

Si on dispose de suffisamment d'informations, par exemple sur des produits similaires précédents, on pourra estimer la période sans défaillance de la manière indiquée en 6.2.3 et 6.3. Après déverminage de la production de présérie (se reporter à l'Article 7), la valeur estimée de la période  $T_M$  est mise à jour.

Si on ne dispose pas de suffisamment d'informations, il est possible de déverminer la production de présérie en utilisant une période  $T_M$  suffisamment longue pour permettre une transformation de tous les défauts. L'analyse du déverminage de la production de présérie confirmera si c'est le cas (la courbe de défaillance se sera aplatie – voir Figure J.4) et permettra une estimation de la période  $T_M$  optimale plus courte.

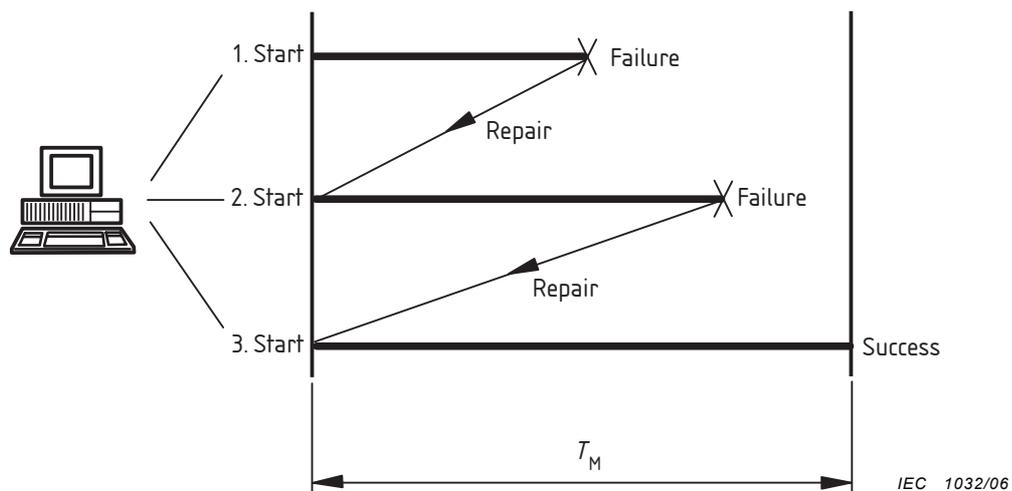
### 6.2.2 Collecte des informations

Les informations nécessaires pour la détermination de la période sans défaillance  $T_M$  sont les suivantes:

- la proportion des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques;
- la durée moyenne de fonctionnement jusqu'à défaillance des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques;
- le nombre total  $N$  des composants des classes de composants à risques;
- la proportion admissible  $p_B$  des assemblages fragiles pouvant passer à l'étape suivante de production ou être acceptés par le client.

En premier lieu, il faut rechercher les classes de composants à risques qui seront peu nombreuses si la conception de l'assemblage est correcte. On peut s'inspirer pour cela de l'expérience acquise dans le passé en matière de déverminage sous contraintes et/ou aux résultats d'analyses de défaillance de systèmes en exploitation dont la technologie d'assemblage et des composants est similaire.

Pour déterminer la proportion des composants fragiles dans les classes de composants à risques et leurs durées moyennes de fonctionnement jusqu'à défaillance, il est nécessaire de faire des hypothèses judicieuses qui peuvent également s'appuyer sur les expériences du passé comme indiqué ci-dessus. Il convient d'évaluer les valeurs des durées moyennes de fonctionnement avant défaillance, qui correspondent aux conditions du déverminage prévues.



NOTE 1 The total length of the "thick" lines constitutes the screening duration.

NOTE 2 The assembly should show a failure-free period  $T_M$  before being accepted.

**Figure 7 – Assembly showing screening duration**

## 6.2 Evaluation of the failure-free period $T_M$

### 6.2.1 General considerations

If sufficient information is available, for example from previous similar products, the failure-free period may be estimated as shown in 6.2.3 and 6.3. After the pilot production screening (see Clause 7) the estimated  $T_M$  is updated.

If sufficient information is not available, the pilot production screening can be made with a  $T_M$  that is of sufficient length that all flaws are expected to be precipitated. The analysis of the pilot production screening will confirm if this is the case (the failure curve will have levelled out – see Figure J.4) and thus allow the optimum, shorter  $T_M$  to be estimated.

### 6.2.2 Collection of information

The necessary information for the determination of the failure-free period,  $T_M$ , includes the following:

- the fraction of weak components in each of the rogue component classes;
- the mean time to failure for the weak components in each of the rogue component classes;
- the sum of the numbers,  $N$ , of components in the rogue component classes;
- the acceptable fraction,  $p_B$ , of weak assemblies that can be submitted to the next level of production, or to the customer.

The first step is to identify the rogue component classes, which for a good design should be few. Previous experience from reliability stress screening and/or field failure reports on systems, for which similar assembling and component technology has been applied, can be used.

For the determination of the fraction of weak components and the mean times to failure of the weak components in the rogue component classes, it is necessary to make some educated guesses, which also can be based on previous experience as indicated above. The values of the mean times to failures should be assessed for the proposed stress screening conditions.

Une très grande précision n'est pas nécessaire pour la procédure de préparation, car on pourra corriger ces valeurs après la production de présérie et/ou pendant la production véritable. Si on ne dispose pas de suffisamment d'informations, il est recommandé de choisir une grande période  $T_M$ , de la manière décrite en 6.2.1 et d'ajuster l'estimation après déverminage de la production de présérie.

La valeur  $N$  est calculée avec précision en comptant le nombre de composants des classes de composants à risques de l'assemblage.

Enfin, il est recommandé de choisir une valeur  $p_B$  basée sur les exigences du marché et satisfaisant aux besoins du client.

Lorsque le déverminage sous contraintes porte sur plusieurs niveaux de production, c'est la valeur  $p_B$  correspondant au produit fini qu'il convient de considérer tout d'abord. Il convient ensuite de déterminer les valeurs de  $p_B$  des niveaux de production intermédiaires pour obtenir la valeur finale.

### 6.2.3 Détermination de la période sans défaillance $T_M$

L'analyse du déverminage de production de présérie est basée sur la distribution de Weibull. On utilise toutefois un modèle plus simple pour la première détermination de la période sans défaillance. Dans le modèle de déverminage retenu, on suppose que la distribution de durée de vie des assemblages fragiles est exponentielle et que les assemblages sains ont en pratique des durées de vie infinies. Cette hypothèse est admissible pour les besoins d'ingénierie.

La méthode de détermination de la période sans défaillance  $T_M$  comporte les six étapes suivantes:

**Etape 1:** Regrouper les différentes classes de composants à risques en une seule classe de composants «anonyme».

- la proportion des défaillances précoces  $p_c$  est égale à la plus grande des valeurs évaluées en 6.2.2.
- la durée moyenne jusqu'à défaillance  $m_{F1}$  des composants fragiles de cette classe est égale à la plus grande des valeurs évaluées en 6.2.2.

**Etape 2:** Calculer la proportion prévue  $p_s$  d'assemblages fragiles à l'instant initial, avant le déverminage, par la formule:

$$p_s = 1 - (1 - p_c)^N \quad (1)$$

où

$p_c$  est la proportion de défaillances précoces de la classe de composants à risques «anonyme»;

$N$  est le nombre total de composants de la classe de composants à risques «anonyme» de l'assemblage.

**Etape 3:** Comparer  $p_B$  à la valeur  $p_s$  déterminée à l'étape 2 ci-avant.

Si  $p_B > p_s$  le déverminage n'est pas nécessaire.

Si  $p_B < p_s$  le déverminage est nécessaire. Passer ensuite à l'étape 4.

A very high degree of accuracy is not necessary in the planning procedure, as corrections can be made after pilot production and/or during actual production. If sufficient information is not available, it is recommended that a large  $T_M$  be chosen, as described in 6.2.1 and that the estimate be updated after the pilot-production screening.

The value of  $N$  is accurately calculated by counting the number of components in the rogue component classes in the assembly.

Finally, the choice of a value for  $p_B$  is a decision, which should be based on market requirements and customer requirements.

For reliability stress screening on several production levels, the value of  $p_B$  for the final product should be decided first. The  $p_B$  values for the intermediate production levels should then be determined in order to achieve the final value.

### 6.2.3 Determination of the failure-free period $T_M$

The analysis of the pilot-production screening is based on the Weibull distribution. However, for the first determination of the failure free period, a simpler model is used. This model for screening assumes that the lifetime distribution for the weak assemblies is exponential and that the strong assemblies in practical terms have infinite lifetimes. This assumption is useable for engineering purposes.

The procedure for the determination of the failure-free period,  $T_M$ , consists of six steps.

**Step 1:** The various rogue component classes are lumped together as one "anonymous" component class.

- the early failure fraction,  $p_c$ , is set equal to the largest of the values evaluated under 6.2.2.
- the mean time to failure,  $m_{F1}$ , for the weak components in this class is set equal to the largest of the values evaluated under 6.2.2.

**Step 2:** Compute the expected fraction,  $p_s$ , of weak assemblies at time zero before screening, using the following formula:

$$p_s = 1 - (1 - p_c)^N \quad (1)$$

where

$p_c$  is the early failure fraction of the "anonymous" rogue component class;

$N$  is the total number of components in the "anonymous" rogue component class in the assembly.

**Step 3:** Compare  $p_B$  with the value of  $p_s$  determined in step 2.

If  $p_B > p_s$  screening is not necessary.

If  $p_B < p_s$  screening is necessary. Then proceed to step 4.

**Etape 4:** Consulter le graphique des durées de 6.3 qui correspond à la proportion des défaillances précoces  $p_c$  (se reporter à l'étape 1). Si  $p_c$  ne se trouve pas sur les graphiques, choisir la valeur la plus proche et recalculer les valeurs  $N$  sur les graphiques au moyen de la formule suivante:

$$N_n = N' \frac{p'_c}{p_c} \quad (2)$$

où

$N'$  et  $p'_c$  sont les valeurs portées sur le graphique des durées vraies;

$N_n$  est la valeur recalculée  $N$  correspondant à la valeur actuelle de  $p_c$ .

**Etape 5:** Rechercher la valeur de l'ordonnée  $p_B$  sur le graphique des durées et tracer une ligne horizontale d'intersection de la courbe pour la valeur spécifique  $N$  qui correspond au nombre total de composants de la classe de composants à risques «anonyme».

**Etape 6:** Lire la valeur de l'abscisse au point d'intersection. Cette valeur représente la période sans défaillance normalisée par rapport à  $m_{F1}$  (se reporter à l'étape 1). Multiplier cette valeur par  $m_{F1}$  pour obtenir la période sans défaillance  $T_M$ .

### 6.3 Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance

Les Figures 8a à 8h fournissent la période sans défaillance normalisée  $T_M$  en fonction de la proportion  $p_B$  d'assemblages fragiles qui subsisteront après le déverminage sous contraintes et en fonction du nombre total  $N$  des composants de la classe de composants à risques «anonyme».

**Step 4:** Look up the time graph in 6.3 that corresponds to the early failure fraction,  $p_c$  (see step 1). If  $p_c$  is not on the graphs, then choose the nearest value and recalculate the  $N$  values on the graphs by:

$$N_n = N' \frac{p_c'}{p_c} \quad (2)$$

where

$N'$  and  $p_c'$  are the printed values on the actual time graph;

$N_n$  is the recalculated  $N$  values corresponding to the present value of  $p_c$ .

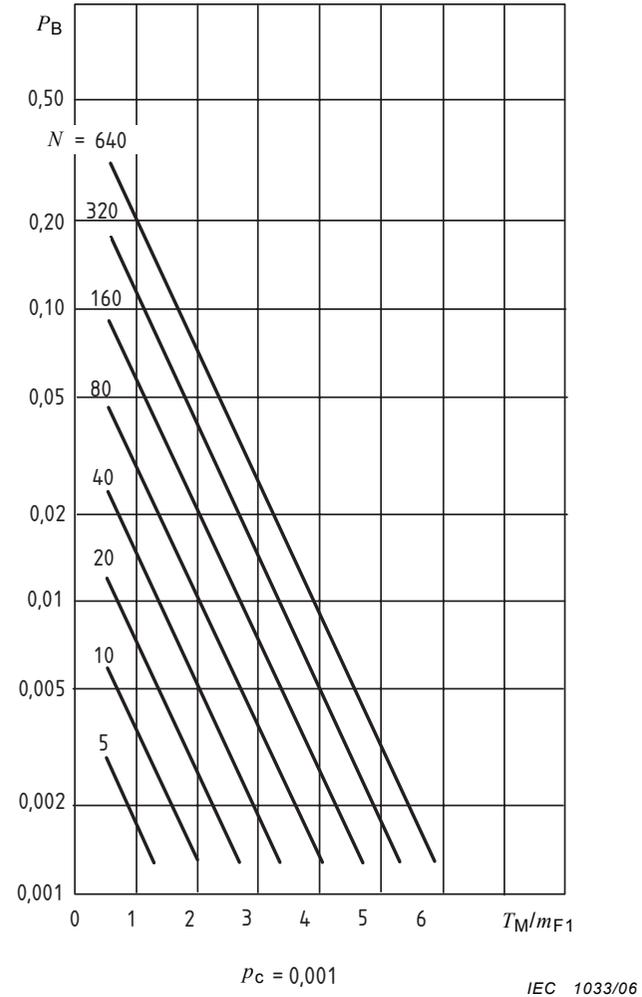
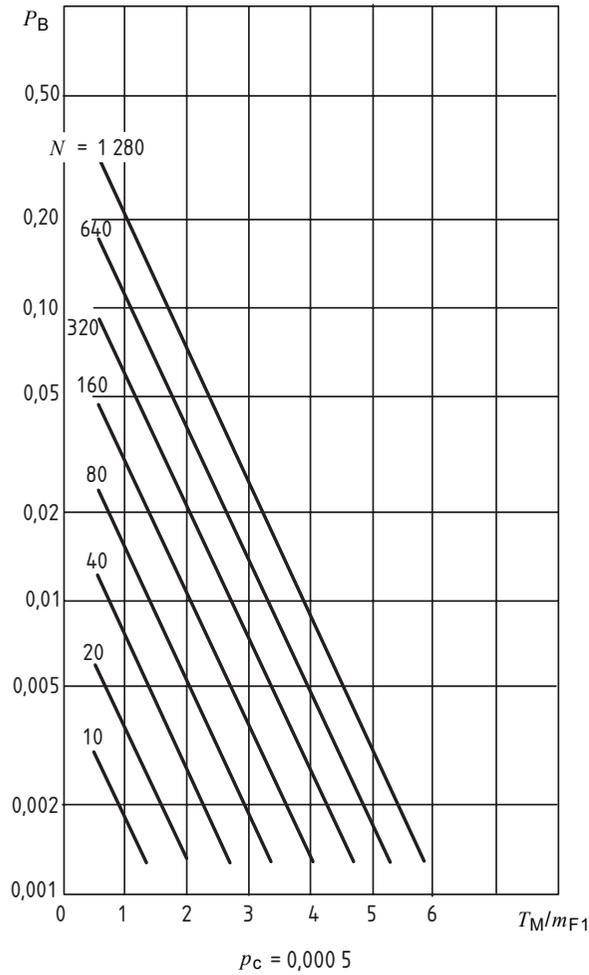
**Step 5:** Find the value of  $p_B$  on the vertical scale on the selected time graph and draw a horizontal line to intersect the curve for the specific value of  $N$ , the total number of components in the "anonymous" rogue component class.

**Step 6:** At the point of intersection, read off the value on the horizontal scale. This is the failure-free period, normalized with respect to  $m_{F1}$  (see step 1). Multiply this value by  $m_{F1}$  to find the failure-free period  $T_M$ .

### 6.3 Time graphs for determination of the failure-free period

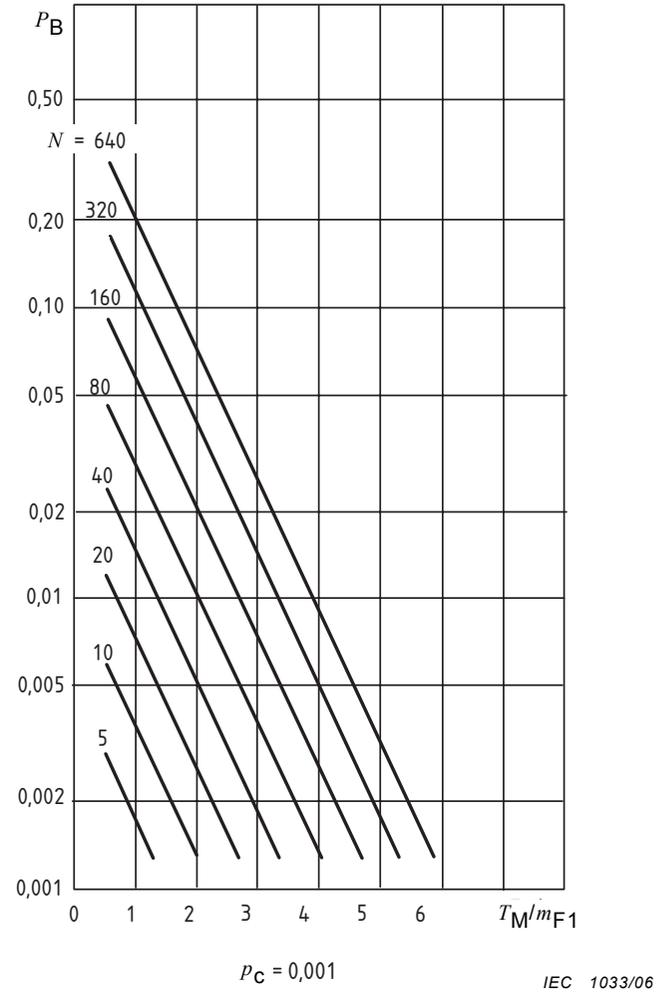
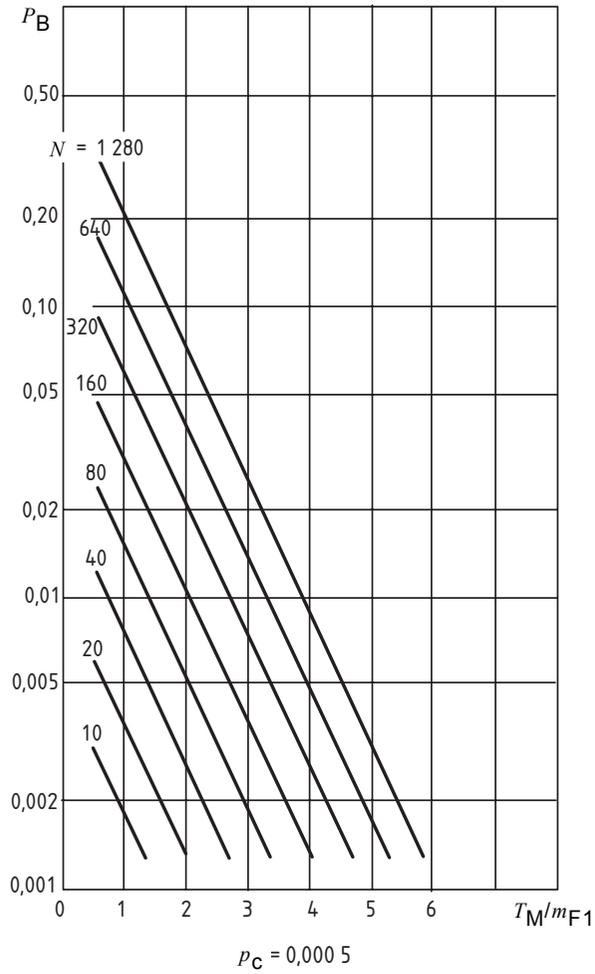
Figures 8a to 8h give the normalized failure-free period  $T_M$  as function of the fraction  $p_B$  of weak assemblies remaining after reliability stress screening and as a function of the total number,  $N$ , of components in the "anonymous" rogue components class.

Légende  
 Axe y proportion d'assemblages fragiles restants  
 Axe x période sans défaillance normalisée  
 $N$  nombre de composants dans la classe de composants à risques  
 $p_c$  proportion de composants fragiles dans la classe de composants à risques



**Figures 8a et 8b – Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance**

Key  
y-axis fraction of weak assemblies remaining  
x-axis normalized failure-free period  
*N* number of components in the rogue component class  
*p<sub>c</sub>* fraction of weak components in the rogue component class



Figures 8a and 8b – Time graphs for the determination of the failure free period

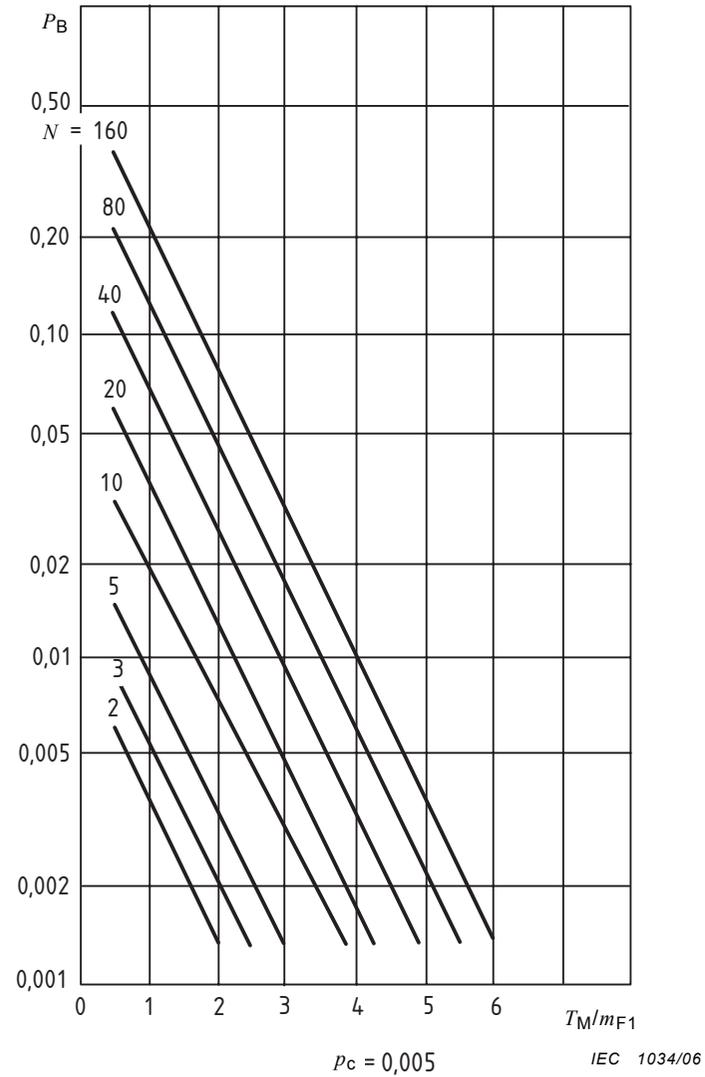
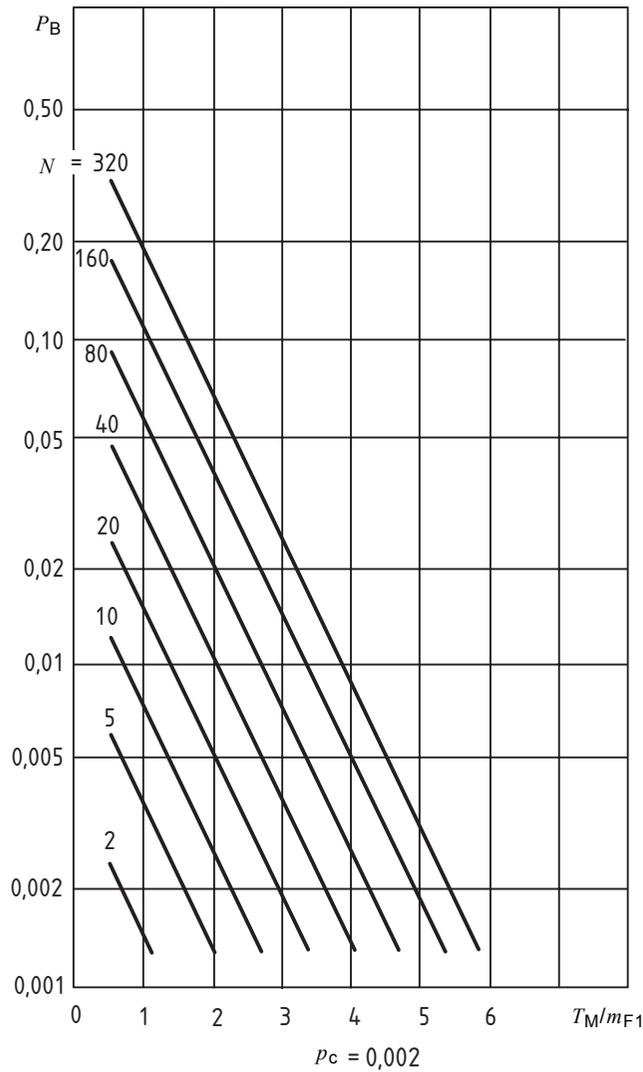
**Légende**

Axe y proportion d'assemblages fragiles restants

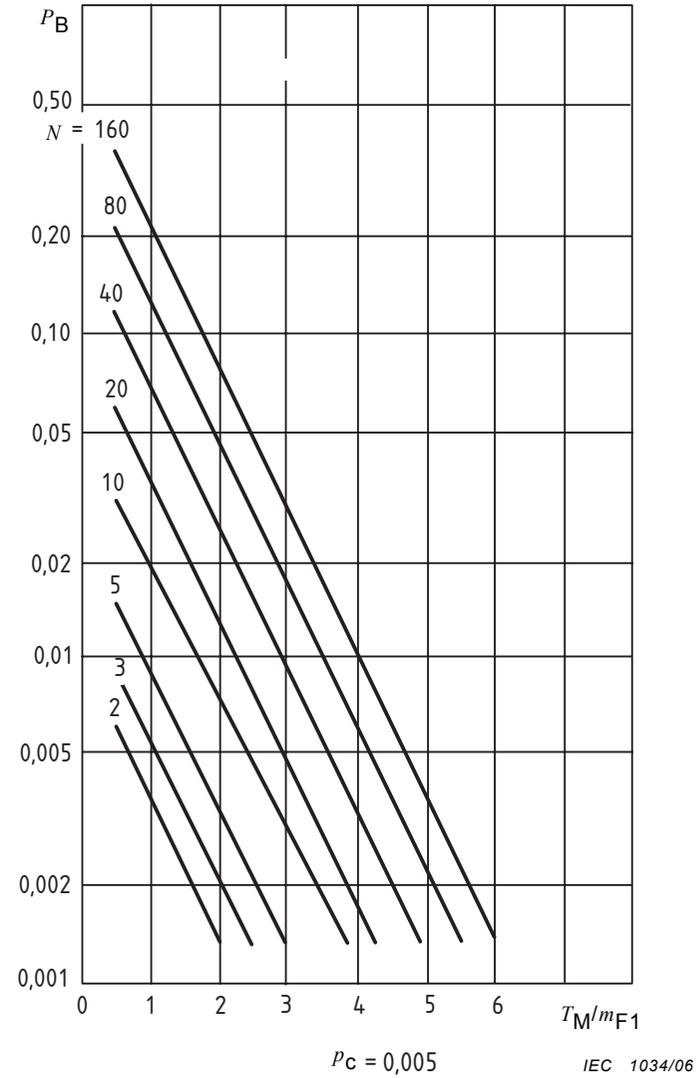
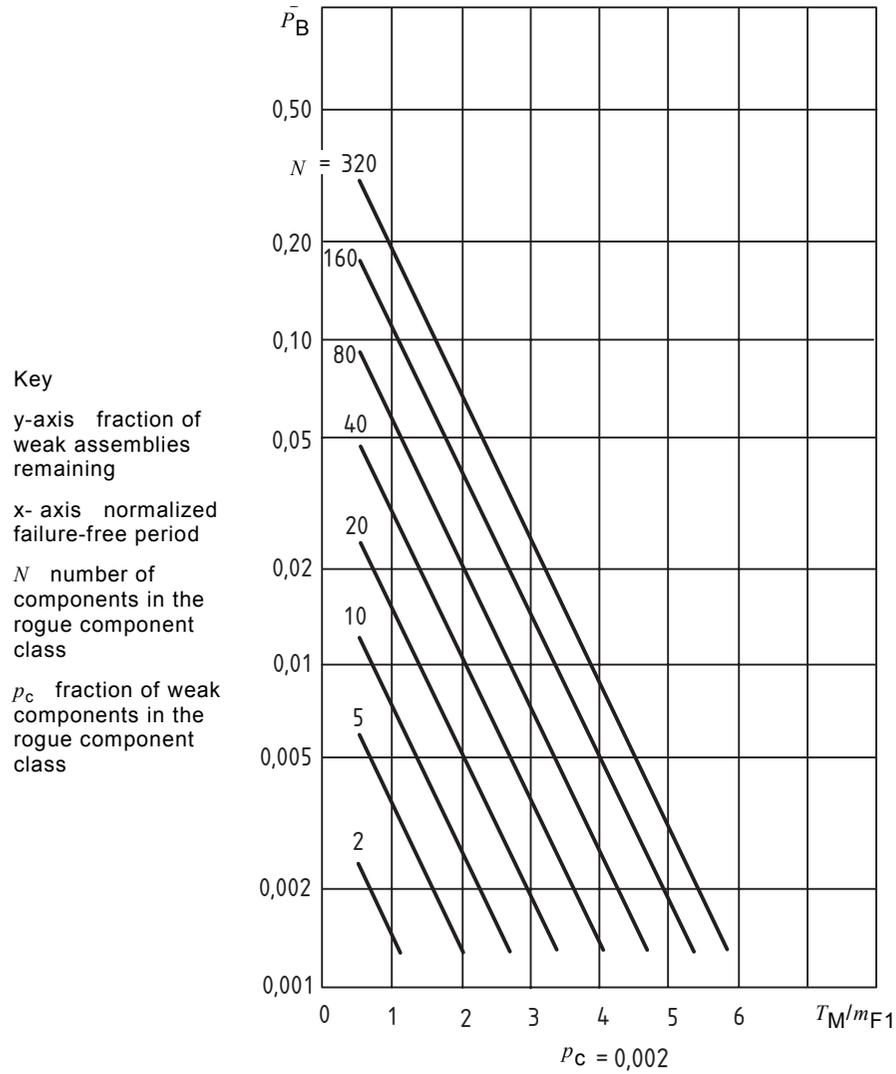
Axe x période sans défaillance normalisée

$N$  nombre de composants dans la classe de composants à risques

$p_c$  proportion de composants fragiles dans la classe de composants à risques

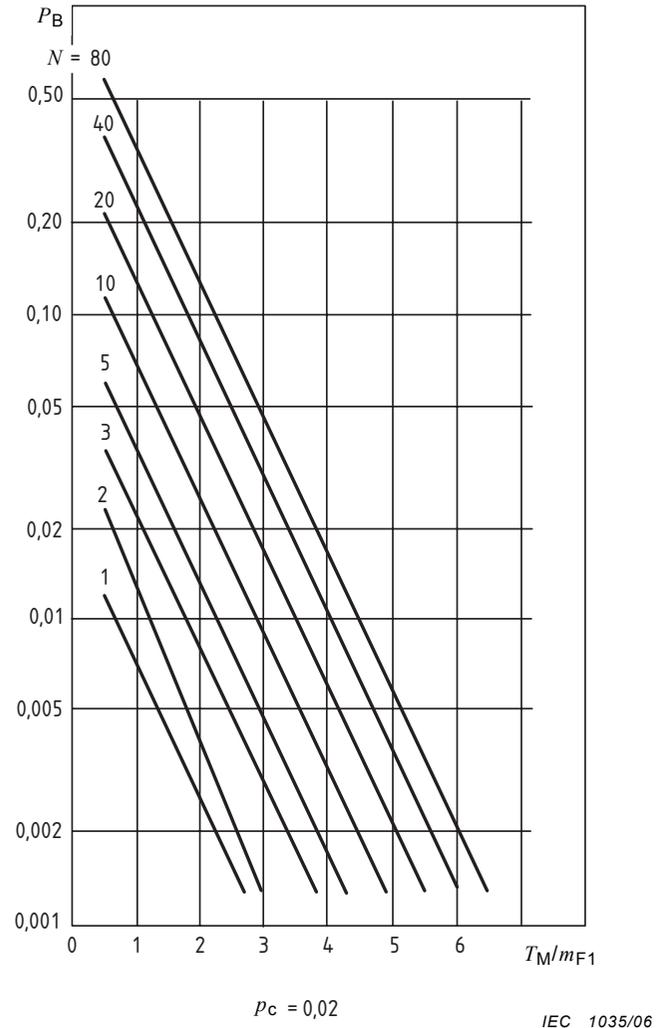
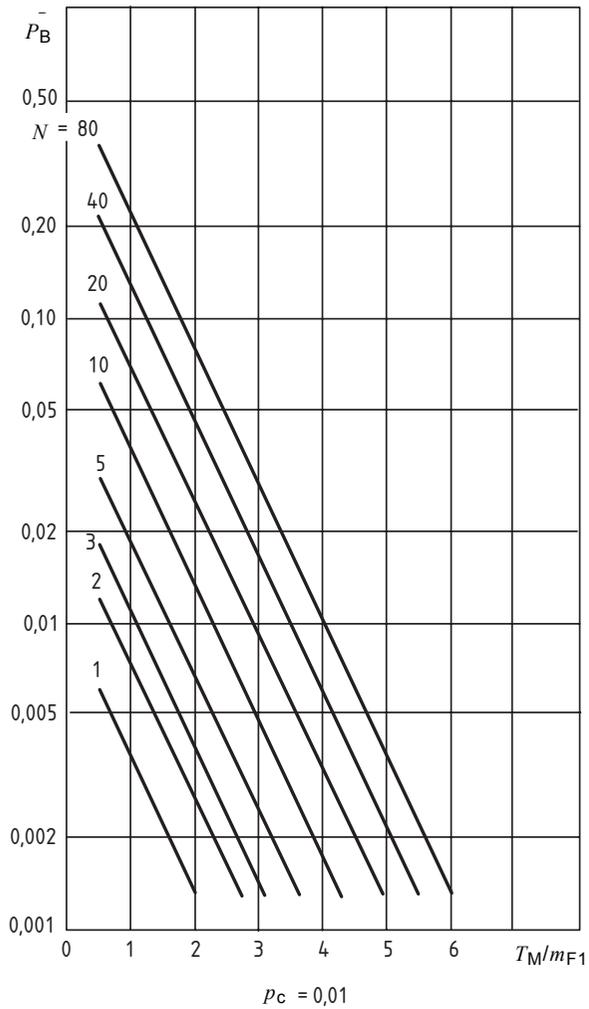


**Figures 8c et 8d – Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance (suite)**



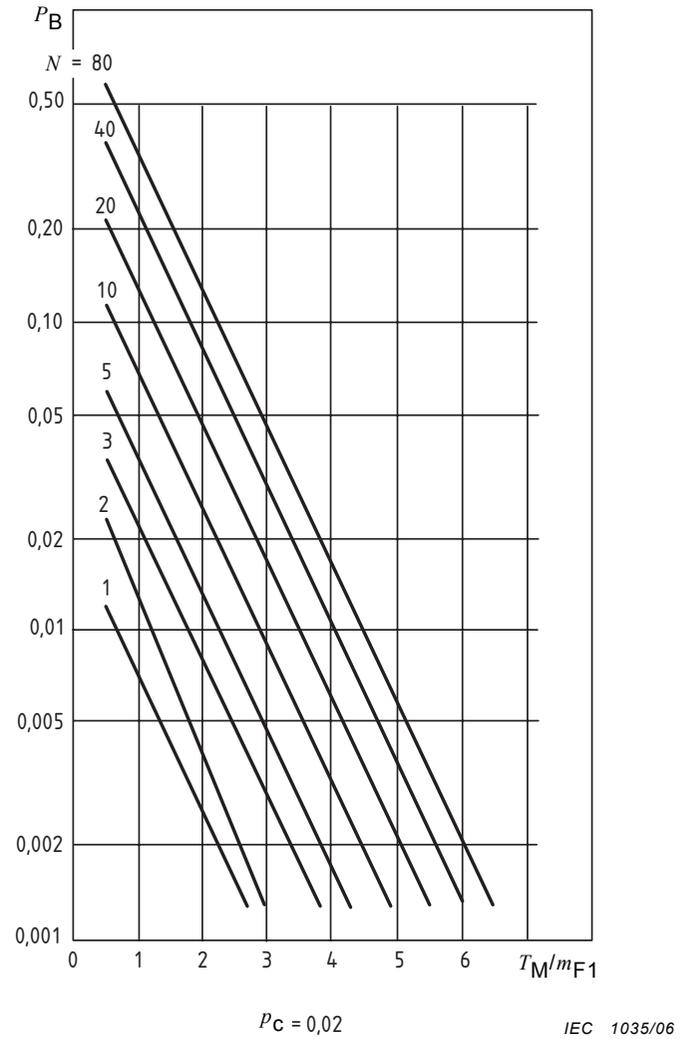
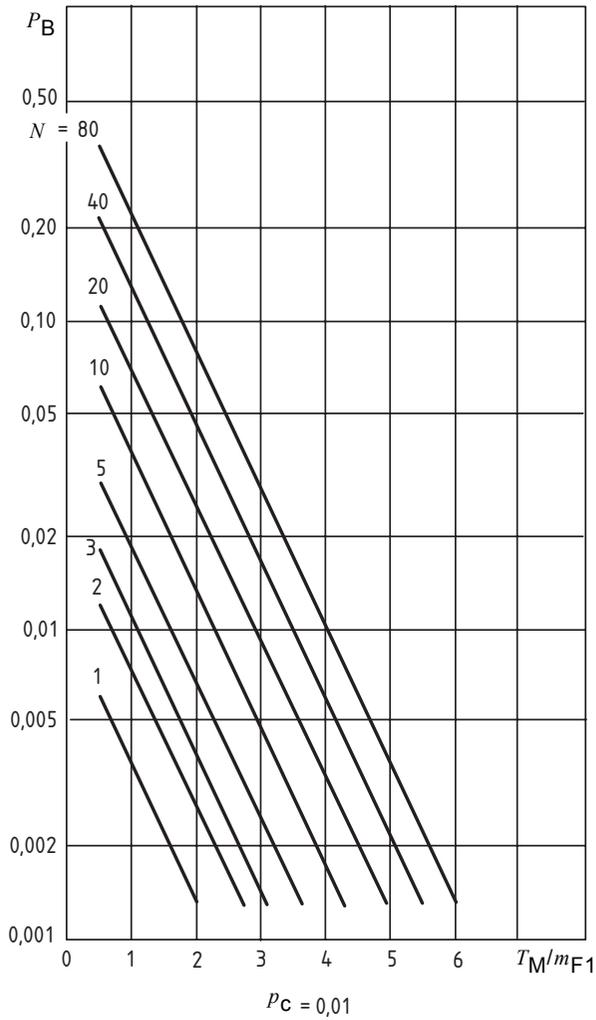
Figures 8c and 8d – Time graphs for the determination of the failure free period (continued)

Légende  
 Axe y proportion d'assemblages fragiles restants  
 Axe x période sans défaillance normalisée  
 N nombre de composants dans la classe de composants à risques  
 $p_c$  proportion de composants fragiles dans la classe de composants à risques



Figures 8<sup>e</sup> et 8f – Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance (suite)

**Key**  
 y-axis fraction of weak assemblies remaining  
 x-axis normalized failure-free period  
 $N$  number of components in the rogue component class  
 $p_c$  fraction of weak components in the rogue component class



**Figures 8e and 8f – Time graphs for the determination of the failure free period (continued)**

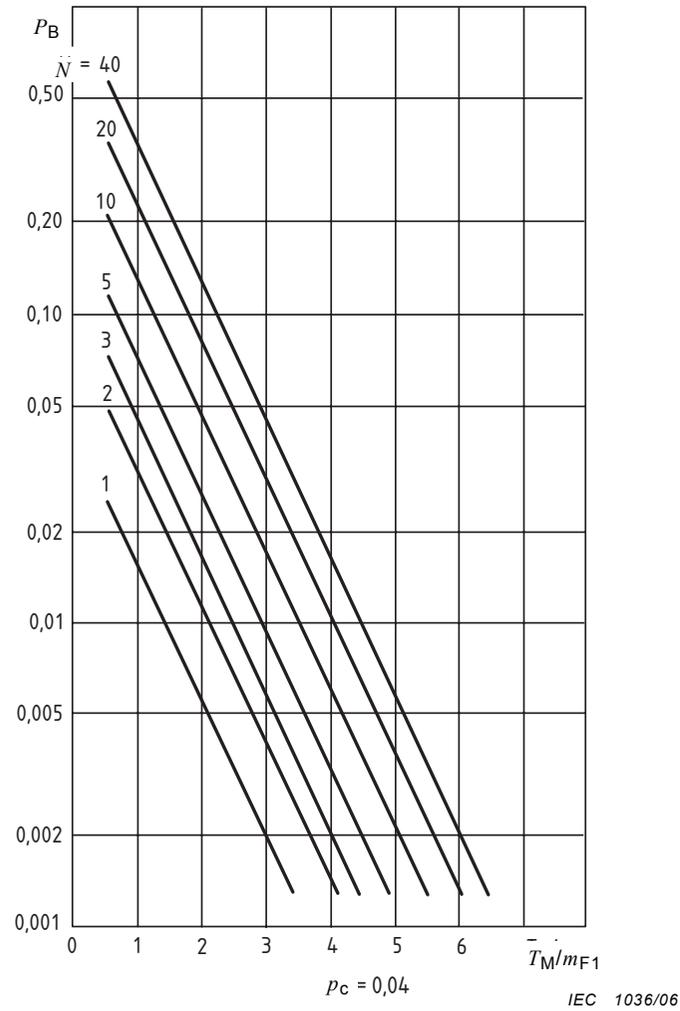
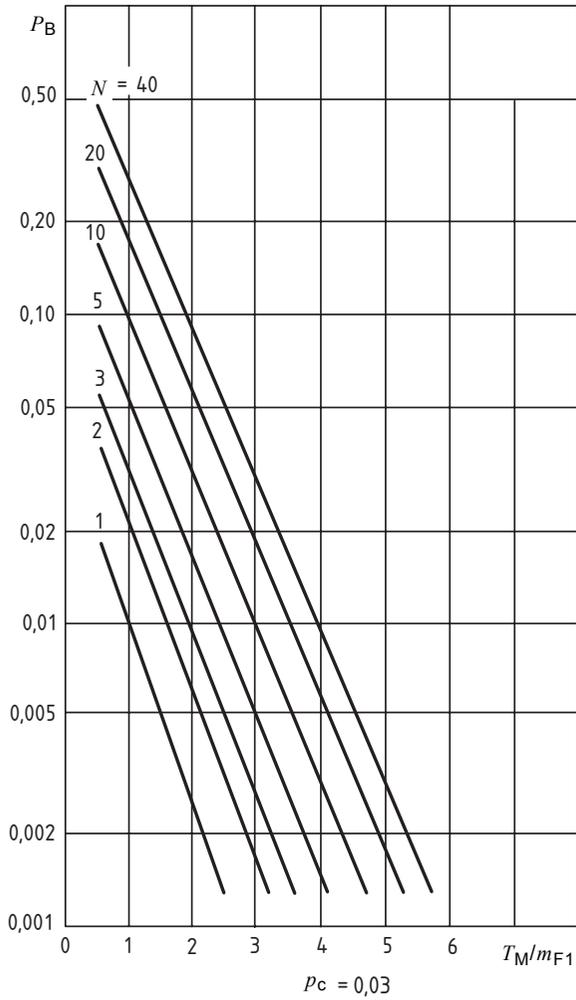
**Légende**

Axe y proportion d'assemblages fragiles restants Axe

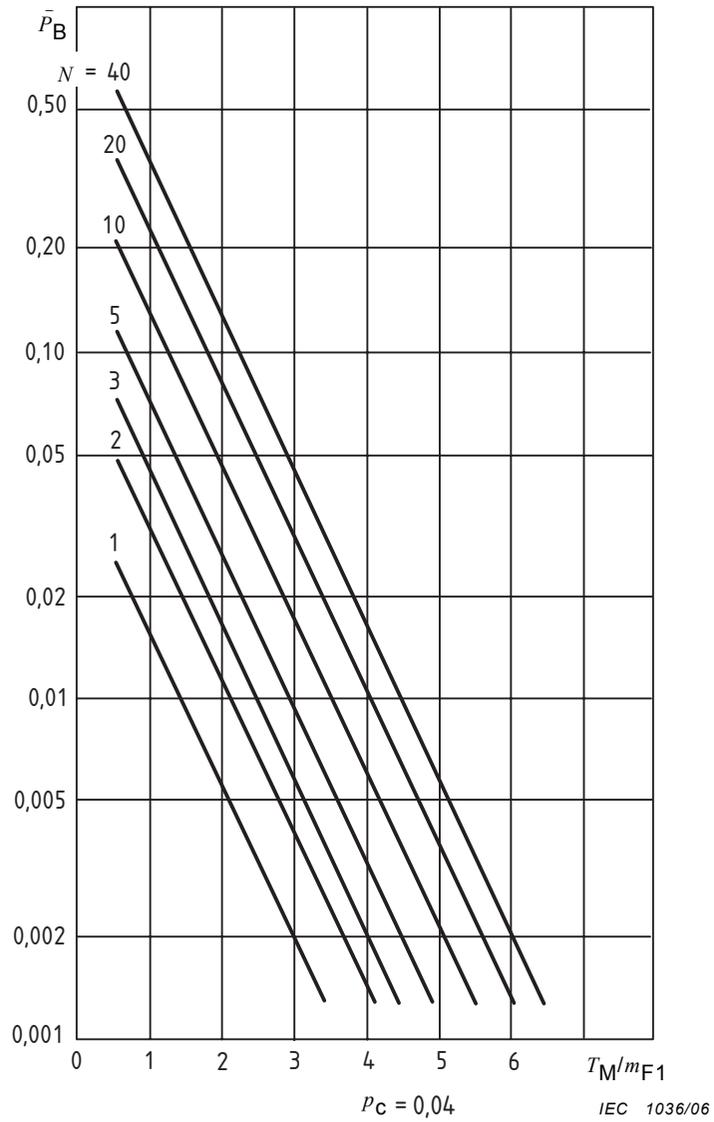
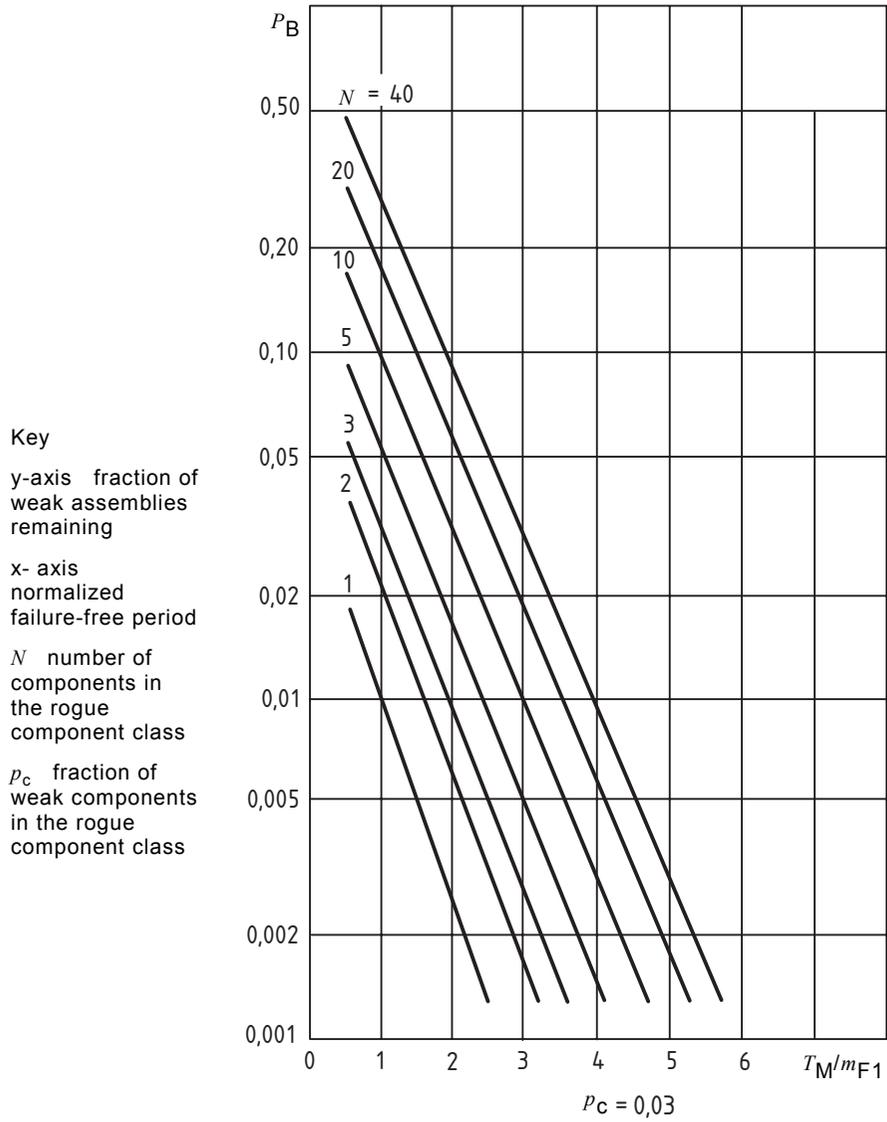
Axe x période sans défaillance normalisée

$N$  nombre de composants dans la classe de composants à risques

$p_c$  proportion de composants fragiles dans la classe de composants à risques



**Figures 8g et 8h – Graphiques des durées de détermination de la période sans défaillance (suite)**



Figures 8g and 8 h – Time graphs for the determination of the failure free period (continued)

## 7 Déverminage de production de présérie

### 7.1 Généralités

Le déverminage sous contraintes s'effectue comme prévu conformément aux Articles 5 et 6 pour tous les assemblages construits pendant la phase de production de présérie.

Il est très important d'effectuer un contrôle vigilant (de préférence selon la méthode C de la Figure 4) afin d'obtenir le maximum d'informations possibles.

### 7.2 Collecte des informations

Un sous-groupe d'assemblages adéquat est prévu pour recueillir des informations complémentaires par un déverminage prolongé. De façon empirique, il est recommandé de contrôler 30 assemblages pendant une durée égale à  $7T_M$  pour obtenir suffisamment d'informations afin de pouvoir décider d'une éventuelle modification.

Les informations recueillies tant pour l'intégralité de la production de présérie que pour le sous-groupe doivent comprendre

- les types et les causes de défaillances,
- les durées jusqu'à la première défaillance des assemblages considérés.

### 7.3 Evaluation des informations

Il est important de conclure sur la pertinence des défaillances. Si elles ne le sont pas, l'état des contraintes retenues (types, niveaux et cycles de contrainte) est à nouveau examiné.

Si les défaillances sont pertinentes, les valeurs des durées jusqu'à la première défaillance sont reportées sur le graphe de Weibull (voir l'Annexe H et la CEI 61649). Le facteur de forme de la loi de Weibull est évalué et on observe si la pente s'aplanit après la première croissance (voir Figure 9). Dans le cas contraire, l'état des contraintes (conditions et durée des contraintes) est à nouveau examiné.

NOTE 1 La technique de relevé de Weibull a été choisie, car il est très facile de l'utiliser étant donné qu'elle convient également à la loi exponentielle. D'autres techniques de traçage peuvent aussi être utilisées.

NOTE 2 Pour déterminer les paramètres de la courbe, se reporter à l'Annexe H où la figure est reproduite en tant que Figure H.2.

## 7 Pilot-production screening

### 7.1 General

The reliability stress screening is carried out as planned according to Clauses 5 and 6 for all assemblies manufactured during the pilot-production phase.

Careful monitoring (preferably alternative C in Figure 4) is very important here in order to obtain as much information as possible.

### 7.2 Collection of information

A suitable subset of assemblies is marked for the collection of further information through a prolonged screening. As a rule of thumb, 30 assemblies monitored for a time of  $7T_M$  should provide enough information for a decision for a possible revision.

The information collected for the whole pilot production lot, as well as the subset, shall comprise:

- the type and cause of failures;
- the time to first failure of the assemblies under consideration.

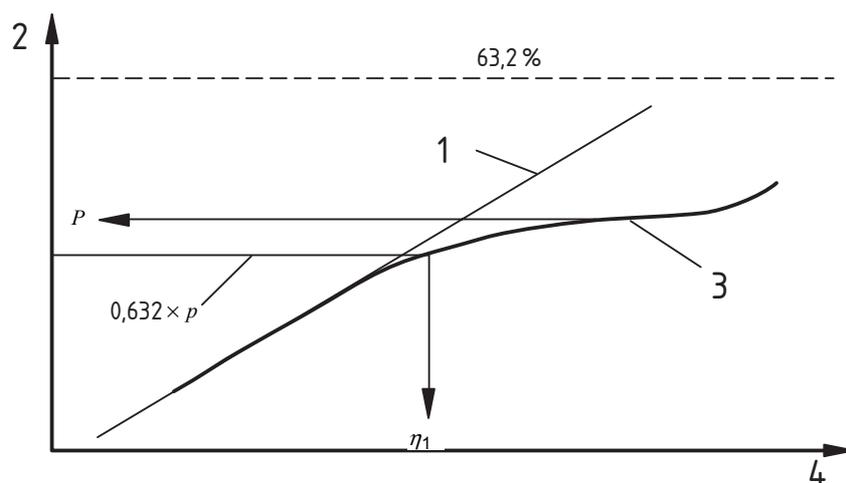
### 7.3 Evaluation of information

Consideration should be given as to whether the failures are relevant. If they are not, the selected stress condition/conditions (stress types, levels and cycles) should be reconsidered.

If the failures are relevant, a Weibull plot of the times to first failure (see Annex H and IEC 61649) shall be made. The shape of the Weibull plot shall be evaluated and it shall be noted whether the curve levels off after the first rise (see Figure 9). If not, the stress conditioning (stress conditions and duration) shall be reconsidered.

NOTE 1 The Weibull plotting technique has been selected, because it is easy to use and caters for the exponential case. However, other plotting techniques may be used as well.

NOTE 2 For determining the parameters of the curve see Annex H where the figure is repeated as Figure H.2.



IEC 1037/06

**Légende**

- 1 ligne avec pente =  $\beta_1$
- 2 c.d.f ( % Weibull)
- 3 courbe en S déterminée expérimentalement
- 4  $\log t$

**Figure 9 – Exemple de courbe de Weibull déterminée expérimentalement avec changement de pente pour  $p$  % de défaillances**

En cas de détection de changement de pente, on détermine le nombre de composants  $N$  de la classe de composants à risques «anonyme» identifiés par le déverminage.

La proportion des assemblages fragiles (partie «horizontale» de la courbe Weibull) est déterminée sur le relevé de Weibull. C'est la valeur  $p_s$  (proportion des assemblages fragiles avant le déverminage).

La proportion  $p_c$  de la classe des composants à risques «anonyme» est ensuite calculée au moyen de la formule:

$$p_c = 1 - (1 - p_s)^{1/N} \tag{3}$$

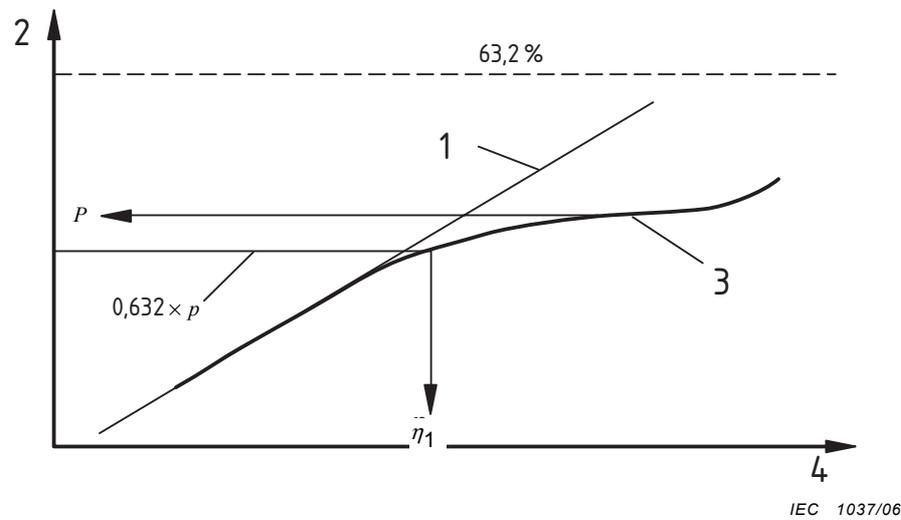
En conclusion, il s'agit de trouver la valeur de  $m_{F1}$  qui est calculée avec une bonne approximation par la formule:

$$m_{F1} = \frac{m_{Fs} p_c N}{p_s} \tag{4}$$

où  $m_{Fs}$  est la durée moyenne jusqu'à première défaillance des assemblages fragiles (se reporter à l'Annexe H).

**7.4 Nouvelle estimation de la période sans défaillance  $T_M$**

A partir des valeurs de  $N$ ,  $p_c$  et  $m_{F1}$  calculées de la manière indiquée ci-dessus, on peut calculer de la même façon la période sans défaillance conformément à 6.2 (l'Annexe J donne un exemple d'application).



Key

- 1 line with slope =  $\beta_1$
- 2 cumulative distribution function (c.d.f) (% Weibull)
- 3 experimentally determined S-curve
- 4  $\log t$

**Figure 9 – Example of an experimentally determined Weibull curve that is levelling off at  $p$  % failures**

If a levelling off can be identified, determine the number  $N$  of components in the "anonymous" rogue component class that the screening has revealed.

The fraction of weak assemblies (the "horizontal" part of the Weibull curve) is then derived from the Weibull plot. This is the value  $p_s$  (the fraction of weak assemblies before screening).

Then calculate the fraction,  $p_c$ , of the "anonymous" rogue component class using the following formula:

$$p_c = 1 - (1 - p_s)^{1/N} \quad (3)$$

Finally the value of  $m_{F1}$  is calculated with reasonable engineering accuracy using the following formula:

$$m_{F1} = \frac{m_{Fs} p_c N}{p_s} \quad (4)$$

where  $m_{Fs}$  is the mean time to first failure of the weak assemblies (see Annex H).

#### 7.4 Re-evaluating the failure-free period $T_M$

With the values of  $N$ ,  $p_c$ , and  $m_{F1}$  derived in the manner shown above, the failure-free period can be found in the same way as shown in 6.2 (Annex J shows a worked example).

## 8 Déverminage d'une production stabilisée

### 8.1 Généralités

On applique le déverminage sous contraintes préparé ou prévu à tous les assemblages du type considéré.

### 8.2 Collecte des informations

Il est recommandé de continuer à contrôler l'apparition des défaillances des assemblages en cours de déverminage selon la méthode C (voir Figure 4). De cette façon, il est possible de rechercher les causes de défaillances et de représenter sur un graphique les durées de fonctionnement (jusqu'à la première défaillance) pour chaque lot de production déverminé. Cependant, on ne contrôlera pas le fonctionnement des assemblages au-delà de cette limite, étant donné que  $T_M$  est la valeur de la période sans défaillance.

### 8.3 Evaluation des informations

La nature des défaillances d'un lot de production peut différer de celle d'un lot de production de présérie, pour une des raisons suivantes:

- les composants qui contribuent aux défaillances n'appartiennent pas aux classes des composants à risques identifiées auparavant;
- la proportion de défaillances est différente de la valeur observée auparavant;
- les défaillances apparaissent nettement plus tôt ou nettement plus tard que prévu;
- la pente de la première partie de la courbe tracée sur du graphe de Weibull est différente de la pente observée auparavant.

### 8.4 Traitement des anomalies

#### 8.4.1 Nouveaux modes de défaillances

S'il s'avère que les classes de composants à risques du lot de production sont différentes de celles qui ont été identifiées pendant le déverminage de présérie, il convient d'effectuer des recherches approfondies afin de comprendre la cause de cette divergence. Il convient d'examiner avec une attention toute particulière les procédures de manipulation, les techniques de production et les procédures d'essai.

Lorsque les causes de divergences ont été déterminées, il convient d'effectuer d'office des corrections (de la conception, du processus de production et/ou du processus de déverminage).

A court terme, les dispositions suivantes sont recommandées:

- si la courbe de distribution cumulée des défaillances de l'assemblage ressemble toujours à celle de la production de présérie, même si les classes de composants à risques sont différentes, il n'est pas nécessaire de changer la valeur de la période sans défaillance pour le déverminage;
- si la courbe de distribution cumulée des défaillances tracée sur graphe de Weibull ne se redresse pas, il convient, à titre de mesure intermédiaire, de doubler la période sans défaillance  $T_M$  pour quelques lots de production suivants, jusqu'à ce qu'on ait trouvé et corrigé la cause fondamentale de la défaillance (nouveaux modes de défaillances).

## 8 Mature production screening

### 8.1 General

The planned or possible revised reliability stress screening is carried out for all assemblies of the type under consideration.

### 8.2 Collection of information

The assemblies being screened should preferably still be monitored for failures according to alternative C of Figure 4. In this way, it is possible to investigate failure causes and to make a plot of lifetimes (times to first failure) for each production batch being screened. However, as the failure-free period is  $T_M$ , there will be no monitoring beyond this time limit.

### 8.3 Evaluation of information

The failure pattern of the production batch may be different from that of the pilot-production batch in any of the following ways:

- a) the components contributing to the failures do not belong to the rogue component classes identified earlier;
- b) the failure fraction is different from the value observed previously;
- c) the failures occur either much earlier or later than expected;
- d) the slope of the early part of the graph as plotted on Weibull paper, is different from that previously observed.

### 8.4 Dealing with discrepancies

#### 8.4.1 New failure modes

If the rogue component classes in the production batch turn out to be different from those identified during the pre-production screening, a detailed investigation to trace the cause should be carried out. Special attention should be given to handling procedures, production techniques and test procedures.

When the cause has been found, corrective actions should be taken as a matter of course (on the design, the manufacturing process and/or the screening process).

On a short-term basis, the following recommendations may be followed:

- if the overall failure pattern for the assembly still resembles the pattern found during pilot-production, even though the rogue component classes are different, the failure-free period for screening need not be changed;
- if the cumulative pattern of failures shows no indication of levelling off on the Weibull plot, then as an intermediate measure  $T_M$  should be doubled for the next few production batches until the root cause of failure (new failure modes) has been found and corrected.

#### 8.4.2 Nouvelles proportions de défaillances

Il arrive parfois que les défaillances proviennent des mêmes types de composants que ceux qui ont été identifiés pendant la production de présérie, mais avec une proportion de défaillances après la période  $T_M$  nettement différente de la valeur prévue. Les dispositions suivantes sont recommandées:

- si on constate que la courbe sur le graphe de Weibull se redresse encore après la période  $T_M$ , il n'est pas nécessaire de modifier la valeur de  $T_M$ ;
- si la courbe ne se redresse pas, il convient de doubler la valeur de  $T_M$ ;
- dans les deux cas, il convient de rechercher la cause de la divergence de résultats par rapport à la production de présérie.

Considérons, comme cas particulier, la situation où on n'observe aucune défaillance précoce pendant le déverminage sous contraintes, c'est-à-dire que tous les assemblages du lot de production ont fonctionné sans défaillance pendant la période  $T_M$ . En général, cette situation provient de corrections mises en œuvre entre le déverminage de la production de présérie et la production de série ou la production stabilisée et, bien sûr, de corrections continues déclenchées à la suite des résultats de déverminage des premiers lots de production. Par exemple, on a pu corriger de mauvais procédés de manipulation pendant l'assemblage, rectifier de mauvais brasages, etc.

L'absence de défaillances précoces est un signe positif. La plupart du temps, il sera toutefois utile de continuer le déverminage sous contraintes pour se prémunir contre de mauvais lots de composants ou contre des procédures de production non maîtrisées.

Dans de nombreux cas, il pourra être souhaitable pour des raisons d'économie, de réduire la période sans défaillance et d'introduire une nouvelle période sans défaillance plus courte de façon plus ou moins définitive. A long terme, on pourra contrôler des échantillons des lots de production (voir 8.5).

#### 8.4.3 Modifications des caractéristiques de durée de vie

Si la durée d'apparition des défaillances d'une classe de composants à risques quelconque se réduit, le tracé de Weibull est décalé vers la gauche. Il est possible de réduire la valeur de  $T_M$ , mais il convient de chercher à comprendre la raison de la diminution de la durée d'apparition des défaillances avant d'effectuer cette opération.

Un allongement de la durée d'apparition des défaillances d'une classe de composants à risques quelconque peut être plus inquiétant. A titre provisoire, la période sans défaillance doit être doublée. Un nouveau relevé est alors tracé sur le graphe de Weibull pour déterminer la nouvelle période optimale sans défaillance. Le remède définitif est de trouver la cause profonde du changement et de corriger l'anomalie lorsqu'elle se produit.

#### 8.4.4 Modifications des paramètres de forme de la loi de Weibull

Un changement de pente des défaillances précoces n'est généralement pas inquiétant en soi. Comme règle empirique, si le paramètre de forme de la loi Weibull est compris entre 0,7 et 1,3, il n'est pas nécessaire de changer la procédure de déverminage à moins que l'on ne décèle une tendance précise des valeurs de paramètre de forme sur plusieurs lots de production. Si on observe une telle tendance, il sera toutefois toujours possible d'utiliser le relevé de Weibull pour déterminer la période optimale sans défaillance. Cependant, il est recommandé de rechercher les raisons de la tendance, car un décalage des paramètres de forme est souvent le signe de changement de modes de défaillance. Lorsqu'on a déterminé la cause fondamentale, il convient de corriger le problème lorsqu'il se produit.

#### 8.4.2 New failure fractions

It sometimes happens that the failing components are the same as those identified during the pilot-production experiments, but the failure fraction after time  $T_M$  is significantly different from the expected value. The following recommendations can be followed.

- if the Weibull plot still flattens out at time  $T_M$ , then  $T_M$  need not be changed;
- if the curve does not flatten out,  $T_M$  should be doubled;
- in either case, the cause of the change from pre-production results should be found.

As a special case, consider the situation where no early failures are observed during the reliability stress screening, that is all assemblies in the production batch go through the period  $T_M$  with no failures. In general, this state of affairs is due to corrective actions having taken place between the time of the pilot-production screening experiments and the full-scale or mature production, and also, of course, due to ongoing corrective actions triggered by the results of screening of the first few production batches. The corrective actions typically may be corrections of bad handling procedures during assembly, correction of poor soldering practices, etc.

The non-existence of early failures is a good sign. In most instances it will, however, be recommended to continue reliability stress screening as a safeguard against bad component batches or out-of-control production procedures.

In many cases, it may be desirable on economic grounds to reduce the failure-free period, and to introduce a new, shorter failure-free period more or less permanently. In the long term, sample monitoring of production batches can be introduced (see 8.5).

#### 8.4.3 Changes in characteristic lifetimes

If the characteristic lifetimes of any of the rogue component classes should become shorter, the Weibull plot will respond by shifting to the left. The value of  $T_M$  can be reduced, but the reason for the change in pattern should be investigated beforehand.

A lengthening of the characteristic lifetime in any of the rogue component classes can be more troublesome. As an intermediate measure, the failure-free period shall be doubled. Thereafter, a new Weibull plot is made to determine the new optimum failure free period. The long-term cure is to find the root cause of the change and correct the trouble where it arises.

#### 8.4.4 Changes in Weibull shape parameters

Variation in the slope of the early failures is usually not troublesome in itself. As a rule of thumb, if the Weibull shape parameter ( $\beta$ ) lies between 0,7 and 1,3, there is no need to change the screening procedure, unless a definite trend in the shape parameter values is observed over several production batches. In the case of such a trend, the Weibull plot can still be used to determine the optimum failure free period. However the reason for the trend should be found as a shift in shape parameter often indicates changed failure modes. Once the root cause has been found, the trouble should be corrected where it arises.

### **8.5 Suppression du déverminage sous contraintes**

Si on n'observe aucune défaillance précoce pendant la période sans défaillance  $T_M$ , on peut raisonnablement penser que cela provient des corrections effectuées ou d'un processus d'apprentissage; il est alors avantageux, pour des raisons d'ordre économique, de supprimer le déverminage sous contraintes (voir également 8.4). Cependant, il est recommandé de maintenir un certain contrôle et, par exemple, de surveiller des échantillons des lots de production.

### 8.5 Eliminating reliability stress screening

If no early failures occur during the failure-free period  $T_M$ , and there is reasonable certainty that this is due to corrective actions or to a learning process having taken place, it will be advantageous for economic reasons to eliminate reliability stress screening (see also 8.4). However, it is recommended to maintain some monitoring, for example monitoring of samples from the production batches.

## Annexe A (informative)

### Conditions des contraintes – Généralités

#### A.1 Historique

Les conditions des contraintes de déverminage sont étroitement liées à celles des essais classiques d'environnement, mais il y a des différences importantes.

Pour des essais d'environnement, on utilise de nombreux paramètres d'environnement et de sévérités. Le principe consiste à exposer des échantillons d'assemblages à des conditions d'essais normalisées, reproductibles et bien définies, conçues pour provoquer les mêmes mécanismes de défaillances que les conditions réelles dont l'essai doit rendre compte (emploi, transport, stockage, etc.). Cela ne veut pas automatiquement dire qu'on cherche à reproduire fidèlement ces conditions; on cherche essentiellement à reproduire leurs effets de dégradation sur l'assemblage. Il convient de lier les sévérités de l'essai aux contraintes de la vie réelle d'une façon qui dépend du type d'informations que l'on souhaite retirer de l'essai.

En matière de comportement à court terme, on retient les valeurs extrêmes des contraintes ayant une faible probabilité d'être dépassées; en matière de fiabilité à long terme, on retient plutôt les valeurs moyennes des contraintes et leur répartition dans le temps.

Un déverminage sous contraintes est fondamentalement différent d'un essai d'environnement pour les raisons suivantes:

- on applique les contraintes non seulement à des échantillons mais à tous les assemblages du lot;
- après exposition aux contraintes, les assemblages sont considérés comme «neufs»;
- le déverminage sous contraintes n'est pas un essai; il n'implique pas de critères d'acceptation ou de refus.

Cela veut dire qu'il convient que les contraintes ne dégradent pas les assemblages sains de façon significative.

De façon empirique, il est recommandé que le déverminage sous contraintes ne consume pas plus de 10 % de la vie des composants, où l'usure peut constituer un problème pendant le fonctionnement normal. Cela peut être vérifié par essai d'un échantillon pendant une période de  $10 T_M$  multipliée par le nombre maximal admissible de réparations (voir 6.2.1). Ceci restreint le choix des contraintes utilisables par rapport à un essai d'environnement. Par conséquent, il convient d'étudier soigneusement les conditions de contraintes vis-à-vis du choix des types de contraintes et la sélection et pilotage des niveaux de contraintes.

#### A.2 Types de contraintes

Les types de contraintes généralement utilisées se trouvent au Tableau A.1, ainsi qu'une indication sur leur intensité et l'importance du coût de leur mise en œuvre. Il faut considérer ces indications uniquement en tant que tendances, car il n'est pas possible de donner de valeurs générales de sensibilité d'une «défectuosité moyenne» à un type de contrainte spécifique, ni de valeurs générales de coûts de manipulation, de mise en œuvre et de matériel.

## Annex A (informative)

### Stress conditions – General information

#### A.1 Background information

Stress conditions, for reliability screening purposes, have strong connections with traditional environmental testing, but there are important differences.

Environmental testing makes use of a great variety of environmental parameters and severities. The philosophy is to expose sample assemblies to well-defined and reproducible standardized test conditions, designed to develop the same mechanisms of failure as in real life and which are covered by the test (use, transportation, storage, etc.). This does not necessarily imply a close reproduction of these conditions, but reproduction of the harmful effects on the assembly. The test severities should be related to those of real life in a manner dependent on the type of information wanted from the test.

For short-term performance, the extreme values with a low probability of being exceeded are relevant; for long-term reliability, the average levels and their time distributions are relevant.

Reliability stress screening is fundamentally different from environmental testing in the following ways:

- not just samples, but all assemblies of the lot are exposed to the stress conditions;
- after the exposure to the stress conditions, the assemblies are considered as new;
- reliability stress screening is not a test, and does not imply accept/reject criteria.

This means that the stress conditions should not degrade sound assemblies significantly.

As a rule of thumb, stress screening should not use more than 10 % of the lifetime of components where wear out can be a problem during normal operation. This can be verified by testing a sample for a period of  $10 T_M$  multiplied by the maximum permissible number of repairs (see 6.2.1). This narrows the choice of usable stress conditions compared with environmental testing. Therefore, the stress conditions should be carefully designed as concerns the choice of stress types and the selection and control of stress levels.

#### A.2 Stress types

The commonly used stress types are listed in Table A.1, together with an indication of the intensity of their stress and the magnitude of cost for their application. These indications are to be understood as tendencies only, because no general values can be given concerning the sensitivity of an "average flaw" to a specific stress type, or to the costs of handling, set-up, and equipment.

L'idée générale est que les types de contraintes à faible intensité nécessitent généralement une longue durée de déverminage pour pouvoir être efficaces. L'importance du coût indiquée au Tableau A.1 se rapporte uniquement au déverminage et au matériel nécessaire. Elle ne tient pas compte des coûts éventuels résultant de la valeur des assemblages immobilisés pendant la durée du déverminage.

On utilise souvent une combinaison de différents types de contraintes. Toutes les combinaisons ne sont toutefois pas traitées dans la présente norme, cela afin de simplifier la description et d'éviter des répétitions. En général, l'effet des types de contraintes combinées est la somme des modes de défaillances des contraintes. Il peut toutefois y avoir une interaction des types de contraintes, de telle sorte que l'accélération combinée de la transformation de leurs défauts en défaillances soit nettement supérieure à celle obtenue avec les contraintes appliquées séparément.

EXEMPLE Une haute température peut changer la rigidité des pièces en plastique, avec pour effet une collision des pièces sous l'effet des vibrations aléatoires.

**Tableau A.1 – Types de contraintes – Indication du coût d'application**

Type de contrainte	Intensité de contrainte	Importance du coût
– Température haute température constante basse/haute température	Faible modérée	Faible modérée
– Vibrations et secousses vibrations sinusoïdales à fréquence fixe vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence vibrations aléatoires secousses	Faible Faible Forte Modérée	Modérée Modérée Forte Faible
– Combinaison de cycles de température et de vibrations aléatoires	Forte	Très forte
– Combinaison de cycles de température, de vibrations aléatoires et de contraintes de tension	Forte	Très forte
– Humidité humidité élevée et haute température constantes cycles de température et humidité élevée	Modérée Modérée	Faible Modérée
– Contraintes de fonctionnement contraintes de fonctionnement constantes cycles de fonctionnement	Faible Modérée	Faible Faible
– Contraintes de tension	Faible	Modérée
– changement rapide de température, contraintes de fonctionnement et vibrations commandées pneumatiquement sur 6 axes	Très forte	Très forte

On notera qu'il convient de choisir le(s) type(s) de contraintes parmi ceux qui risquent de transformer en défaillances les défauts prévus (voir 6.1.1). Les indications d'intensité de contrainte et d'importance du coût ne constituent que des informations d'ordre général si plus d'un type de contrainte est approprié. Les types de contraintes peuvent être combinés. Il est possible d'utiliser toute combinaison de contraintes qui risquent de transformer les défauts en défaillances du produit.

### A.3 Niveau de contrainte

Le niveau d'une contrainte est défini par des paramètres appropriés des caractéristiques de cette contrainte qui, conjointement avec le type de contrainte, définit sans ambiguïté les conditions de contrainte (voir Figure 6). Il faut donc faire une distinction entre le terme «niveau de contrainte» et le terme «sévérité» généralement utilisé pour les essais d'environnement (se reporter aux normes CEI de la série 60068).

It is generally understood that stress types with a low intensity of stress generally need a long screening duration in order to be efficient. Magnitude of cost in Table A.1 refers to the screening process and the necessary equipment only. It does not take into account possible costs related to the value of unsold assemblies for the period of the duration of the screening process.

A combination of stress types is often used. In order to simplify the description and avoid repetitions, not all combinations are discussed in this standard. Generally the effect of the combined stress types is the sum of the failure modes of the stresses. However the stress types may interact so that their combined acceleration of the precipitation of flaws into failures is much larger than that achieved with the stresses applied separately.

EXAMPLE A high temperature may change the stiffness of plastic parts, so that random vibration causes parts to collide.

**Table A.1 – Stress types – Indication of cost of application**

Stress type	Intensity of stress	Magnitude of cost
– Temperature constant high temperature low/high temperature	Low Moderate	Low Moderate
– Vibration and bump fixed frequency sinusoidal vibration swept frequency sinusoidal vibration random vibration bump	Low Low High Moderate	Moderate Moderate High Low
– Combination of temperature cycling and random vibration	High	Very high
– Combined temperature cycling, random vibration and voltage stress	High	Very high
– Humidity constant high humidity and temperature high humidity and temperature cycling	Moderate Moderate	Low Moderate
– Operational stress constant operational stress operational stress cycling	Low Moderate	Low Low
– Voltage stress	Low	Moderate
– High rate of temperature change, 6-axis pneumatic actuated vibrations and operational stress	Very high	Very high

Note that the stress type/types should be chosen from those likely to develop the expected flaws into failures (see 6.1.1). The indications of intensity of stress and magnitude of cost should be used only as guidance if more than one stress type are suitable. Stress types can be combined. Any combination of stresses appropriate to precipitate flaws as failures in the product can be used.

### A.3 Stress level

The stress level is a description, using suitable parameters, of the characteristics of the stress; which, together with the stress type, unambiguously defines the stress conditions (see Figure 6). The term "stress level" should therefore be distinguished from the term "severity" generally used in connection with environmental testing (see the IEC 60068 series).

La différence fondamentale est le fait que la «sévérité» comprend également la durée. Une autre différence importante est le fait que dans le cas d'un essai d'environnement, on s'efforce de caractériser les conditions d'essai indépendamment de l'assemblage en essai. Pour des raisons pratiques et d'économie, cela n'est généralement pas possible pour un déverminage sous contraintes.

Le niveau de contrainte dépend la plupart du temps, non seulement des réglages du matériel utilisé pour l'application de la contrainte, mais également des assemblages en cours de déverminage. Si différents assemblages sont déverminés en même temps, le niveau de contrainte peut être différent d'un assemblage à un autre. Pour des raisons pratiques, on peut tolérer ces différences mais il est important d'en être conscient afin d'éviter des erreurs d'interprétation des résultats.

Les Annexes B à G donnent plus de détails sur chaque type de contrainte, ainsi que des définitions des niveaux des contraintes, y compris les facteurs pouvant entraîner des variations, des exemples caractéristiques de ses effets et les niveaux de contraintes couramment utilisés.

The main difference is that "severity" also incorporates the duration. Another important difference is that in environmental testing, a characterization of the test conditions independent of the assembly under test is aimed at. For practical and economic reasons, this is usually not possible in reliability stress screening.

The stress level is usually not only dependent on the settings of the machinery used for application of the stress, but also dependent on the assemblies under stress. If more than one assembly is stressed at the same time, the stress level may be different from assembly to assembly. To some degree this has to be accepted for practical reasons, but it is important to be aware of such differences in order to avoid misinterpretation of the results.

Annexes B to G give more details of each stress type, together with definitions of stress levels, including factors influencing variations, characteristic examples of effects, and commonly used stress levels.

## **Annexe B** (informative)

### **Conditions de contraintes – Température**

#### **B.1 Haute température constante**

##### **B.1.1 Définition du niveau de contrainte**

Le niveau de contrainte est défini par la température de l'assemblage sous contrainte. Lorsque l'assemblage ne dissipe pas de chaleur, la température dépend uniquement de l'environnement. En général, il n'y a pas de différence significative entre la température de l'air, celle des surfaces rayonnantes «vues» par l'assemblage et celle des objets qui peuvent lui être reliés par des chemins conducteurs. Cela veut dire que le niveau de contrainte est caractérisé par cette température commune.

Lorsque l'assemblage dissipe de la chaleur, la répartition de la température ne sera pas uniforme. La température en un point particulier (un composant) dépend de la puissance dissipée par le composant en question, de sa surface, du pouvoir émissif de la surface, de la vitesse de l'air à proximité, ainsi que des propriétés de rayonnement ou de conduction de l'environnement du composant.

Il est donc recommandé de mesurer le niveau de contrainte en considérant la température des composants critiques de l'assemblage. Par composant critique, on entend à la fois les composants à risques qu'il convient de déverminer de manière appropriée et les composants sensibles à la chaleur qu'il ne faut pas soumettre à des contraintes excessives. Le seul facteur vraiment important, outre la température elle-même, est la vitesse de l'air, qui dépend de l'enceinte, mais également de la structure mécanique de l'assemblage et de la position de l'assemblage par rapport à la direction du flux d'air. Si la vitesse de l'air n'est pas uniforme dans l'enceinte utilisée pour l'exposition à température élevée, il convient de veiller à ne pas dépasser les températures limites des assemblages ou des composants des assemblages qui dissipent de la chaleur dans les zones de l'enceinte à faible vitesse d'air. Des différences de températures de 20 °C ne sont pas rares.

##### **B.1.2 Effets**

Comme exemples d'effets de haute température constante associés à d'éventuels défauts, on peut citer la liste non exhaustive suivante:

- oxydation de surfaces métalliques non protégées entraînant de mauvais contacts ou des grippages mécaniques. L'existence de surfaces métalliques non protégées peut provenir de l'insuffisance de serrage d'assemblages vissés, etc. ou de trous et de fissures dans les revêtements protecteurs;
- diffusion entre des matériaux, par exemple, entre un matériau de support et son revêtement, entre un matériau de brasure et des composants, entre un matériau semi-conducteur et une métallisation à travers une couche isolante fragile;
- évaporation de liquides, par exemple par de faibles fuites dans des condensateurs électrolytiques et dans des batteries. Il convient toutefois de noter que la réduction de l'humidité relative empêchera des défaillances potentielles provenant de l'humidité;
- ramollissement de thermoplastiques pouvant entraîner un fluage s'ils sont soumis à une contrainte mécanique excessive;
- ramollissement ou fluage de composés de protection et de cires d'imprégnation appliqués incorrectement;

## **Annex B** (informative)

### **Stress conditions – Temperature**

#### **B.1 Constant high temperature**

##### **B.1.1 Definition of stress level**

The stress level is defined by the temperature of the assembly under stress. Where the assembly is not heat dissipating, the temperature depends on the environment only. Normally, there will be insignificant differences between the temperatures of the air, the surfaces "seen" by the assembly by radiation, and the possible objects connected to it by conductive paths. This means that the stress level is characterized by that common temperature.

Where the assembly is heat dissipating, the temperature distribution will not be uniform. The temperature at a specific point (component) will depend on the power dissipated by that particular component, its surface area, surface emissivity, nearby air velocity, and the radiative and conductive environment for that particular component.

It is therefore recommended that the stress level be measured by considering the temperature of the important components of the assembly. Important components in this context mean both the rogue components, which should be properly stressed, and the heat-sensitive components, which should not be overstressed. The most important single factor besides the temperature itself is the air velocity, which depends upon the chamber, as well as the mechanical form of the assembly, and the position of the assembly in relation to the direction of the airflow. If the air velocity is not uniform within the chamber used for the high temperature exposure, care should be taken not to exceed temperature limits of assemblies, or components of heat-dissipating assemblies, in areas of the chamber with low air velocity. Temperature differences of 20 °C are not unusual.

##### **B.1.2 Effects**

Effects of constant high temperature in combination with possible flaws include, but are not limited to the following:

- oxidation of unprotected metal surfaces leading to bad contacts or mechanical blocking (seizing). Unprotected metal surfaces may be a result of insufficient force in screw joints, etc. or of holes and fissures in protective coatings;
- diffusion between materials, for example between a base material and overplating, between solder material and components, between semiconductor material with weaknesses in insulation barriers, and metallization;
- drying-out of liquids, for example through small leaks in electrolytic capacitors and in batteries. Note, however, that reducing the relative humidity will prevent potential failures caused by humidity;
- softening of thermoplastics, leading to creeping if these parts are under excessive mechanical tension;
- softening or creeping of incorrectly applied protective compounds and impregnating waxes;

- accroissement de la vitesse de réactions chimiques en général et, par conséquent, accélération également de nombreuses réactions à proximité de particules de contamination enfermées dans un composant;
- claquage de diélectrique d'isolation partiellement détérioré.

S'il n'y a pas de changement de mécanisme de défaillance (par exemple au-delà d'un point de fusion ou de ramollissement), l'effet général d'une température élevée est une accélération des défaillances dont les mécanismes sont influencés par la température. Si l'humidité relative est faible, il convient d'éviter soigneusement les risques de décharges électrostatiques créées par le déverminage sous contraintes.

### **B.1.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés**

Les niveaux de contraintes peuvent être choisis parmi les températures suivantes:

40 °C; 55 °C; 70 °C et 100 °C.

Dans le cas d'assemblages qui dissipent de la chaleur, il convient d'associer la température aux composants à risques et à une contrainte de fonctionnement définie. Il est toutefois recommandé de s'assurer que les températures limites des composants les plus sensibles à la chaleur ne sont pas dépassées.

Les méthodes d'application de contrainte de haute température sont décrites dans la CEI 60068-2-2.

## **B.2 Cycles de basses/hautes températures**

### **B.2.1 Définition du niveau de contrainte**

En principe, le niveau de contrainte est défini par l'évolution de la température en fonction du temps, en tout point de l'assemblage. Il n'est toutefois pas facile de le gérer. On se contente donc de la valeur, en fonction du temps, de la température de l'air de l'enceinte. Il s'agit d'un cas similaire à celui des assemblages de dissipation de chaleur soumis à une température constante, en ce qui concerne la chaleur échangée avec tout ce qui les entoure. Il en résulte que la vitesse de l'air est un facteur important associé à la capacité calorifique des différentes pièces de l'assemblage.

Le niveau de contrainte de cycles de température est caractérisé par les valeurs supérieure et inférieure de la température, par la vitesse de variation de la température et par la durée des paliers aux hautes et basses températures pour un point de référence convenable. Cette condition de contrainte peut être appliquée à un assemblage dissipant ou non de la chaleur ou conjointement avec la contrainte de fonctionnement cyclique. La contrainte de fonctionnement cyclique est décrite à l'Article E.2.

Il est donc recommandé de choisir un point de référence représentatif de la température des composants critiques de l'assemblage. Par composant critique, on entend à la fois les composants à risques qu'il convient de déverminer de manière appropriée et les composants sensibles à la température qu'il ne faut pas soumettre à des contraintes excessives. Il peut donc s'avérer très difficile de choisir un point de référence.

Le seul facteur vraiment important après le relevé de la température est la vitesse de l'air. La vitesse de l'air est influencée non seulement par l'enceinte, par la forme et la position de l'assemblage, mais également par le cycle de température. Si la vitesse de l'air n'est pas uniforme à l'intérieur de l'enceinte utilisée, il convient de veiller à ce que la contrainte prévue soit aussi atteinte par les composants des assemblages placés dans les zones de l'enceinte où la vitesse de l'air est faible. Dans le cas d'assemblages à dissipation de chaleur, il convient également de veiller à ce que les limites de température maximales des assemblages ou de leurs composants ne soient pas dépassées dans les zones de l'enceinte où la vitesse de l'air est faible.

- increased speed of reaction of chemical processes in general, and therefore also of many processes around any enclosed contaminating particles;
- dielectric breakdown of partly damaged insulation.

If the failure mechanisms do not shift (for example by crossing a melting or softening point), the general effect of high temperature is an acceleration of time for those failure mechanisms influenced. If the relative humidity is low, care should be taken to avoid any electrostatic discharge problems created by the reliability stress screening itself.

### **B.1.3 Commonly used stress levels**

The stress levels may be chosen from the following temperatures:

40 °C; 55 °C; 70 °C; 85 °C and 100 °C.

For heat dissipating assemblies, the temperature should be related to the rogue components and a certain defined operational stress. At the same time, however, it should be assured that the temperature limit of the most heat-sensitive components is not exceeded.

Methods for high temperature stress application are described in IEC 60068-2-2.

## **B.2 Low/high temperature cycling**

### **B.2.1 Definition of stress level**

The stress level is defined in principle by the time history of temperature at any point of the assembly. However, this is not practical to manage. Therefore, the time history of temperature of the air in the temperature chamber is used instead. The situation is similar to that of heat dissipating assemblies subjected to constant temperature, as regards heat exchanged with the surroundings. This makes air velocity an important factor in combination with the heat capacity of the different parts of the assembly.

The stress level of temperature cycling is characterized by the upper and the lower value of temperature, the rate of change of temperature and the dwell time at the upper and lower values of temperature at a suitable reference point. This stress condition may be applied to an assembly in a non-heat-dissipating state, in a heat-dissipating state, or in combination with operational stress cycling. Operational stress cycling is described in Clause E.2.

Hence, it is recommended to let a suitable reference point represent the temperature of the important components of the assembly. In this connection, the important components mean both the rogue components, which should be properly stressed, and the temperature-sensitive components, which should not be overstressed. The choice of reference point, therefore, can be very difficult.

The most important single factor, besides the time history of the temperature itself, is the air velocity. Besides being dependent on the chamber, the assembly form, and the assembly position, the air velocity is also affected by temperature cycling itself. If the air velocity is not uniform within the chamber used, care should be taken that the intended stress is also reached for components of assemblies in areas of the chamber with low air velocity. For heat-dissipating assemblies, care should also be taken not to exceed maximum temperature limits of assemblies, or components of assemblies, in areas of the chamber with low air velocity.

En général, les difficultés dans le choix d'un point de référence convenable sont moindres pour les enceintes dans lesquelles la vitesse de l'air est élevée.

a) plage de températures

les cycles de température produisent des contraintes mécaniques dans les assemblages et dans leurs composants. Si un assemblage est composé de plusieurs matériaux ayant des coefficients de dilatation thermique différents, ces contraintes seront proportionnelles à l'écart entre la température appliquée et celle qui a été appliquée à l'assemblage lorsqu'il a été assemblé. Indépendamment de la vitesse de variation de température, ces contraintes dépendent principalement de la plage de températures du cycle.

la plage de températures est donc un des paramètres généraux de détermination de la contrainte.

b) vitesse de variation de température

supposons qu'un assemblage soit constitué de plusieurs composants de tailles et de formes différentes, donc de constantes de temps thermiques différentes (produit de la capacité calorifique par la résistance thermique à la température ambiante). Si cet assemblage est exposé à une variation de température, il se produira un retard de la variation de température proportionnel à la constante de temps (égal au produit de la constante de temps par la vitesse de variation de la température). Cela provoquera des gradients de température et des contraintes qui dépendent principalement de la vitesse de variation de la température, qui existent même si les coefficients de dilatation thermique des différents composants sont égaux.

si les composants à risques sont petits, une vitesse élevée de variation de la température est particulièrement élevée. Dans ce cas, afin de pouvoir utiliser une vitesse élevée de variation de température, il est nécessaire que la vitesse de l'air dans l'enceinte soit elle-même élevée.

la vitesse de variation de température constitue également un paramètre général qui détermine la contrainte, car elle fixe en partie le nombre de cycles par unité de temps.

c) durée des paliers de température

le rôle de la durée des paliers consiste principalement à permettre aux composants des assemblages ayant une constante de temps thermique élevée d'atteindre les températures extrêmes de la plage.

si les composants à risques sont de grande taille, il est tout particulièrement important que la durée des paliers soit suffisante.

la durée des paliers de température est également un paramètre général qui détermine la contrainte, car elle fixe en partie le nombre de cycles par unité de temps.

### B.2.2 Effets

Comme exemples d'effets des cycles de température associés à des mécanismes de défaillance, on peut citer la liste non exhaustive suivante:

- creusement de microfissures de formes diverses dans les revêtements, dans les matériaux ou dans les fils de connexion;
- desserrage de joints mal collés;
- desserrage de joints mal rivetés ou mal boulonnés;
- desserrage de joints à ajustement serré à une tension mécanique insuffisante;
- augmentation de la résistance de contact de mauvaises brasures, voire établissement de circuits ouverts.

Generally, the problems related to the choice of a suitable temperature reference point are fewer for chambers with high air velocity.

a) temperature range

temperature cycling produces mechanical stresses inside the assemblies and the components of the assemblies. If an assembly is made of different materials with different thermal expansion coefficients, these stresses are proportional to the deviation of temperature that occurs from the time when the assembly was amassed. Independently of the rate of temperature change, these stresses depend mainly on the temperature range.

the temperature range is therefore a general stress determining parameter.

b) rate of change of temperature

if the assembly is made of components with different size and shape, they will have different thermal time constants (the product of heat capacity and thermal resistance to the ambient temperature). Exposed to a changing temperature, there will be a temperature lag proportional to the time constant (the product of time constant and rate of change of temperature). This will lead to temperature gradients and stresses, which depend mainly on the rate of change of temperature, independent of a possible equality of thermal expansion coefficients.

a high rate of change of temperature is particularly important if the rogue components are small. In order to utilize a high rate of change of temperature, it is necessary that the chamber air velocity is high.

the rate of change of temperature is also a general stress-determining parameter, because it partly determines the number of cycles per unit of time.

c) dwell time

the role of the dwell time is mainly to allow those components of the assemblies having a large thermal time constant to reach the extreme temperatures of the range.

a sufficient dwell time is particularly important if the rogue components are physically large.

the dwell time is also a general stress determining parameter, because it partly determines the number of cycles per unit of time.

### B.2.2 Effects

The effects of temperature cycling in combination with possible failure mechanisms include, but are not limited, to the following:

- deepening of all sorts of microcracks in coatings, materials or leads;
- loosening of imperfectly glued joints;
- loosening of incorrectly bolted or riveted joints;
- loosening of press-fit joints with insufficient mechanical tension;
- developing badly soldered joints into increased contact resistance or open circuits.

### B.2.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés

La température basse peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

–55 °C; –40 °C; –25 °C; –10 °C; +5 °C et +25 °C.

La température haute peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

40 °C; 55 °C; 70 °C et 85 °C.

La vitesse de variation de température peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

5 °C/min; 10 °C/min; 15 °C/min et 20 °C/min<sup>1)</sup>.

La durée des paliers peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

0,5 h; 1,5 h; 3 h.

La vitesse de l'air a un effet important mais, dans le cas général, il n'est pas possible dans les enceintes d'essai classiques d'imposer une valeur choisie. Il est cependant important de s'assurer, lorsque les assemblages sont dans l'enceinte d'essai, que la vitesse de l'air est aussi uniforme que possible dans la partie de l'enceinte que l'on utilise. Il est également important d'observer la direction des flux d'air, étant donné qu'un petit composant peut être plus ou moins à l'abri des filets d'air derrière de plus gros composants: cela affecte considérablement la résistance thermique entre le petit composant et l'air ambiant et, par conséquent, sa constante de temps thermique.

Les méthodes d'application de contrainte de température cyclique sont décrites dans la CEI 60068-2-14.

---

<sup>1</sup> La mise en œuvre des vitesses de 15 °C/min et de 20 °C/min peut s'avérer coûteuse, sauf dans le cas d'un déverminage très accéléré.

### B.2.3 Commonly used stress levels

The lower temperature may be selected from the following temperature values:

–55 °C; –40 °C; –25 °C; –10 °C; +5 °C and +25 °C.

The upper temperature may be selected from the following temperature values:

40 °C; 55 °C; 70 °C and 85 °C.

The rate of temperature change may be selected from the following values:

5 °C/min; 10 °C/min; 15 °C/min and 20 °C/min<sup>1)</sup>.

The dwell time may be selected from the following values:

0,5 h; 1,5 h; 3 h.

The air velocity has an important influence, but normally it is not possible to set a selected value on conventional test chambers. It is important, however, in the arrangement of the assemblies in the test chamber to observe that, as far as possible, the air velocity be constant over the used part of the chamber volume. It is also important to observe the direction of the airstream, because a small component may be more or less sheltered from the airstream by larger components, which will largely influence the thermal resistance from the component to ambient temperature, and thus its thermal time constant.

Methods for temperature cycling stress application are described in IEC 60068-2-14.

---

<sup>1</sup> 15 °C/min and 20 °C/min may be costly to realize except in highly accelerated stress screening.

## Annexe C (informative)

### Conditions de contraintes – Vibrations et secousses

#### C.1 Vibrations sinusoïdales à fréquence fixe

##### C.1.1 Définition du niveau de contrainte

Dans une épreuve de contrainte par vibrations, les forces d'excitation sont appliquées à l'assemblage par l'intermédiaire d'un ou de plusieurs points de fixation. Les paramètres principaux caractéristiques sont constitués par l'accélération de crête et par la fréquence. Les forces sont modifiées le long du chemin de leur transmission. Cette modification peut atténuer ou amplifier l'accélération. On caractérise cette modification par le facteur d'amplification  $Q$ ;  $Q$  est le rapport entre la valeur réelle de l'accélération et celle de l'excitation (pour une définition de  $Q$ , voir l'ISO 2041).

Les assemblages ont, en pratique, une ou plusieurs fréquences de résonance. Lorsque la fréquence de vibration coïncide avec une des fréquences,  $Q$  sera généralement compris entre 5 et 20, en fonction de l'amortissement interne de l'assemblage.

La valeur exacte de la fréquence de vibrations forcées est critique lorsque la résonance se produit avec un facteur  $Q$  élevé. La fréquence de résonance peut changer au cours des vibrations par suite de modifications de l'amortissement (friction et élasticité).

Un autre paramètre important est la direction de la vibration dans les trois dimensions et l'orientation de cette direction par rapport à la pesanteur.

Sous l'effet des vibrations appliquées, les composants dont la masse est grande par rapport à la rigidité de leur fixation peuvent prendre de grandes amplitudes de mouvement. Ils peuvent alors heurter des objets voisins.

Les composants dont la masse est petite par rapport à leur rigidité (par exemple petits composants montés de façon rigide) auront, par contre, une faible amplitude de mouvement. Ils peuvent cependant être endommagés du fait du mouvement relatif de leurs points de fixation. Les mouvements peuvent être modifiés en fonction du mode de vibration prédominant à la fréquence considérée (direction et harmoniques). La direction, par exemple, ne dépend pas uniquement de la direction du mouvement d'excitation, mais également de la réponse réelle dans les différentes directions et aux différentes fréquences harmoniques de la fréquence d'excitation. Pour cette raison, les brasures des composants sont souvent des points critiques à considérer, par exemple, points de fixation des composants sur une carte imprimée. Les forces périodiques appliquées produisent des cycles de charge et de relâchement proportionnels à la fréquence de vibration et à la durée.

Le composant à risques d'un assemblage peut être exposé à la contrainte voulue grâce au choix judicieux de la fréquence, du point (ou des points) de fixation, ainsi que de la direction de l'accélération appliquée à l'assemblage.

Les composants sensibles d'un assemblage peuvent être protégés grâce au choix de la fréquence de vibration éloignée des fréquences de résonance de ces composants ainsi qu'au choix d'une direction de l'accélération qui minimise leur vibration propre. Par ailleurs, à la fréquence choisie, il convient que les modes de vibration des composants sensibles sollicitent le moins possible ces composants ainsi que leur fixation.

## Annex C (informative)

### Stress conditions – Vibration and bump

#### C.1 Fixed frequency sinusoidal vibration

##### C.1.1 Definition of stress level

In a vibration stress conditioning test, the forces of excitation are applied to the assembly through the point/points of fixation. The primary parameters of characterization are the peak acceleration and the frequency. The forces are modified through the transmission path and this modification may cause an attenuation or an increase of the acceleration. This modification is characterized by the multiplication factor,  $Q$ ;  $Q$  being the ratio between the actual acceleration and the input-exciting acceleration (for a definition of  $Q$  see ISO 2041).

In practice, assemblies have one or more natural resonance frequencies. When the vibration frequency coincides with one of the natural frequencies,  $Q$  will typically be in the range of 5 to 20, depending on the internal damping of the assembly.

The presence of a high  $Q$  resonance makes the exact frequency of the imposed vibrations critical. The resonance frequency may change during the vibration due to changes in damping (friction and elasticity).

Another conditioning parameter is the direction of vibration in three-dimensional space, and the orientation of that direction relative to the direction of gravity.

The applied vibration may cause components that are heavy in proportion to their rigidity to move with a high amplitude. This movement may cause collision with neighbouring objects.

Components that have low mass in proportion to their rigidity (for example rigidly mounted small components) will, on the other hand, have a small amplitude. They may, however, be damaged through the relative movement of their points of fixation. The movements may change, depending on the mode of vibration (direction and harmonics) that is predominant at the actual frequency. The direction, for example, is not only given by the direction of excitation, but also by actual compliance, in different directions at different harmonics of the excitation frequency. For that reason, the joints between the components are often the points of interest, for example the fixation points of components to a printed circuit board. The periodically acting forces create a number of load and relaxation cycles proportional to the vibration frequency and the duration.

A rogue component in an assembly may be exposed to the intended stress by carefully selecting the frequency, the point/points of fixation, and the direction of the acceleration applied to the assembly.

Sensitive components of an assembly may be protected by choosing a vibration frequency far from their resonance frequencies, choosing a direction of the acceleration that minimizes their vibration, and choosing a frequency that causes a vibration mode with low stress at the components and their mountings.

On verra que la sévérité des conditions de vibrations à fréquence fixe dépend de nombreux paramètres et qu'elle est donc difficile à maîtriser. Cependant, la vibration sinusoïdale à fréquence fixe est recommandée dans certains cas particuliers, par exemple s'il y a un seul type de composant à risques et si la fréquence de vibration peut être ajustée à la fréquence de résonance de ce type de composant et exercer ainsi des contraintes sur les défauts probables.

Il convient d'envisager un déverminage par vibrations sinusoïdales à fréquence fixe lorsque le produit fini est appelé à supporter des vibrations à une fréquence dominante pendant son utilisation véritable. C'est le cas, par exemple, d'un équipement monté sur une machine tournante à vitesse de rotation constante. Il convient, toutefois, avant tout de s'assurer de l'aptitude de ce type de contrainte à transformer les défauts probables en défaillances (voir C.1.2).

### C.1.2 Effets des vibrations sinusoïdales à fréquence fixe

Comme exemples d'effets de vibrations associés à d'éventuels défauts et à des mécanismes de défaillances, on peut citer la liste non exhaustive suivante:

- fatigue dans certaines structures, câblages ou connexions de composants. C'est le cas, notamment, lorsqu'il existe des défauts tels qu'entaillages de fils, microfissures ou défauts similaires;
- usure de fils de câblage, par exemple lorsqu'un câblage desserré porte sur une arête vive;
- desserrage de joints mal vissés;
- déconnexion de circuits intégrés mal montés sur leur support;
- forte contrainte appliquée sur des barres-bus et sur leurs brasures sur une carte imprimée, entraînant des défaillances des brasures fragiles;
- rupture de fils de connexion insuffisamment soutenus s'ils relient des pièces ayant un certain mouvement relatif, par exemple, diodes électroluminescentes montées sur une face avant, ou transistors de puissance montés sur des dissipateurs thermiques fixés sur une face arrière et connectés à des cartes imprimées;
- fissures de matériaux d'isolation fragiles, détériorés ou mal montés.

### C.1.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés

L'accélération peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

1 m/s<sup>2</sup>; 2 m/s<sup>2</sup>; 5 m/s<sup>2</sup>; 10 m/s<sup>2</sup>; 20 m/s<sup>2</sup>; 30 m/s<sup>2</sup>; 50 m/s<sup>2</sup>; 100 m/s<sup>2</sup>;  
150 m/s<sup>2</sup>; 200 m/s<sup>2</sup>; 300 m/s<sup>2</sup>; 500 m/s<sup>2</sup>.

L'amplitude (déplacement maximal) peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

- pour les fréquences inférieures à 9 Hz: 7,5 mm; 10 mm; 15 mm;
- pour les fréquences inférieures à 62 Hz: 0,035 mm; 0,075 mm; 0,15 mm; 0,35 mm;  
0,75 mm; 1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm; 3,5 mm.

Il est important de bien choisir le ou les points de fixation, la ou les directions de la vibration et son orientation par rapport à la pesanteur. Ces conditions sont toutefois spécifiques aux assemblages et il n'est pas possible de donner de recommandations générales pour ces choix.

Les méthodes d'application de contrainte de vibrations sinusoïdales à fréquence fixe sont décrites dans la CEI 60068-2-6.

It will be seen that the severity of a fixed frequency vibration condition depends on many parameters and is difficult to control. Fixed frequency sinusoidal vibration is, however, recommended in special cases, for example if there is one kind of rogue component, and the vibration frequency can be adjusted to the resonance frequency of that kind of component, and in that way, stress the probable flaws.

A fixed frequency sinusoidal vibration screening should also be considered where the final product will experience a dominant vibration frequency in actual use, for example an equipment mounted on rotating machinery with a fixed velocity of rotation. This consideration should, however, primarily include an evaluation of the ability of that kind of stress condition to develop the probable flaws into failures (see C.1.2).

### **C.1.2 Effects of fixed frequency sinusoidal vibration**

Effects of vibration in combination with possible flaws and failure mechanisms include, but are not limited to the following:

- fatigue in structural parts, wiring or component leads, especially such flaws as nicked wires, micro-cracks and similar;
- wear of cabling, for example at sharp edges of loose cable ties;
- loosening of screw joints not properly made;
- ICs, not properly mounted, worked loose from their sockets;
- high stress on bus-bars and their solderings to the circuit board, causing weak soldering to fail;
- break of insufficiently relieved component leads bridging parts with relative motion, e.g. front panel LEDs or power transistors on back panel heatsinks connected to circuit boards;
- cracks in damaged or improperly mounted brittle insulation material.

### **C.1.3 Commonly used stress levels**

The acceleration may be selected from the following values:

1 m/s<sup>2</sup>; 2 m/s<sup>2</sup>; 5 m/s<sup>2</sup>; 10 m/s<sup>2</sup>; 20 m/s<sup>2</sup>; 30 m/s<sup>2</sup>; 50 m/s<sup>2</sup>; 100 m/s<sup>2</sup>;  
150 m/s<sup>2</sup>; 200 m/s<sup>2</sup>; 300 m/s<sup>2</sup>; 500 m/s<sup>2</sup>.

The amplitude (maximum displacement) may be selected from the following values:

- for frequencies below 9 Hz: 7,5 mm; 10 mm; 15 mm;
- for frequencies below 62 Hz: 0,035 mm; 0,075 mm; 0,15 mm; 0,35 mm; 0,75 mm;  
1,0 mm; 1,5 mm; 2,0 mm; 3,5 mm.

The selection of point/points of fixation, direction/directions of vibration and orientation concerning the direction of gravity is important. The choice of these conditions, however, is specific to the assemblies, and general recommendations cannot be given.

Methods for fixed frequency sinusoidal vibration stress application are described in IEC 60068-2-6.

## C.2 Vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence

### C.2.1 Définition du niveau de contrainte

De même que pour la fréquence fixe, les paramètres principaux sont constitués par l'accélération de crête et par la fréquence qui sont en l'occurrence variables. Dans le cas de fréquences plus élevées, cela suffit pour caractériser la contrainte mais, dans le cas de basses fréquences, une fixation de l'accélération peut entraîner une trop grande amplitude qui n'est pas réaliste. Pour cette raison, on spécifie une fréquence de transfert en dessous de laquelle l'amplitude est une valeur constante stipulée. Ainsi, le niveau de contrainte d'une épreuve de vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence est caractérisé par les grandeurs suivantes:

- la fréquence minimale et la fréquence maximale de vibrations;
- l'amplitude des vibrations pour les fréquences inférieures à la fréquence de transfert;
- l'accélération au-dessus de cette fréquence;
- la vitesse de balayage (en octaves par minute).

Dans un déverminage à balayage de fréquence, le balayage peut recouvrir les fréquences de résonance d'un certain nombre de composants à risques mais, en contrepartie, il est plus difficile d'éviter des fréquences de résonance de composants sensibles n'appartenant pas à la classe des composants à risques. Les indications qui ont été données pour les vibrations sinusoïdales à fréquence fixe s'appliquent également ici. Le balayage sinusoïdal excitera les composants successivement chaque fois que leur fréquence de résonance est atteinte. Ce qui peut provoquer des collisions entre ces composants et ce qui les entoure.

Il convient d'envisager un déverminage à vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence lorsque le produit fini est appelé à subir une série de fréquences de vibrations dominantes pendant son utilisation réelle, par exemple dans le cas d'un équipement monté sur une machine tournante avec une vitesse de rotation variable. Toutefois, lorsqu'on envisage cette possibilité, il convient avant tout de s'assurer que ce type de contrainte est apte à transformer les défauts possibles en défaillances (voir C.2.2).

### C.2.2 Effets des vibrations à balayage de fréquence

Les effets des vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence sont les mêmes que ceux des vibrations sinusoïdales à fréquence fixe (voir C.1.2).

### C.2.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés

La plage de fréquences peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

10 Hz à 55 Hz; 10 Hz à 150 Hz; 10 Hz à 500 Hz; 10 Hz à 2 000 Hz; 10 Hz à 5 000 Hz;  
55 Hz à 500 Hz; 55 Hz à 2 000 Hz; 55 Hz à 5 000 Hz; 100 Hz à 2 000 Hz.

Accélération pour une fréquence de transfert de 8 Hz à 9 Hz <sup>2)</sup>:

1 m/s<sup>2</sup>; 2 m/s<sup>2</sup>; 5 m/s<sup>2</sup>; 10 m/s<sup>2</sup>; 20 m/s<sup>2</sup>; 30 m/s<sup>2</sup>; 50 m/s<sup>2</sup>.

L'amplitude et l'accélération à une fréquence de transfert de 57 Hz à 62 Hz peuvent être choisies parmi les valeurs suivantes:

0,035 mm – 5 m/s<sup>2</sup>;    0,075 mm – 10 m/s<sup>2</sup>;    0,15 mm – 20 m/s<sup>2</sup>;  
0,35 mm – 50 m/s<sup>2</sup>;    0,75 mm – 100 m/s<sup>2</sup>;    1,0 mm – 150 m/s<sup>2</sup>;  
1,5 mm – 200 m/s<sup>2</sup>;    2,0 mm – 300 m/s<sup>2</sup>;    3,5 mm – 500 m/s<sup>2</sup>.

<sup>2)</sup> Les amplitudes ne sont pas données, car toutes les fréquences sont au-dessus de la fréquence de transfert.

## C.2 Swept frequency sinusoidal vibration

### C.2.1 Definition of stress level

As for fixed frequency, the primary parameters are peak acceleration and frequency, in this case variables. For higher frequencies, this is an adequate characterization, but for low frequencies, a fixed acceleration would cause an unrealistically high amplitude. For this reason, a cross-over frequency is specified, below which the amplitude is a stated constant value. The stress level of conditioning by swept frequency sinusoidal vibration is therefore characterized by the following:

- the minimum and the maximum frequency;
- the amplitude below a specified cross-over frequency;
- the acceleration above this frequency;
- the sweep-rate (octaves per minute).

In a swept frequency screening, the resonance frequencies of a number of rogue components may be covered; but at the same time, it is increasingly difficult to avoid resonance frequencies of sensitive components not belonging to the rogue component class. The factors mentioned for fixed frequency sinusoidal vibration also apply in this case. The sinusoidal sweep will excite the components in sequence as their resonance frequency is reached. This may cause collision with the surroundings.

A swept frequency sinusoidal vibration screening should be considered where the final product will experience a series of dominant vibration frequencies in actual use, for example for equipment mounted on rotating machinery with a varying velocity of rotation. This consideration should, however, primarily include an evaluation of the ability of this kind of stress condition to develop the probable flaws into failures (see C.2.2).

### C.2.2 Effects of swept frequency vibration

The effects of swept frequency sinusoidal vibration are the same as for fixed frequency sinusoidal vibration (see C.1.2).

### C.2.3 Commonly used stress levels

The frequency range may be selected from the following ranges:

10 Hz to 55 Hz; 10 Hz to 150 Hz; 10 Hz to 500 Hz; 10 Hz to 2 000 Hz; 10 Hz to 5 000 Hz;  
55 Hz to 500 Hz; 55 Hz to 2 000 Hz; 55 Hz to 5 000 Hz; 100 Hz to 2 000 Hz.

Acceleration at 8 Hz to 9 Hz cross-over <sup>2)</sup>:

1 m/s<sup>2</sup>; 2 m/s<sup>2</sup>; 5 m/s<sup>2</sup>; 10 m/s<sup>2</sup>; 20 m/s<sup>2</sup>; 30 m/s<sup>2</sup>; 50 m/s<sup>2</sup>.

The amplitude and acceleration at a cross-over frequency in the range 57 Hz to 62 Hz may be selected from the following values:

0,035 mm – 5 m/s <sup>2</sup> ;	0,075 mm – 10 m/s <sup>2</sup> ;	0,15 mm – 20 m/s <sup>2</sup> ;
0,35 mm – 50 m/s <sup>2</sup> ;	0,75 mm – 100 m/s <sup>2</sup> ;	1,0 mm – 150 m/s <sup>2</sup> ;
1,5 mm – 200 m/s <sup>2</sup> ;	2,0 mm – 300 m/s <sup>2</sup> ;	3,5 mm – 500 m/s <sup>2</sup> .

<sup>2)</sup> The amplitude is not listed, as all frequencies are above the cross-over frequency.

Une vitesse de balayage d'une octave par minute est recommandée.

Il est important de bien choisir le ou les points de fixation, la ou les directions de la vibration et son orientation par rapport à la pesanteur. Ces conditions sont toutefois spécifiques aux assemblages et il n'est pas possible de donner de recommandations générales pour ces choix.

Les méthodes d'application de contrainte de vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence sont décrites dans la CEI 60068-2-6.

### C.3 Vibrations aléatoires

NOTE La plupart des produits subissent des vibrations aléatoires pendant le fonctionnement et pendant le transport.

#### C.3.1 Définition du niveau de contrainte

Le niveau de contrainte de vibrations aléatoires est défini par la plage de fréquences et par la densité spectrale de l'accélération mesurée en  $m^2/s^3$ . Une valeur efficace peut être calculée à partir de la densité spectrale d'accélération.

Lors de vibrations aléatoires, l'assemblage subit des contraintes à plusieurs fréquences simultanément, de sorte que plusieurs fréquences de résonance peuvent, en pratique, être excitées en même temps. Cela veut dire que des composants voisins ayant des fréquences de résonance différentes peuvent se déplacer simultanément, de sorte que la probabilité de collision de composants montés correctement est accrue.

Les vibrations aléatoires pouvant exciter davantage de composants en même temps, on peut réduire la durée d'un déverminage par vibrations aléatoires au tiers ou au cinquième environ de la durée nécessaire pour un déverminage à vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence.

Dans le cas de vibrations aléatoires, on rencontre les mêmes difficultés qu'avec les vibrations sinusoïdales à balayage de fréquence dans le choix des fréquences qui exerceront des contraintes sur les composants à risques et non sur les composants sensibles. Il sera souvent utile d'adopter une forme de spectre à forte densité spectrale de l'accélération dans la plage de fréquences autour des résonances des composants à risques et à faible densité spectrale de l'accélération autour des résonances des composants sensibles qui ne doivent être exposés qu'à de faibles contraintes. La valeur efficace du spectre sera normalement comprise entre  $1 m/s^2$  et  $100 m/s^2$ .

Lorsque le produit fini est appelé à subir, pendant son utilisation, des vibrations de fréquences mélangées, sans fréquence dominante, un déverminage à vibrations aléatoires peut être pertinent au même titre qu'un déverminage à balayage de fréquence, comme mentionné en C.2.1.

Toutefois, un déverminage par vibrations aléatoires peut être pertinent, même si le produit n'est appelé à subir aucune vibration en cas d'utilisation véritable. Il convient en effet que l'évaluation des conditions d'application de vibrations aléatoires (ainsi que c'est le cas de n'importe quel type de contrainte) comprenne l'aptitude à transformer des défauts possibles en défaillances, quelle que soit la façon dont ces défauts se transforment en défaillances dans la vie réelle. Il est recommandé de ne pas attendre les résultats tardifs de types de contraintes réalistes s'il existe un raccourci approprié pour transformer *les mêmes défauts en défaillances* à l'aide de contraintes complètement différentes. Les vibrations aléatoires peuvent constituer cet autre type de contrainte, par exemple pour des défauts tels que les particules polluantes dans les boîtiers ou défauts tels que les brasures sèches.

The sweep rate should be one octave per minute.

The selection of point/points of fixation, direction/directions of vibration and orientation concerning the direction of gravity is important. The choice of these conditions, however, is specific to the assemblies, and general recommendations cannot be given.

Methods for swept frequency sinusoidal vibration stress application are described in IEC 60068-2-6.

### C.3 Random vibration

NOTE In operation and during transportation most products experience random vibrations.

#### C.3.1 Definition of stress level

The stress level of a random vibration is specified by the frequency range and the acceleration spectral density (ASD), measured in  $\text{m}^2/\text{s}^3$ . An r.m.s. value may be calculated from the ASD spectrum.

In random vibration, the assembly is stressed with different frequencies simultaneously, so that in practice more than one resonance frequency may be excited at the same time. This means that adjacent components with different resonance frequencies may move at the same time, and therefore the probability of collision of improperly mounted components is increased.

Since the random vibration can keep more components excited at the same time, the duration of a random screening may be reduced to approximately one-third to one-fifth of the duration required for a stress screening using swept frequency sinusoidal vibration.

A random vibration exhibits the same problems in selecting frequencies as a swept frequency sinusoidal vibration, which will stress the rogue components and not the sensitive components. It will often be appropriate to use a shaped spectrum with a high ASD level in the frequency range around the resonances of the rogue components, and a low ASD level around the resonances of sensitive components intended to be kept at low stress. The r.m.s. value of the spectrum will normally be between  $1 \text{ m/s}^2$  and  $100 \text{ m/s}^2$ .

Where the final product experiences a mixed frequency spectrum with no predominant frequency during operation, random vibration screening may be relevant to the same degree as swept frequency screening was relevant, as mentioned in C.2.1.

Random vibration screening may be relevant, however, even if the product does not experience any vibration during actual use. This is because the evaluation of the applicability of random vibration (as for any stress type) should include its ability to develop probable flaws into failures, independently of how these flaws become failures in real life. The slow action of the realistic stress types should not be awaited if a suitable shortcut can be obtained, using a completely different stress type to precipitate *the same flaws into failures*. Random vibration may be such an alternative stress type, for example for flaws such as particle contamination in encapsulations, or "cold" solderings.

### C.3.2 Effets des vibrations aléatoires

Les effets des vibrations aléatoires sont les mêmes que ceux de vibrations sinusoïdales à fréquence fixe (voir C.1.2), mais avec des mécanismes de défaillances plus complexes et une vitesse d'apparition des défaillances trois à cinq fois plus grande. Cela est dû à l'interaction de nombreuses résonances excitées simultanément.

### C.3.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés

La plage de fréquences peut être choisie parmi les valeurs suivantes:

20 Hz à 150 Hz; 20 Hz à 500 Hz; 20 Hz à 2 000 Hz; 20 Hz à 5 000 Hz.

Le niveau de densité spectrale de l'accélération peut être choisi parmi les valeurs suivantes:

0,005 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,01 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,02 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,05 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,1 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,2 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>;  
0,5 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 1 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 2 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 5 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 10 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 20 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 50 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>.

Il est important de bien choisir la forme du spectre, le ou les points de fixation, la ou les directions de la vibration et son orientation par rapport à la pesanteur. Ces conditions sont toutefois spécifiques aux assemblages et il n'est pas possible de donner de recommandations générales pour ces choix.

Les méthodes d'application de contrainte de vibrations aléatoires sont décrites dans la CEI 60068-2-64.

## C.4 Secousses

NOTE La plupart des produits subissent des secousses pendant le transport.

### C.4.1 Définition du niveau de contrainte

Le niveau de contrainte des secousses est défini par l'accélération de crête de l'impulsion et par la durée de l'impulsion.

A l'instar des vibrations aléatoires, les secousses exciteront plus d'une fréquence de résonance à la fois. En effet, l'impulsion de secousse est assimilable à une oscillation semi-sinusoïdale qui peut être décomposée par l'analyse de Fourier en de nombreuses fréquences discrètes.

Les secousses ont une propriété que les vibrations n'ont pas: l'impulsion de secousse a une orientation propre. Un cycle de vibration complet peut déplacer une pièce puis la ramener à sa position initiale, alors qu'une secousse peut la mettre dans une nouvelle position. La secousse suivante peut accroître le déplacement. Pour de nombreuses autres raisons, les secousses ont des propriétés similaires aux vibrations aléatoires, mais pour un coût beaucoup plus faible.

Il convient d'envisager un déverminage par secousses lorsque le produit fini est appelé à subir des séries d'impulsions de secousses, ces secousses étant la principale contrainte d'environnement lors de son utilisation véritable. On peut l'adopter pour un matériel portatif et pour un matériel devant être transporté, par exemple, par chemin de fer. Cependant, il convient avant tout de s'assurer de l'aptitude de ce type de contrainte à transformer les défauts possibles en défaillances (voir C.4.2).

### C.3.2 Effects of random vibration

The effects of random vibration are the same as for fixed frequency sinusoidal vibration (see C.1.2), but with more complex failure mechanisms and three to five times faster progress in the development of failures. This is due to the interaction of many resonances activated simultaneously.

### C.3.3 Commonly used stress levels

The frequency range may be selected from the following ranges:

20 Hz to 150 Hz; 20 Hz to 500 Hz; 20 Hz to 2 000 Hz; 20 Hz to 5 000 Hz.

The ASD level may be selected from the following values:

0,005 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,01 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,02 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,05 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,1 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 0,2 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>;  
0,5 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 1 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 2 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 5 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 10 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 20 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>; 50 m<sup>2</sup>/s<sup>3</sup>.

Shaping of the spectrum, selection of point/points of fixation, direction/directions of vibration and orientation concerning the direction of gravity are important. The choice of these conditions, however, is specific to the assemblies, and general recommendations cannot be given.

Methods for random vibration stress application are described in IEC 60068-2-64.

## C.4 Bump

NOTE Most products experience bumps during transportation.

### C.4.1 Definition of stress level

For bumps, the stress level is characterized by the pulse peak acceleration and the pulse duration.

As with a random vibration, bumps will excite more than one resonance frequency at the same time. The bump pulse is approximately a half-sine oscillation that, through Fourier analysis, may be resolved into a large number of discrete frequencies.

Bump conditioning claims one property that vibration conditioning does not: the bump pulse has a specific direction. Whereas a complete vibration cycle may move a part out of position and back again, a bump may leave it in a new position. The next bump may further add to the movement. In many other senses, bump conditioning has similar properties to random vibration, but is much cheaper.

A bump screening should be considered where the final product experiences an environment with a series of bump impulses as a predominant factor in actual use. This may apply to portable equipment, and to other equipment exposed to transport, for example by rail. This consideration should, however, primarily include an evaluation of the ability of this kind of stress condition to develop the probable flaws into failures (see C.4.2).

#### **C.4.2 Effets des secousses**

Les effets des secousses sont presque les mêmes que ceux des vibrations aléatoires (voir C.3.2). Cependant, les effets suivants sont propres aux secousses:

- mouvement dans une direction de composants fixés par friction (par exemple transformateurs vissés sur une embase);
- dérèglages (par exemple, potentiomètres);
- mouvement de couvercles à charnière, de portes, etc., leur mouvement peut alors être bloqué (par exemple, par desserrage de vis);
- déconnexion de connecteurs.

#### **C.4.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés**

Les niveaux de contrainte sont définis par une combinaison de l'accélération de crête et de la durée d'impulsion et il peuvent être choisis parmi les valeurs suivantes:

100 m/s<sup>2</sup> – 16 ms; 150 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 250 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 400 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 1 000 m/s<sup>2</sup> – 2 ms

Il est important de bien choisir le ou les point(s) de fixation, la ou les direction(s) de l'impulsion de secousse et de son orientation par rapport à la pesanteur. Ces conditions sont toutefois spécifiques aux assemblages et il n'est pas possible de donner de recommandations générales pour ces choix.

Les méthodes d'application de contrainte de secousses sont décrites dans la CEI 60068-2-29.

#### **C.4.2 Effects of bumps**

The effects of bump conditioning are almost the same as those of random vibration (see C.3.2). However, the following effects apply only to bump conditioning:

- movement in one direction of components that are fixed by friction (for example transformers screwed to base plate);
- change of adjustment (for example potentiometers);
- movement of hinged lids, doors, etc. causing blocked movement (for example caused by loose screws);
- movements of connectors out of contact.

#### **C.4.3 Commonly used stress levels**

The stress levels are defined as a combination of peak acceleration and pulse duration, as follows:

100 m/s<sup>2</sup> – 16 ms; 150 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 250 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 400 m/s<sup>2</sup> – 6 ms; 1 000 m/s<sup>2</sup> – 2 ms

Selection of point/points of fixation, direction/directions of the bump pulse, and orientation concerning the direction of gravity are important. The choice of these conditions, however, is specific to the assemblies and general recommendations cannot be given.

Methods for bump stress application are described in IEC 60068-2-29.

## Annexe D (informative)

### Conditions de contraintes – Humidité

#### D.1 Humidité élevée constante et température

##### D.1.1 Définition du niveau de contrainte

Le niveau de contrainte est défini par la teneur en eau dans l'air et par la température de l'assemblage sous contraintes. Le chauffage de l'assemblage en conditions d'humidité faible peut éliminer l'effet d'une condition d'humidité précédente. En particulier, ceLA peut se produire si l'assemblage dissipe de la chaleur pendant l'exposition à l'humidité.

Lorsque l'assemblage ne dissipe pas de chaleur, les deux paramètres dépendent uniquement de l'environnement. En pratique, les caractéristiques couramment utilisées sont la température de l'air de l'enceinte et le taux d'humidité relative, mais l'humidité absolue peut également être utilisée.

Lorsque l'assemblage dissipe de la chaleur, la répartition de la température ne sera pas uniforme (voir B.1.1). Pour cette raison, la répartition du taux d'humidité relative ne sera pas uniforme non plus. De façon empirique, on peut retenir que l'écart sera d'environ 5 % pour une différence de température de 1 °C.

En pratique, on peut généralement négliger cet effet, étant donné qu'un dépassement de température sur un composant aura pour conséquence un séchage de l'eau. Il n'est donc pas important de bien définir les conditions de contrainte d'humidité sur les parties de dissipation de chaleur d'un assemblage, puisque cette combinaison ne risque pas de transformer des défauts en défaillances<sup>3</sup>.

La température de l'air de l'enceinte et l'humidité relative sont donc des caractéristiques convenables pour définir la condition de contrainte dans tous les cas.

##### D.1.2 Effets de la chaleur humide

Les effets de l'humidité sur des dispositifs électriques et électroniques sont triples:

- Absorption superficielle

Ce phénomène apparaît de façon évidente lorsqu'il est associé à des défauts liés à la contamination de la surface. Par exemple, le chlorure de sodium d'une empreinte digitale peut déclencher la formation d'un film d'eau en phase liquide, même si le taux d'humidité relative de l'air environnant n'est que de 75 %. Les défaillances risquent de se produire en quelques heures si la fonction de l'assemblage exige une forte résistance superficielle. Les défaillances risquent de survenir en quelques jours si la corrosion est le mécanisme en question, par exemple, par suite de la formation de produits provenant de la corrosion ou par le ternissement de surfaces métalliques polies.

---

<sup>3</sup> La dissipation de chaleur peut toutefois entraîner d'autres difficultés. On peut chercher à imposer une contrainte sur une partie non dissipative de chaleur d'un assemblage, mais la dissipation de chaleur par d'autres parties de l'assemblage peut charger l'enceinte et empêcher que la condition de contrainte voulue ne soit réalisée.

## **Annex D** (informative)

### **Stress conditions – Humidity**

#### **D.1 Constant high humidity and temperature**

##### **D.1.1 Definition of stress level**

The stress level is defined by the water content in the air, and the temperature of the assembly under stress. A subsequent heating of the assembly under low humidity conditions may eliminate the effect of a previous humidity condition. This may, in particular, be the case if the assembly is heat dissipating during the humidity condition.

Where the assembly is not heat dissipating, both parameters depend on the environment only. In practice, the commonly used characteristics are chamber air temperature and relative humidity, but absolute humidity may be used as well.

Where the assembly is heat dissipating, the temperature distribution is not uniform (see B.1.1). For that reason, the distribution of relative humidity will also not be uniform. As a rule of thumb, the deviation will be around 5 % for 1 °C of temperature difference.

This situation can generally be neglected in practice, since the over-temperature of a component will bring about a drying out of water. It is, therefore, not important for the humidity stress conditions to be well defined on heat-dissipating parts of an assembly as this combination is not likely to precipitate any flaws into failures <sup>3)</sup>.

Chamber air temperature and relative humidity are, therefore, suitable characteristics for defining the stress condition in all cases.

##### **D.1.2 Effects of damp heat**

Humidity acts on electrical and electronic assemblies in three ways:

- Surface absorption

This is evident in connection with flaws related to contamination of the surface. As an example, the sodium chloride of a fingerprint can initiate development of a film of liquid water already at 75 % r.h. of the surrounding air. Failures are likely to occur within a few hours if the function of the assembly requires a high surface resistance. If corrosion is the relevant mechanism, failures are likely to occur within a few days, for example due to formation of corrosion products, or discolouring of bright metal surfaces.

---

<sup>3</sup> Heat-dissipation may cause other problems, however. It may be the intention to impose stress on a non-heat-dissipating part of an assembly, but heat dissipation by other parts of the assembly may load the chamber, so that the intended stress condition cannot be obtained.

- Condensation par capillarité

Ce phénomène apparaît de façon évidente lorsqu'il est associé à des défauts constitués par des craquelures, des fissures et des pores. Des défaillances risquent de se produire si l'eau peut ainsi pénétrer dans des couches de revêtements protecteurs et réagir avec les matériaux qui auraient dû être protégés. Ce mécanisme est également assez rapide, de quelques heures à quelques jours.

- Diffusion en volume

En principe, ce mécanisme n'est généralement pas associé à des défauts et il faut rarement en tenir compte. Il est généralement lent, de plusieurs jours à quelques mois.

### D.1.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés

On peut choisir les niveaux de contraintes parmi les valeurs suivantes:

- température: 30 °C; 40 °C; 55 °C; 70 °C; 85 °C
- humidité relative: 85 % , 93 % 4)

Les méthodes d'application de contrainte de secousses de chaleur humide constante sont décrites dans la CEI 60068-2-78.

## D.2 Humidité élevée et cycles de température

### D.2.1 Définition du niveau de contrainte

La contrainte est très complexe et on ne peut pas la considérer comme une combinaison simple de cycles de température (voir B.2.1) et de chaleur humide constante (voir D.1.1). En effet, le chauffage ultérieur d'un assemblage en conditions d'humidité basse peut éliminer l'effet de hautes température et d'humidité appliquées au cours de la partie précédente du cycle. En particulier, cela peut se produire si l'assemblage dissipe de la chaleur pendant l'épreuve.

Afin de ne pas compliquer les résultats, il est recommandé de respecter les conditions suivantes:

- ménager une durée suffisamment longue pour les variations de température afin d'obtenir une répartition uniforme de la température et de l'humidité dans l'enceinte pendant les variations;
- ménager les durées des paliers aux températures maximale et minimale suffisamment longues afin d'obtenir un équilibre thermique entre les pièces de l'assemblage à faible et à grande constantes de durées thermiques.

Si ces conditions sont réalisées, l'épreuve est essentiellement fonction de la température supérieure, de la température inférieure, de la vitesse de variation de température et de l'humidité relative.

### D.2.2 Effets des cycles de température et d'humidité élevée

Un des effets des cycles de température et d'humidité élevée est la condensation de l'eau sur les surfaces externes de l'assemblage. Cela accroît la condensation capillaire mentionnée à D.1.2, mais ajoute également l'effet supplémentaire dû à la présence d'un film d'eau sur pratiquement la totalité de la surface de l'assemblage et pas uniquement dans les pores. Dans de nombreux cas, la présence de ce film d'eau exclura l'emploi de cycles de température et d'humidité élevée en tant que déverminage possible, si l'assemblage à déverminer n'a pas été conçu pour supporter un tel film.

---

4) CEI 60068-2-78 décrit un essai normalisé à 30 °C et 40 °C et 85 % et 93 % d'humidité relative.

- Capillary condensation

This is evident in connection with flaws composed of cracks, fissures, and pores. Failures are likely to occur if the water can penetrate the protective cover layers in this way, and act on materials that are intended to be protected. This mechanism is also rather fast, taking from some hours to a few days.

- Diffusion through bulk material

This is not normally related to possible flaws, and is scarcely relevant. The mechanism is generally slow, taking from several days to some months.

### D.1.3 Commonly used stress levels

Stress levels may be chosen from the following values:

- temperature: 30 °C; 40 °C; 55 °C; 70 °C; 85 °C
- relative humidity: 85 % , 93 % <sup>4)</sup>

Methods for constant damp heat stress application are described in IEC 60068-2-78.

## D.2 High humidity and temperature cycling

### D.2.1 Definition of stress level

Stress is very complex and cannot be considered as just a combination of temperature cycling and steady state humidity (see B.2.1 and D.1.1, respectively). A subsequent heating of the assembly under low humidity conditions may eliminate the effect of a previous high humidity and temperature cycling condition. This may, in particular, be the case if the assembly is heat dissipating during conditioning.

In order to keep things as simple as possible, the following provisions should be applied:

- the time for the temperature change should be long enough to facilitate a uniform distribution of temperature and humidity in the chamber during the change;
- the dwell times at the upper and lower temperature should be long enough to obtain thermal equilibrium between parts of the assembly with small and with large thermal time constants.

The conditioning then basically depends on the upper temperature, the lower temperature, the temperature rate of change and the relative humidity.

### D.2.2 Effects of high humidity and temperature cycling

One effect of high humidity and temperature cycling is condensation of water on the outer surfaces of the assembly. This enhances the capillary condensation mentioned in D.1.2, but adds the extra effect of a water layer over virtually the whole surface of the assembly, and not only in the pores. The water layer will, in many cases, exclude the use of high humidity and temperature cycling as a usable screening condition, if the assembly under screening is not designed to withstand such a water layer.

---

<sup>4)</sup> IEC 60068-2-78 describes a standardized test at 30 °C and 40 °C and 85 % and 93 % r.h.

L'effet le plus important de cycles de température est l'effet de «respiration». Cela veut dire que les dilatations et contractions répétées de l'air dues aux variations de température feront rentrer l'humidité dans les cavités de l'assemblage. Cette condition de contrainte est donc recommandée si on s'attend à des défauts sensibles à l'humidité (voir D.1.2) dans des cavités qui ne sont pas complètement étanches à l'air, ou si on prévoit des défauts du genre fuites dans les parois de cavités prévues pour être étanches.

### **D.2.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés**

On peut choisir les niveaux de contraintes parmi les valeurs suivantes:

température inférieure:	25 °C;
température supérieure:	40 °C; 55 °C;
humidité:	proche de la saturation;
vitesse de variation de température:	15 °C/h; 30 °C/h.

Les méthodes d'application de contrainte de cycles de chaleur humide sont décrites dans la CEI 60068-2-30.

The most important effect of the temperature cycling is "breathing". This means that the repeated expansion and contraction of air, due to the temperature changes, will bring humidity into hollow spaces in the assembly. This stress condition is therefore recommended, if flaws sensitive to humidity (see D.1.2) are expected to exist in spaces not completely airtight, or if the flaws expected are leaks in the walls of spaces intended to be airtight.

### **D.2.3 Commonly used stress levels**

Stress levels may be chosen from the following values:

- lower temperature: 25 °C;
- upper temperature: 40 °C; 55 °C
- humidity: close to saturation
- rate of temperature change: 15 °C/h; 30 °C/h.

Methods for cyclic damp heat stress application are described in IEC 60068-2-30.

## **Annexe E** (informative)

### **Conditions de contraintes – Contraintes de fonctionnement**

#### **E.1 Contraintes de fonctionnement constantes**

##### **E.1.1 Définition du niveau de contrainte**

Le niveau de contrainte est lié à la fonction spécifique de l'assemblage et à ses conditions de fonctionnement possibles. Il ne peut pas être généralement défini.

On peut choisir les conditions de fonctionnement et/ou d'alimentation générales de façon à appliquer des contraintes de fonctionnement à des groupes particuliers de composants dans un assemblage contenant des composants à risques. Ainsi, on peut caractériser convenablement la contrainte de fonctionnement par les paramètres de charge et d'alimentation pour les composants à risques, par exemple la tension de l'alimentation, la fréquence, la puissance de sortie, la tension de polarisation, la puissance utile, le couple, l'alimentation du système de refroidissement, etc.

La contrainte de fonctionnement constante est quelquefois utilisée comme supplément à la température haute constante: dans ce cas, il peut être utile de choisir la température de composants critiques pour caractériser le niveau de la contrainte (voir B.1.1).

##### **E.1.2 Effets**

Les effets de la contrainte de fonctionnement ne peuvent pas être définis de façon générale, car ils sont étroitement liés aux particularités de la conception et des fonctions de l'assemblage.

Lorsque la contrainte de fonctionnement constante est utilisée comme supplément à la haute température constante, il peut être utile de consulter la liste correspondante (voir B.1.2.).

Une tension de polarisation élevée peut provoquer des claquages diélectriques d'isolants partiellement endommagés.

##### **E.1.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés**

Non applicable.

#### **E.2 Contraintes de fonctionnement cyclique**

##### **E.2.1 Définition du niveau de contrainte**

La contrainte de fonctionnement cyclique conjointement avec la contrainte de cycles de température constitue la combinaison de contraintes la plus fréquemment utilisée. Les variations de puissance dissipée produisent des contraintes mécaniques dans les assemblages et dans leurs composants. La répartition des contraintes sera différente de celle que produisent des cycles de température.

Il peut y avoir plusieurs conditions différentes de contrainte de fonctionnement dans le cycle, chacune d'elles étant caractérisée par son propre jeu de paramètres de charges et de niveaux.

## **Annex E** (informative)

### **Stress conditions – Operational stress**

#### **E.1 Constant operational stress**

##### **E.1.1 Definition of stress level**

The stress level is related to the specific function of the assembly and its possible functional conditions. It cannot be defined generally.

The functional and/or supply condition may be chosen to impose operational stress on specific groups of components in an assembly incorporating the rogue components. The operational stress is then suitably characterized by load and supply parameters for the rogue components, for example power supply voltage, frequency, output power, bias voltage, fan-out, torque, supply of cooling medium, etc.

Constant operational stress is sometimes used as a supplement to constant high temperature, and it may then be suitable to use the temperature of the important components to characterize the stress level (see B.1.1).

##### **E.1.2 Effects**

The effects of operational stress cannot be given a general description because they are closely related to details of the design and the functions of the assembly.

For constant operational stress used as a supplement to constant high temperature, it may be suitable to consider the corresponding list (see B.1.2).

High bias voltage may cause dielectric breakdown of partly damaged insulation.

##### **E.1.3 Commonly used stress levels**

Not applicable.

#### **E.2 Operational stress cycling**

##### **E.2.1 Definition of stress level**

Operational stress cycling in combination with temperature cycling is the most commonly used stress combination. The varying power dissipation produces mechanical stresses inside the assemblies and the components of the assemblies. The stress distribution will be different from that produced by temperature cycling.

There may be several different operational stress conditions in the cycle, each characterized by its own set of load and supply parameters and levels.

La synchronisation du cycle de contraintes de fonctionnement est importante en elle-même. Dans le cas d'une combinaison avec le cycle de températures, la synchronisation mutuelle des deux cycles est tout particulièrement importante. Il est souvent possible d'obtenir une forte contrainte en démarrant le matériel à froid.

Les variations des paramètres électriques produisent des tensions et courants transitoires dans certaines parties des circuits électriques, par exemple courants d'arrivée.

### **E.2.2 Effets**

Les effets des cycles de contraintes de fonctionnement, lorsqu'ils sont associés à des défauts possibles, sont en principe les mêmes que ceux des cycles de températures (voir B.2.2). La différence provient du fait qu'avec les cycles de fonctionnement marche/arrêt, les contraintes sont localisées sur les parties de l'assemblage qui sont réellement chargées.

### **E.2.3 Niveaux de contraintes couramment utilisés**

Non applicable.

The timing of the operational stress cycle is important in itself. In combination with temperature cycling, the mutual timing of the two cycles is particularly important. A high stress can often be achieved by turning on the equipment while cold.

Changing electrical parameters produce voltage and current transients in particular parts of the electrical circuits, for example inrush currents.

### **E.2.2 Effects**

The effects of operational stress cycling in combination with possible flaws are, in principle, the same as the effects of temperature cycling (see B.2.2). The difference is that operational on/off cycling concentrates the stress around the parts of the assembly actually loaded.

### **E.2.3 Commonly used stress levels**

Not applicable.

## **Annexe F** (informative)

### **Contrainte de tension**

Il est possible de déverminer les assemblages en augmentant ou en réduisant la tension aux limites de la spécification (par exemple alimentation provenant du secteur). Dans le cas de matériel alimenté par batteries, la contrainte de tension est un facteur de contrainte très important. La tension peut passer par cycles entre les limites ou changer par paliers. Dans le cas d'alimentations à tension stabilisée, seule une partie mineure du circuit est affectée et des connaissances d'ingénierie sont nécessaires pour déterminer la façon de déverminer les circuits de manière appropriée. L'introduction de transitoires et d'intermittence périodique dans la tension d'alimentation peut augmenter la valeur de la contrainte.

## **Annex F** (informative)

### **Voltage stress**

The assemblies can be stressed by increasing or decreasing the voltage to the limit of the specification (for example the supply from the mains). For battery supplied equipment, voltage stress is a very important stress factor. The voltage can be cycled between the limits or changed in steps. In the case of stabilized voltage supplies, only a minor part of the circuit is affected, and engineering knowledge is needed to determine how the circuits can be stressed in an appropriate way. The stress can be further increased by introducing transients and periodic intermittency in the voltage supply.

## **Annexe G** (informative)

### **Déverminage à forte accélération**

Des niveaux de forte contrainte peuvent être utilisés pour réduire autant que possible le temps de déverminage sous contraintes, mais il est extrêmement important de ne pas dépasser les spécifications des composants à moins que l'équipe responsable n'en décide autrement. Dans le cas de produits de consommation, la décision peut être prise par le constructeur après considération des questions de sécurité et de réduction de durée de vie potentielle. S'il s'agit de matériel fourni sous contrat, il faut obtenir l'approbation du client et, le cas échéant, l'approbation des fournisseurs des composants avant de pouvoir commencer le déverminage sous contraintes.

Des contraintes combinées, par exemple une combinaison de variation de température, de vibrations ou de secousses constituent un facteur très efficace pour transformer les défauts en défaillances. Il convient que les limites opérationnelles des assemblages soient déterminées avant de commencer le déverminage sous contraintes à des niveaux de contrainte élevés; il faut d'autre part apporter la preuve, par exemple en répétant le cycle de déverminage sous contraintes de nombreuses fois, que les cycles de déverminage sous contraintes prévus réduisent la durée de vie des assemblages uniquement d'une quantité négligeable, même en cas de répétition de déverminage sous contraintes par suite de la réparation de défaillances effectuée.

Le choix d'un cycle de déverminage sous contraintes approprié, à niveaux de contrainte élevés, permet souvent de réduire en un seul cycle le nombre de cycles de déverminage sous contraintes sans défaillances requis.

La détermination des cycles requis est calculée selon la description de l'Annexe J.

## **Annex G** (informative)

### **Highly accelerated stress screening**

High stress levels can be used in order to reduce the RSS time as much as possible, however it is essential that the specifications of the components are not exceeded, unless decided by a management decision. For consumer products this decision can be taken by the manufacturer after potential safety issues and potential lifetime reduction have been considered. For equipment supplied under contract, approval from the customer and, if relevant, from the component suppliers, has to be obtained before the RSS is started.

Combined stresses, for example combined temperature change and vibration or bumps are especially efficient in precipitating flaws as failures. Before the RSS with high stress levels are started, the operational limits for the assemblies should be determined; proof should be provided, for example by repeating the RSS cycle several times, that the planned RSS cycles reduce the life time of the assemblies by only an insignificant amount, even with repeated RSS, due to the repair of precipitated failures.

By choosing an appropriate RSS cycle with high stress levels, the number of required fault free RSS cycles can often be reduced to one.

Determination of the required cycles is calculated as described in Annex J.

## Annexe H (informative)

### Distributions bimodales – Relevés expérimentaux sur graphe de Weibull et analyses

Lorsqu'on prépare des processus de déverminage, on peut assimiler à des distributions bimodales de Weibull les distributions des durées jusqu'à la première défaillance pour les systèmes et des durées jusqu'à défaillance pour les composants dans les conditions du déverminage sous contraintes. Pour plus d'informations sur la distribution de Weibull, se reporter à la CEI 61649.

La description mathématique en termes de fonction de distribution cumulée s'écrit alors:

$$F(t) = pF_1(t) + (1-p)F_2(t)$$

où

$t$  est la durée jusqu'à défaillance pour les composants non réparables et la durée jusqu'à la première défaillance pour les systèmes réparables;

$F_1(t)$  est la fonction de distribution cumulée qui décrit les durées jusqu'à défaillance (ou jusqu'à première défaillance) pour les assemblages fragiles;

$F_2(t)$  est la fonction de distribution cumulée qui décrit les durées jusqu'à défaillance (ou jusqu'à première défaillance) pour les assemblages sains;

$p$  est la proportion d'assemblages fragiles dans la population.

La mesure appropriée des assemblages fragiles est caractérisée par de petites valeurs de  $t$ , alors que celle des assemblages sains indique des valeurs de  $t$  nettement supérieures.

On assimile la description de  $F_1(t)$  et  $F_2(t)$  à une distribution de Weibull à deux paramètres:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1}}$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2}}$$

où

$\beta_1$  et  $\beta_2$  sont les facteurs de forme;

$\eta_1$  et  $\eta_2$  sont les durées de vie caractéristiques.

Une distribution bimodale de Weibull est illustrée sur le graphe de Weibull comme une courbe en S, plus ou moins prononcée selon l'écart entre les droites représentatives  $F_1(t)$  et  $F_2(t)$ . Un exemple est donné à la Figure H.1. S'il n'y a pas de changement de pente (courbe en S), le déverminage ne constitue pas une manière efficace de réduction du niveau de défaillance; il faut alors rechercher et éliminer la cause fondamentale des défaillances.

Toute faible différence entre la durée jusqu'à défaillance de la population fragile et de la population saine indique une usure précoce. Il est recommandé d'en rechercher la cause et de l'éliminer (par exemple erreur de construction, problèmes de processus ou problèmes de composants) avant d'effectuer le déverminage.

## Annex H (informative)

### Bimodal distributions – Weibull plotting and analysis

For the purpose of designing reliability screening processes, the distribution of times to first failure (TTFF), for systems and times to failure (TTF), for components under stress screening conditions can be approximated by bimodal Weibull distributions. For more information concerning Weibull distribution see IEC 61649.

The mathematical description in terms of the cumulative distribution function (c.d.f.), is given by:

$$F(t) = pF_1(t) + (1-p)F_2(t)$$

where

$t$  is the TTF in case of (non-repairable) components and the TTFF in case of repairable systems;

$F_1(t)$  is the c.d.f. describing the TTF/TTFF for weak assemblies;

$F_2(t)$  is the c.d.f. describing the TTF/TTFF for strong assemblies;

$p$  is the fraction of weak assemblies in the population.

The relevant measure of weak assemblies is characterized by small values of  $t$ , while strong assemblies normally exhibit much larger values of  $t$ .

For the description of  $F_1(t)$  and  $F_2(t)$ , the two-parameter Weibull distribution is used as follows:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta_1}\right)^{\beta_1}}$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta_2}\right)^{\beta_2}}$$

where

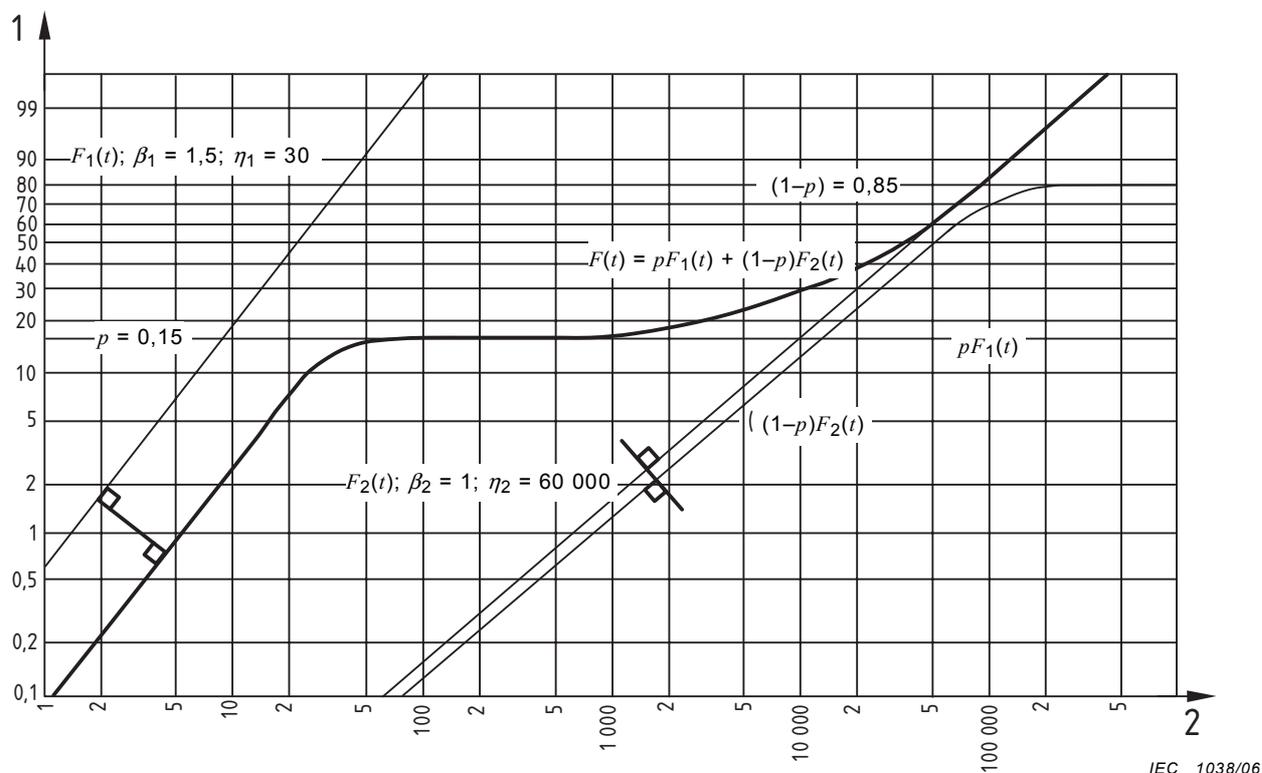
$\beta_1$  and  $\beta_2$  are the shape parameters;

$\eta_1$  and  $\eta_2$  are the characteristic lifetimes.

A bimodal Weibull distribution appears on Weibull graph paper as an S-curve, more or less pronounced, dependent on the separation of  $F_1(t)$  and  $F_2(t)$ . An example appears in Figure H.1. In cases where no levelling off (S-curve) appears, stress screening is not an efficient way to reduce the failure level, and the root cause of the failures have to be found and removed.

In cases where the difference between the TTF of the weak and the strong population is small, there is an indication of early wear out. The reason for this should be found and removed (e.g. design error, process problems or component problems) before stress screening is introduced.

La première partie du S a la même pente que  $F_1(t)$ . La partie intermédiaire forme un «plateau» où  $F_1(t)$  et  $F_2(t)$  sont mélangés. La dernière partie se rapproche de  $F_2(t)$  au fur et à mesure de l'accroissement de  $t$ .



**Légende**

- 1 fonction de distribution cumulée (% Weibull)
- 2  $t$  (unité de temps)

**Figure H.1 – Courbe en S d'une distribution bimodale de Weibull avec**

$F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{30}\right)^{1,5}}$  et  $F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{60\,000}\right)^1}$  dans des proportions de 15 % et 85 % respectivement

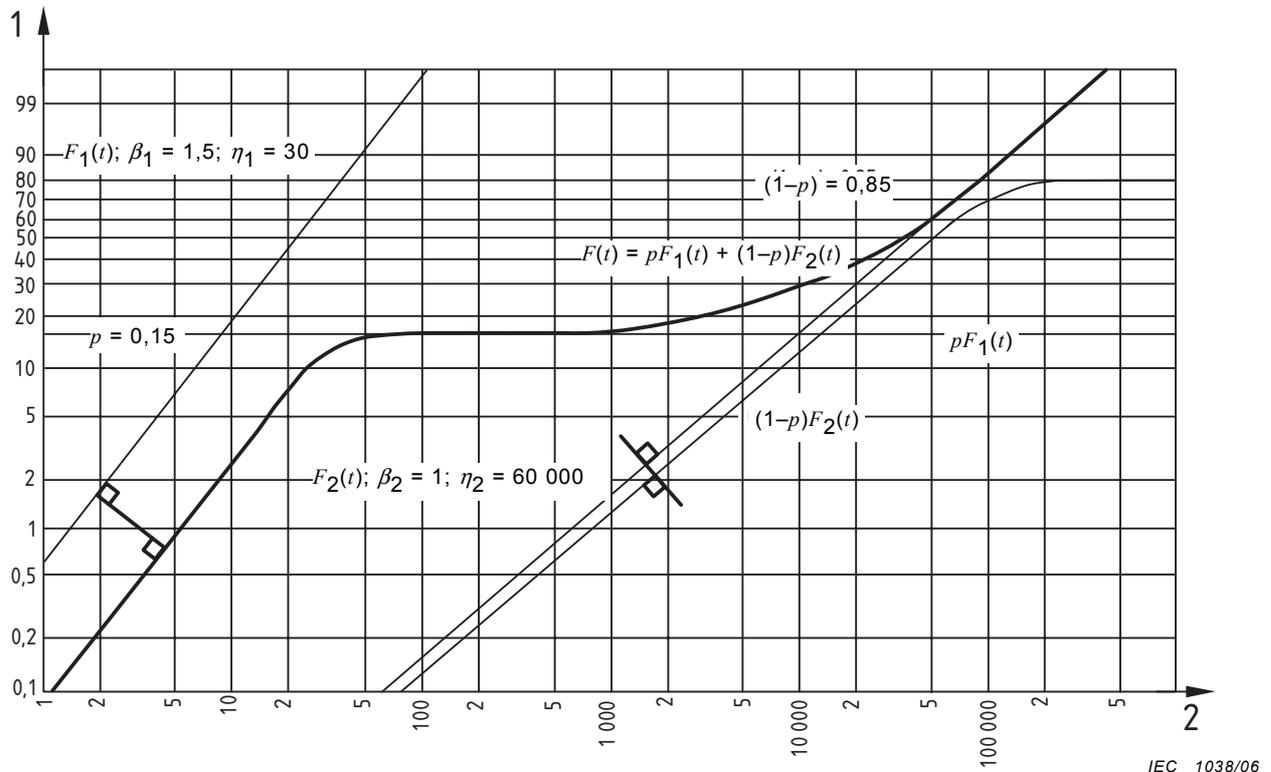
On porte sur le graphe de Weibull les valeurs expérimentales des durées jusqu'à défaillance (ou jusqu'à la première défaillance) provenant d'essais de durée d'un échantillon de  $n$  assemblages en utilisant la méthode bien connue du rang médian. Les valeurs des durées jusqu'à défaillance (ou jusqu'à la première défaillance) sont classées dans l'ordre croissant. On affecte à chaque défaillance un rang,  $i$ , commençant par 1 pour la première défaillance. Les rangs médians qui constituent une valeur estimée de la fonction de distribution cumulée sont calculés de la manière suivante:

$$\text{Rang médian } P_{50}(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \times 100 \text{ (en tant que pourcentage)}$$

où  $t_i$  est la durée jusqu'à défaillance (ou jusqu'à la première défaillance) pour la défaillance de rang  $i$  (se reporter à l'Annexe J pour un exemple d'application).

Lorsqu'on réduit le nombre d'assemblages en cours d'essai pour une raison quelconque (par exemple analyse des défaillances pertinentes uniquement), il convient que la méthode d'assemblages supprimés soit appliquée pour calculer le rang corrigé. Ce rang corrigé ne sera généralement pas un nombre entier. Pour chaque défaillance, on calcule l'écart entre rangs corrigés  $\Delta$  de la manière suivante:

The first part of the S has the same slope as  $F_1(t)$ . The middle part forms a "plateau", where  $F_1(t)$  and  $F_2(t)$  mix. The last part approaches  $F_2(t)$  as  $t$  grows larger and larger.



**Key**

- 1 c.d.f. (% Weibull)
- 2  $t$  (time units)

IEC 1038/06

**Figure H.1 – The S-curve for a bimodal Weibull distribution mixed by  $F_1(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{30}\right)^{1.5}}$  and  $F_2(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{60\,000}\right)^1}$  in the proportions 15 % and 85 %, respectively**

Experimental values of TTF/TTFFs arising from a test performed on a sample including  $n$  assemblies are plotted on Weibull graph paper, using the well-known median rank method. The TTF/TTFF values are organized in increasing order. Each failure is then given a rank order number,  $i$ , beginning with 1 for the first failure. The median ranks, which constitute estimates of the c.d.f. values, are calculated as follows:

$$\text{Median rank } P_{50}(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \times 100 \text{ (as a percentage)}$$

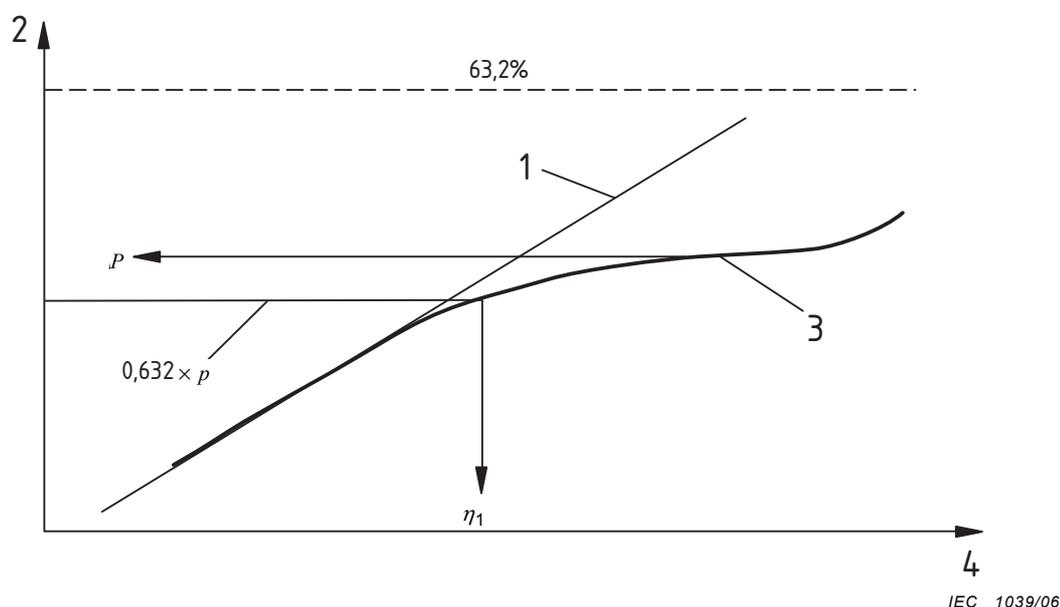
where  $t_i$  is the TTF/TTFF for the  $i$ th failure (see Annex J for a worked example).

Where the number of assemblies under test is reduced for some reason (e.g. only relevant failures are analysed), the method of suspended assemblies should be applied in the calculation of the rank order number. These will then in general be non-integers. For each failure a rank increment  $\Delta$  is calculated by

$$\Delta = \frac{(n + 1) - (\text{ordre de rang précédent})}{1 + (\text{nombre d'entités après le groupe supprimé})}$$

L'écart  $\Delta$  est ajouté au rang corrigé précédent afin d'obtenir le rang corrigé de la défaillance considérée.

Lorsque les points obtenus sur le graphe de Weibull font apparaître une courbe en S ou la première partie d'une courbe en S (comprenant le «plateau»), on peut en extraire les informations nécessaires pour optimiser un déverminage, comme indiqué à la Figure H.2. Le paramètre de forme de  $F_1(t)$  est donné par la pente de la première partie de la courbe en S. La proportion  $p$  des assemblages fragiles est donnée approximativement par la valeur de la fonction de distribution cumulée au début du «plateau» de la courbe en S. La durée de vie caractéristique  $\eta_1$  des assemblages fragiles est donnée par la fonction de distribution cumulée,  $0,632 p$  sur la courbe en S.



**Légende**

- 1 ligne avec pente =  $\beta_1$
- 2 fonction de distribution cumulée (% Weibull)
- 3 courbe en S déterminée expérimentalement
- 4  $\log t$

**Figure H.2 – Estimation de  $p$ ,  $\beta_1$  et  $\eta_1$  pour une optimisation de déverminage**

Pour une optimisation de déverminage, on peut assimiler les distributions bimodales de Weibull à des distributions bimodales exponentielles.

Ces cas particuliers sont décrits ci-après, en utilisant les expressions mathématiques suivantes:

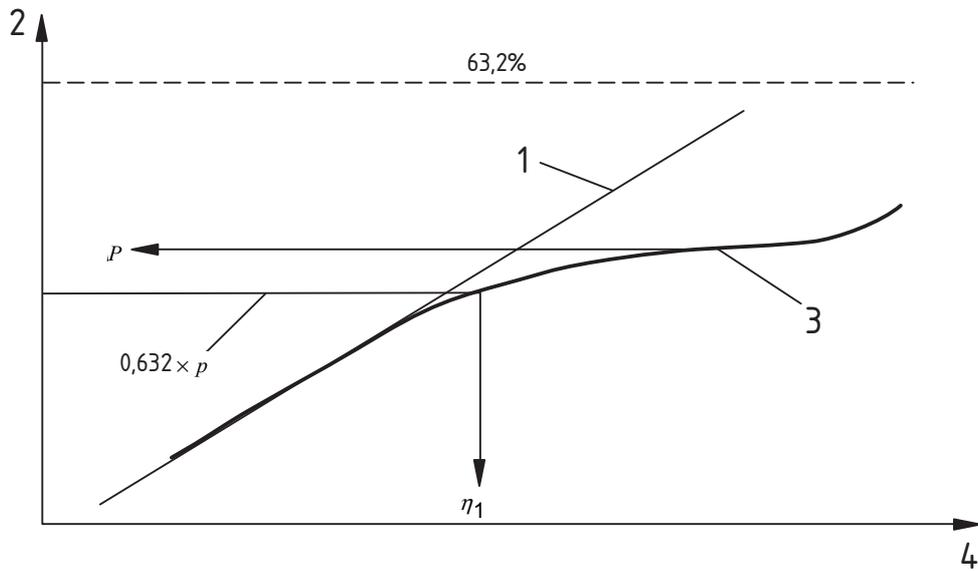
$$F_1(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t}{m_{F1}}\right]}$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t}{m_{F2}}\right]}$$

$$\Delta = \frac{(n+1) - (\text{previous rank order})}{1 + (\text{number of items following suspended set})}$$

This increment  $\Delta$  is added to the previous rank order number to obtain the rank order number for the failure under consideration.

When, after plotting, the points indicate an S-curve or the first part (including the "plateau") of an S-curve, the necessary information for a reliability screening optimization can be derived as shown in Figure H.2. The shape parameter of  $F_1(t)$  is taken as the slope of the first part of the S-curve. The fraction  $p$  of weak assemblies is approximated by the c.d.f. value, where the S-curve "plateau" begins. The characteristic lifetime  $\eta_1$  of the weak assemblies is found by the c.d.f. value,  $0,632 p$  on the S-curve.



IEC 1039/06

**Key**

- 1 line with slope =  $\beta_1$
- 2 c.d.f ( % Weibull)
- 3 experimentally determined S-curve
- 4  $\log t$

**Figure H.2 – Estimation of  $p$ ,  $\beta_1$  and  $\eta_1$  for the purpose of reliability screening optimization**

The reliability screening optimization is based on the approximation of bimodal Weibull distributions by bimodal exponential distributions.

Such cases are described hereafter using the following mathematical expressions:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t}{m_{F1}}\right]}$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t}{m_{F2}}\right]}$$

car, dans ce cas, on a

$$\beta_1 = \beta_2 = 1$$

$$\eta_1 = m_{F1}$$

$$\eta_2 = m_{F2}$$

$m_F$  étant la durée moyenne de fonctionnement avant défaillance.

La Figure H.3 montre la représentation correspondante sur graphe de Weibull de la fonction de distribution cumulée pour une valeur finie  $m_{F2}$ , ainsi que pour une valeur infinie  $m_{F2}$  (dans le cas où  $m_{F2}$  est infinie, les assemblages sains sont parfaits et ils n'ont aucune défaillance). Les fonctions de taux de défaillance correspondantes sont également indiquées à la Figure H.4 dans les deux cas.

Les Figures H.3 et H.4 démontrent les observations suivantes:

- Il est plus facile de se servir de la courbe de distribution cumulée des défaillances que de la courbe du taux de défaillance pour optimiser un déverminage. Par exemple la courbe  $F_1(t)$  de la Figure H.3 indique qu'un déverminage de durée moyenne de 48 h permettra d'éliminer environ 75 % des assemblages fragiles. Pour cette durée, le taux de défaillance est tombé au quart de sa valeur initiale, mais il est encore nettement supérieur à sa valeur finale. L'utilisation de la fonction de taux de défaillance risque donc d'entraîner des conclusions incorrectes quant à la proximité de la fin du déverminage.
- Lorsque le déverminage est efficace (c'est-à-dire lorsque  $F_1(t)$  et  $F_2(t)$  sont relativement bien séparées), l'approximation  $m_{F2} \rightarrow \infty$  est justifiée, car la première partie de la courbe en S n'est affectée que marginalement par  $F_2(t)$ .
- Pour un déverminage, il est raisonnable d'assimiler  $F_1(t)$  à une distribution exponentielle. Si la pente réelle  $\beta_1$  est supérieure à 1, le résultat du déverminage sera meilleur que prévu. Si la pente réelle  $\beta_1$  est inférieure à 1, mais supérieure à 0,7 (valeur qui est inférieure à la valeur la plus faible observée), le résultat du déverminage sera seulement légèrement inférieur au résultat prévu.

because in this case

$$\beta_1 = \beta_2 = 1$$

$$\eta_1 = m_{F1}$$

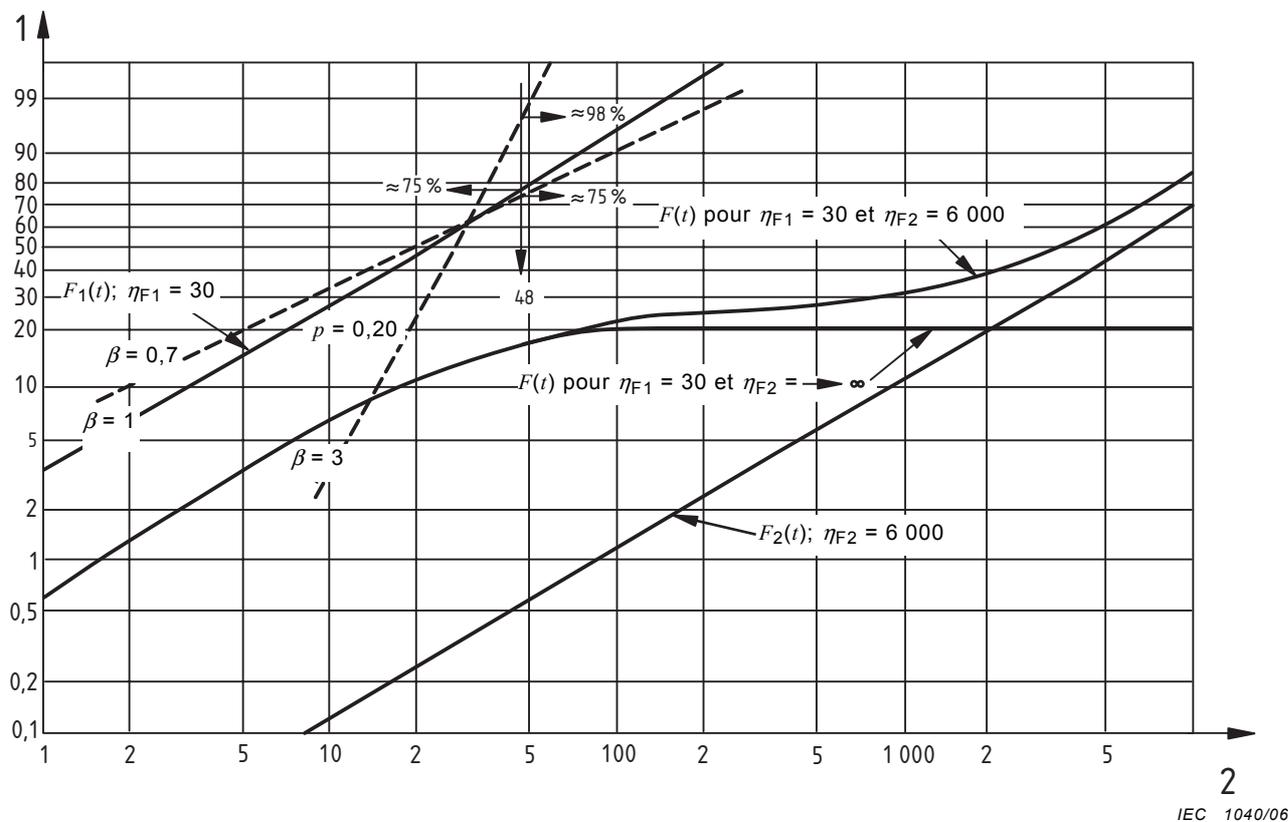
$$\eta_2 = m_{F2}$$

$m_F$  is the mean time to failure.

The representation on Weibull graph paper of the cumulative distribution function is shown in Figures H.3 for a finite  $m_{F2}$ , as well as for an infinite  $m_{F2}$  (in the infinite  $m_{F2}$  case, the strong assemblies are perfect and do not fail at all). The corresponding failure rate functions are shown in Figure H.4 in both cases as well.

Figures H.3 and H.4 show the following:

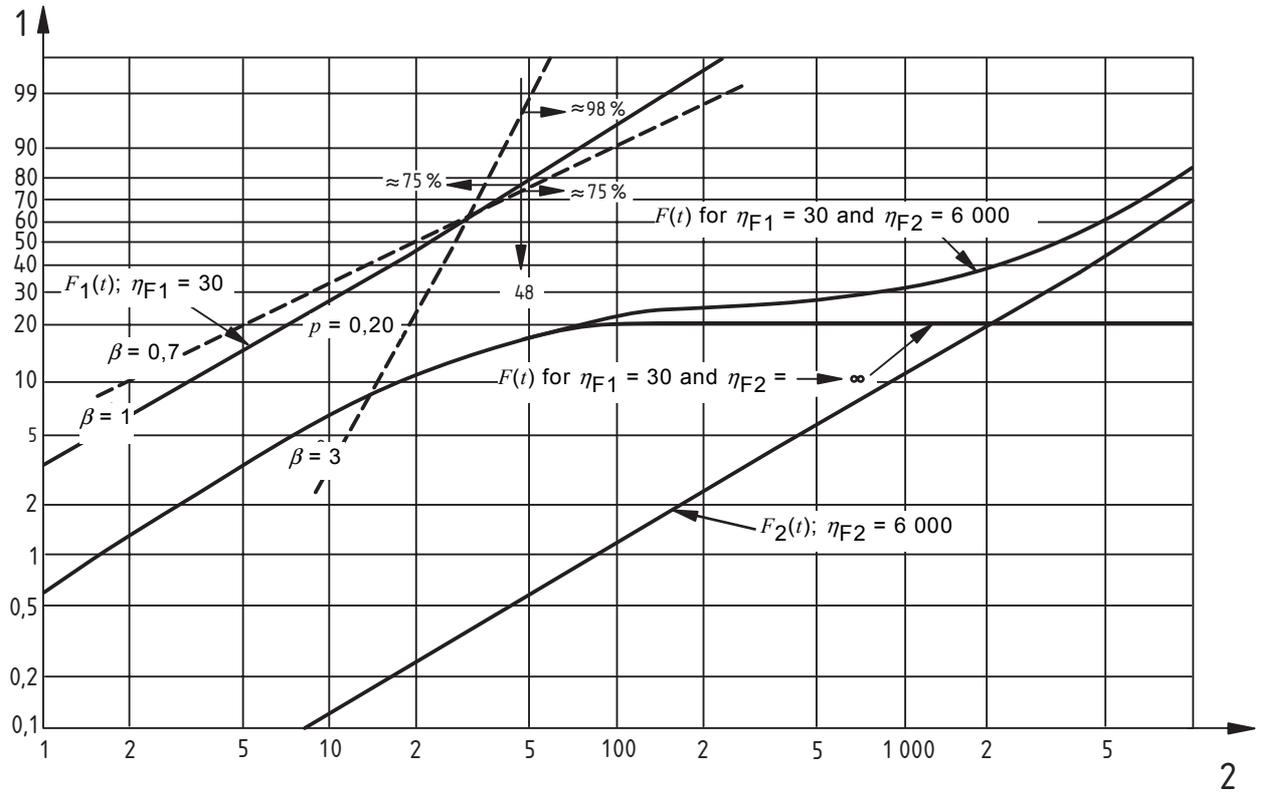
- For the purpose of optimizing reliability screening, it is easier to interpret the c.d.f. rather than the failure rate function. For example the  $F_1(t)$  graph in Figure H.3 shows that an average screening time of 48 h will weed out about 75 % of the weak assemblies. By that time, the hazard rate has dropped down to about one-fourth of its original value, but this is still considerably higher than the end value. Using the failure rate function may well lead to a wrong conclusion regarding the proximity of a termination of the screening.
- Where reliability screening pays off (that is when  $F_1(t)$  and  $F_2(t)$  are reasonably separated), the approximation  $m_{F2} \rightarrow \infty$  is well justified, as the first part of the S-curve is only marginally affected by  $F_2(t)$ .
- For the purpose of reliability screening, an approximation of  $F_1(t)$  with an exponential distribution is reasonable. If the actual slope  $\beta_1$  is higher than 1, the screening result will be better than expected. If the actual slope  $\beta_1$  is lower than 1 but higher than 0,7 (which is below the lowest observed), the screening result will be only slightly worse than expected.



**Légende**

- 1 fonction de distribution cumulée ( % Weibull)
- 2  $t$  (unité de temps)

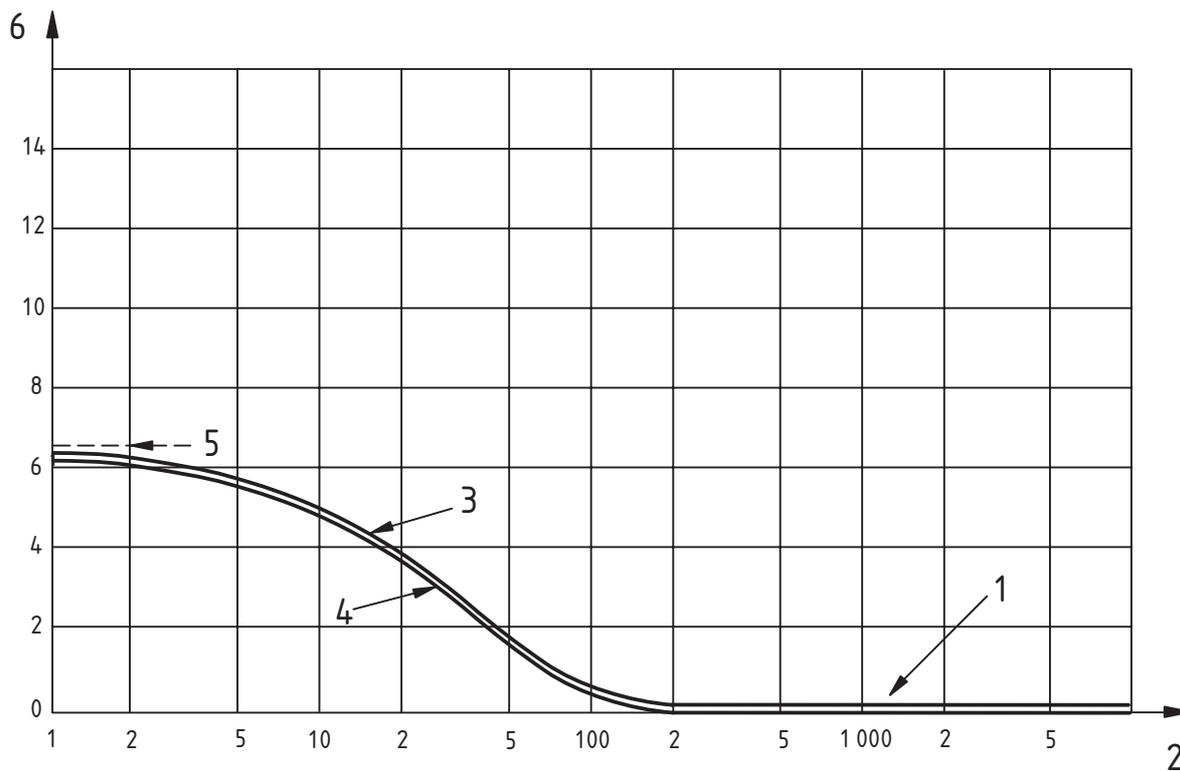
**Figure H.3 – Fonctions de distribution cumulée pour distributions bimodales exponentielles**



**Key**  
 1 c.d.f ( % Weibull)  
 2  $t$  (time units)

IEC 1040/06

**Figure H.3 – The c.d.f. curves for bimodal exponential distribution**

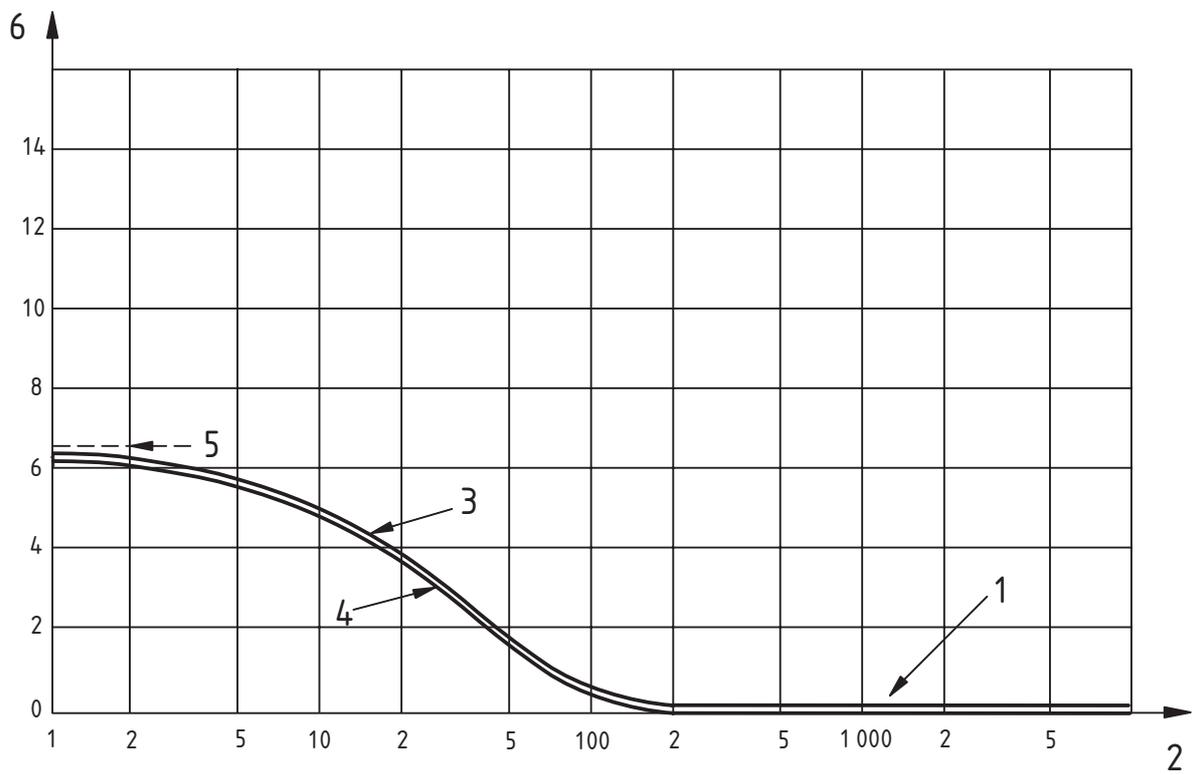


IEC 1041/06

**Légende**

- 1 valeur limitée  $\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = \frac{1}{m_{F2}}$
- 2  $t$  (unité de temps)
- 3  $h(t); m_{F1} = 30; m_{F2} = 6\ 000$
- 4  $h(t); m_{F1} = 30; m_{F2} \rightarrow \infty$
- 5 valeur limitée  $\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = p \times \frac{1}{m_{F1}} = (1 - p) \times \frac{1}{m_{F2}}$
- 6  $h(t)$  défaillances/1 000 unités de temps

**Figure H.4 – Fonction du taux de défaillance de la distribution bimodale exponentielle**



IEC 1041/06

**Key**

- 1 limiting value  $\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = \frac{1}{m_{F2}}$
- 2  $t$  (time units)
- 3  $h(t); m_{F1} = 30; m_{F2} = 6\ 000$
- 4  $h(t); m_{F1} = 30; m_{F2} \rightarrow \infty$
- 5 limiting value  $\lim_{t \rightarrow \infty} h(t) = p \times \frac{1}{m_{F1}} = (1 - p) \times \frac{1}{m_{F2}}$
- 6  $h(t)$  failures/1 000 time units

**Figure H.4 – The hazard rate function for bimodal exponential distribution**

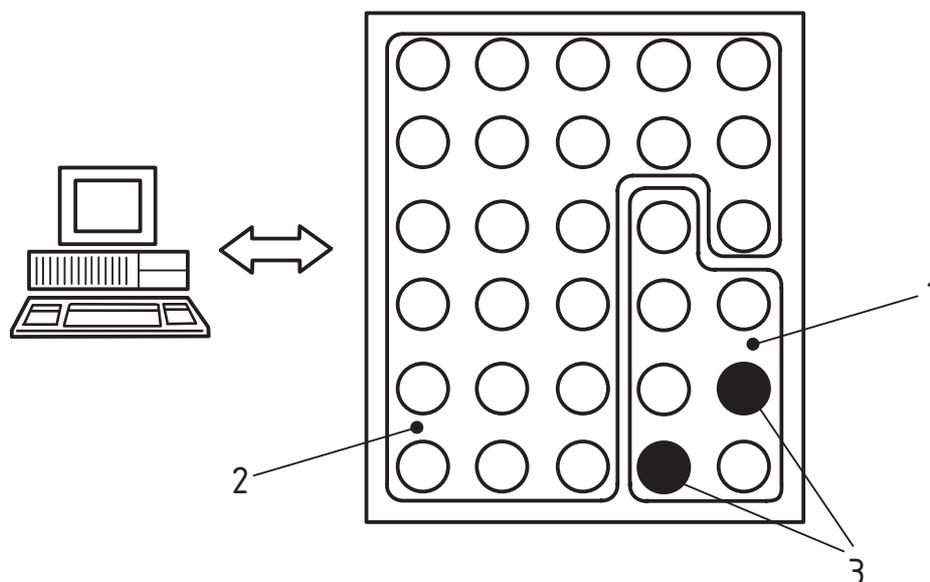
## Annexe I (informative)

### Evaluation de la durée de la période sans défaillance et de la durée moyenne du déverminage

#### I.1 Modèle d'assemblage

Le processus de déverminage recommandé dans la présente norme est le suivant: chaque assemblage est soumis à des conditions de contraintes jusqu'à ce qu'il ait fonctionné sans défaillance pendant la période  $T_M$  prévue. Lors de l'épreuve sous contraintes, on contrôle l'assemblage pour s'assurer qu'il n'y a pas de défaillances. En cas de défaillance, le déverminage est arrêté et l'assemblage réparé. Lorsqu'on a trouvé le composant défectueux et qu'on a terminé la réparation, l'assemblage est à nouveau soumis aux contraintes et «l'horloge» de déverminage repart de zéro. Finalement, lorsque la période sans défaillance  $T_M$  a été franchie avec succès, l'assemblage est retiré du déverminage. Après un contrôle final, il est prêt à quitter l'usine ou à passer au degré d'intégration supérieur. Les Figures 4 et 7 illustrent ce processus.

L'assemblage subit un déverminage dont le but est d'éliminer tous les composants fragiles. Pour optimiser le déverminage, on assimile l'assemblage à un système en série du point de vue de la fiabilité; on ne tient pas compte des redondances possibles et chaque défaillance est considérée comme une défaillance du système. Dans le modèle, l'assemblage comprend un certain nombre de composants «parfaits», c'est-à-dire de composants ayant une probabilité de défaillance négligeable en début de vie et un nombre  $N$  de composants à risques à distributions de défaillances bimodales. Les défaillances des composants du système en série sont statistiquement indépendantes. La Figure I.1 illustre le système de base.



**Légende**

- 1  $N$  composants à risques
- 2 composants «parfaits»
- 3  $n$  composants fragiles

IEC 1042/06

**Figure I.1 – Système de base**

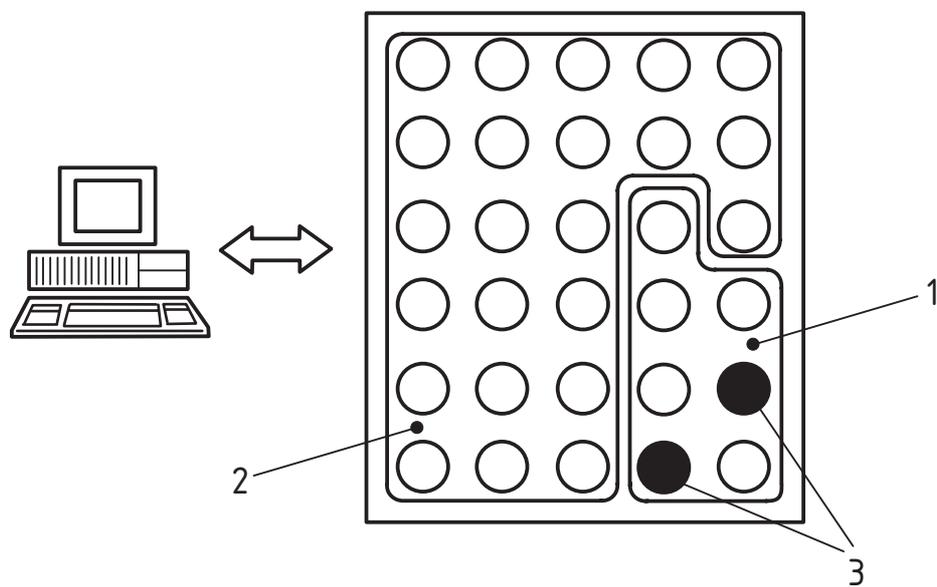
## Annex I (informative)

### Evaluation of the failure-free period and the average screening duration

#### I.1 The assembly model

The reliability screening process recommended in this standard is the following: each assembly is subjected to the stress condition until it has experienced a predesignated failure-free period  $T_M$ . During the stress conditioning, the assembly is monitored for failures. When a failure occurs, the assembly is taken out of conditioning to be repaired. When the failed component has been found, and the repair completed, the assembly is placed in conditioning again, and the "screening duration clock" is started from zero. Eventually, the assembly completes the "failure free" period  $T_M$  without failing, is taken out of the reliability screen, and, after a final inspection, is ready to leave the factory, or to go to the next assembly level. This process is illustrated by Figures 4 and 7.

The assembly undergoes a reliability screening in order to weed out all weak components. For the purpose of screening optimization, the assembly is assumed to be a series system in the reliability sense, and every failure is considered a system failure, regardless of any redundancy. In the model, the assembly consists of a number of "perfect" components, that is components which have a negligible probability of failure during early life, and a number of rogue components,  $N$ , with bimodal failure distributions. The component failures in the series system are statistically independent. Figure I.1 illustrates the basic system.



#### Key

- 1  $N$  rogue components
- 2 perfect components
- 3  $n$  weak components

IEC 1042/06

Figure I.1 – The basic system

On peut, en principe, effectuer l'analyse au moyen de plusieurs classes de composants dans l'ensemble des  $N$  composants. Cependant, l'effort de calculs complémentaires pour considérer plus d'une classe de composants à risque est rarement justifié. On suppose, donc, qu'il n'y a qu'une classe de composants à risque dont la fonction de distribution bimodale jusqu'à la défaillance est assimilable à la somme de deux lois exponentielles:

$$F(t) = p_c F_1(t) + (1 - p_c) F_2(t) = p_c (1 - e^{-\lambda_1 t}) + (1 - p_c) (1 - e^{-\lambda_2 t})$$

où

$p_c$  est la proportion de composants fragiles;

$\lambda_1$  est le taux de défaillance constant de la sous-population des composants fragiles

$$\lambda_1 = \frac{1}{m_{F1}};$$

$\lambda_2$  est le taux de défaillance constant de la sous-population des composants sains (principaux)  $\lambda_2 = \frac{1}{m_{F2}}$ .

## 1.2 Principes des graphiques des durées pour l'évaluation de la période sans défaillance

Pour un assemblage soumis au déverminage et considéré isolément, on ne connaît pas exactement le nombre de composants fragiles qui s'y trouvent. Le nombre le plus bas est zéro et le nombre le plus élevé  $N$ . Cependant, en supposant que les composants de l'assemblage proviennent d'une population mère «infinie», de manière que  $p_c$  reste inchangée lors du prélèvement des composants, le nombre de composants fragiles  $n$  de l'assemblage suivra une distribution binomiale à savoir:

$$\pi(i) = P(n = i) = \binom{N}{i} p_c^i (1 - p_c)^{N-i}$$

où  $i = 0, 1, 2, \dots, N$  et  $\pi$  est le symbole de la probabilité du processus de Markov.

Le nombre de composants fragiles dans l'assemblage considéré peut donc être représenté par un vecteur de probabilité initiale,  $\bar{\pi}_0$ :

$$\bar{\pi}_0 = [\pi(0), \pi(1), \pi(2), \dots, \pi(i), \dots, \pi(N)]$$

Supposons un instant que le nombre réel de composants fragiles  $n$  parmi les  $N$  possibles soit connu. Si l'assemblage est soumis au déverminage, la distribution cumulée de durées jusqu'à défaillance sera:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda_{sn} t}$$

où  $\lambda_{sn} = n\lambda_1 + (N - n)\lambda_2 = n(\lambda_1 - \lambda_2) + N\lambda_2$

Tous les autres assemblages de ce type et du même nombre de composants fragiles peuvent être décrits par la même équation. Il n'y a aucune différence entre un assemblage neuf et un assemblage réparé par suite des propriétés des composants ayant un niveau de risque constant qui est le motif de défaillances dépourvu «d'effet de mémoire». Tous ces assemblages sont censés être dans le même état  $n$ .

Dans ce qui suit, on considère ce qu'il advient d'un assemblage à  $n$  composants fragiles pendant et après le déverminage. Si le système fonctionne sans défaillance pendant la période «sans défaillance»  $T_M$ , il contiendra encore  $n$  composants fragiles. Il sera à l'état  $n_{RE}$  après le déverminage avec  $n_{RE}$  composants fragiles restants (voir Figure 1.2).

In principle, the analysis may be carried out using several component classes within a total of  $N$  components. However, the additional computational effort in considering more than one rogue component class is very seldom justified. It is, therefore, assumed that only one rogue component class exists, with a bimodal time to failure distribution described by the mixed exponential:

$$F(t) = p_c F_1(t) + (1 - p_c) F_2(t) = p_c (1 - e^{-\lambda_1 t}) + (1 - p_c) (1 - e^{-\lambda_2 t})$$

where

$p_c$  is the fraction of weak components;

$\lambda_1$  is the constant failure rate of the weak subpopulation  $\lambda_1 = \frac{1}{m_{F1}}$ ;

$\lambda_2$  is the constant failure rate of the strong (main) subpopulation  $\lambda_2 = \frac{1}{m_{F2}}$ .

## 1.2 The principles behind the time graphs for evaluation of the failure-free period

When a single assembly is subjected to a reliability stress screening, it is not known exactly how many weak components are present. The lowest number is zero, the highest number is  $N$ . However, assuming the components in the assembly is to be taken from an "infinite" parent population, so that  $p_c$  is unchanged when components are removed, the number of weak components,  $n$ , in the assembly follows a binomial distribution, that is:

$$\pi(i) = P(n = i) = \binom{N}{i} p_c^i (1 - p_c)^{N-i}$$

where  $i = 0, 1, 2, \dots, N$  and  $\pi$  is the symbol for the probability in the Markov process.

The number of weak components in the assembly under consideration may thus be expressed by an initial probability vector,  $\bar{\pi}_0$ :

$$\bar{\pi}_0 = [\pi(0), \pi(1), \pi(2), \dots, \pi(i), \dots, \pi(N)]$$

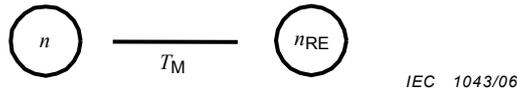
Assume for the moment that the actual number of weak components,  $n$ , among the  $N$  possible, is known. If the assembly is subjected to the reliability screening, the cumulative distribution of times to failure will be:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda_{sn} t}$$

where  $\lambda_{sn} = n\lambda_1 + (N - n)\lambda_2 = n(\lambda_1 - \lambda_2) + N\lambda_2$

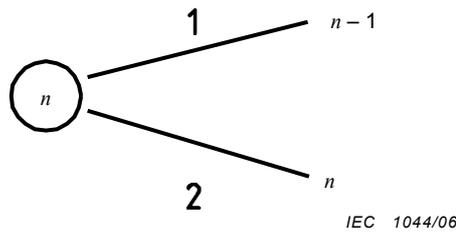
All other assemblies of this type, with the same number of weak components, can be described by the same equation. Due to the properties of the components having a constant hazard rate, which is when the failure pattern is "without memory"; there is no difference between a new assembly and an assembly that has been repaired. All these assemblies are said to be in the same state,  $n$ .

The following considers what happens to a system with  $n$  weak components during and after the stress screen. If the assembly survives the failure-free period,  $T_M$ , it will still contain  $n$  weak components. After the stress screen, it will be in the state  $n_{RE}$  with  $n_{RE}$  remaining weak components (see Figure 1.2).



**Figure I.2 – Assemblage constitué de  $n_{RE}$  composants fragiles ayant fonctionné sans défaillance pendant un déverminage de durée  $T_M$**

L'assemblage peut avoir une défaillance pendant le déverminage, soit par suite d'une défaillance de composant fragile, soit par suite d'une défaillance de composant sain. Dans le premier cas, il reste  $(n - 1)$  composants fragiles. En cas de défaillance d'un composant sain, il restera toujours  $n$  composants fragiles dans le système (voir Figure I.3).

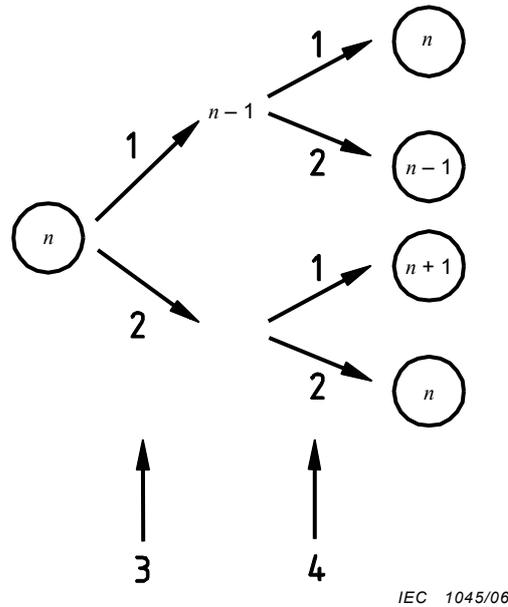


**Légende**

- 1 fragile
- 2 sain

**Figure I.3 – Etats possibles après la défaillance d'un composant pendant le déverminage**

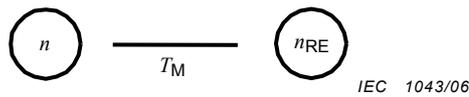
L'assemblage est maintenant réparé avec un composant fragile ou avec un composant sain. Lorsque l'assemblage est soumis à un nouveau déverminage, il peut se trouver à la fois dans un état  $(n - 1)$ ,  $n$  ou  $(n + 1)$  (voir Figure I.4).



**Légende**

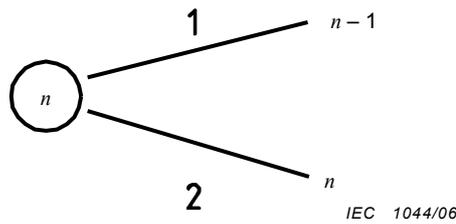
- 1 fragile
- 2 sain
- 3 défaillance
- 4 réparation

**Figure I.4 – Etats de l'assemblage après défaillance et réparation**



**Figure I.2 – An assembly surviving the screening period  $T_M$  with  $n_{RE}$  remaining weak components**

The assembly may fail during screening, either because a weak component fails, or because a strong component fails. If a weak component fails, then there are  $(n - 1)$  weak components left. If a strong component fails, then there are still  $n$  weak components left in the system (see Figure I.3).

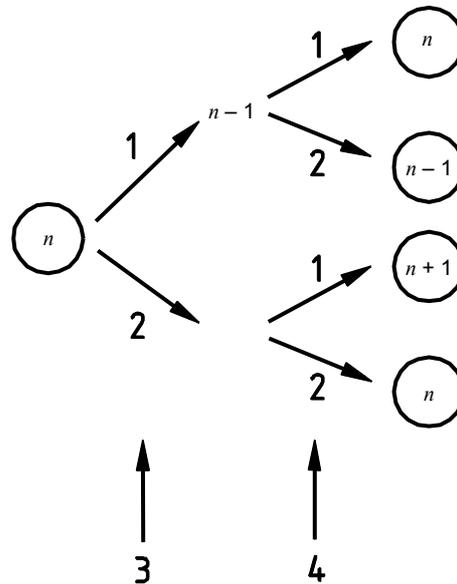


**Key**

- 1 weak
- 2 strong

**Figure I.3 – Possible states when a component fails during the stress screening**

The assembly is now repaired, using either a weak or a strong component. When the assembly is put on a new stress screening, it may now be either in the state  $(n - 1)$ ,  $n$  or  $(n + 1)$  (see Figure I.4)



**Key**

- 1 weak
- 2 strong
- 3 failure
- 4 repair

IEC 1045/06

**Figure I.4 – Assembly states after failure and repair**

Probabilité pour que l'assemblage fonctionne sans défaillance jusqu'à la fin du déverminage:

$$R_n = \exp[-(n\lambda_1 + (N - n)\lambda_2)T_M]$$

Probabilité de défaillance:

$$F_n = 1 - R_n$$

Si une défaillance s'est produite, la probabilité d'occurrence dans un composant fragile ou sain est respectivement la suivante:

$$P(\text{fragil}, n) = \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

$$P(\text{sain}, n) = 1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

A chaque réparation, la probabilité d'introduire un composant fragile est  $p_c$  et celle d'introduire un composant sain ( $1 - p_c$ ).

On peut maintenant écrire les probabilités de changement d'état pour un assemblage contenant  $n$  composants fragiles en appelant  $P(n \rightarrow m)$  la probabilité de passer de l'état à  $n$  composants fragiles à l'état  $m$  composants fragiles:

$$p(n \rightarrow n_{RE}) = R_n$$

$$p(n \rightarrow n + 1) = F_{n, n+1} = F_n p_c \left(1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}\right)$$

$$p(n \rightarrow n) = F_{n, n} = F_n \left[ (1 - p_c) \left(1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}\right) + p_c \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}} \right]$$

$$p(n \rightarrow n - 1) = F_{n, n-1} = F_n (1 - p_c) \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

La question posée est: quel sera l'état de l'assemblage après une période sans défaillance de  $T_M$  ?

Le nombre de composants fragiles restant dans l'assemblage après que le déverminage ait été réalisé peut uniquement être exprimé par une probabilité même si on connaissait le nombre de composants fragiles avant le déverminage.

L'efficacité du déverminage peut se traduire par le vecteur de probabilité  $\bar{\pi}_{RE}$  :

$$\bar{\pi}_{RE} = (0_{RE}, 1_{RE}, 2_{RE}, \dots, i_{RE}, \dots, N_{RE})$$

où  $i_{RE}$  est la probabilité d'avoir  $i$  composants fragiles dans l'assemblage après le déverminage.

On peut évaluer l'efficacité du déverminage grâce à la théorie des chaînes de Markov qui permet d'écrire les équations mathématiques du processus de défaillances et de réparations que l'on vient de présenter (voir la CEI 61165).

Le résultat du calcul à partir des chaînes de Markov est une matrice  $\bar{B}$  contenant les probabilités pour passer d'un état à un autre après un déverminage.

Probability that the assembly will complete the screen without failure:

$$R_n = \exp[-(n\lambda_1 + (N - n)\lambda_2)T_M]$$

Probability of failure:

$$F_n = 1 - R_n$$

If a failure has occurred, then the probabilities of it occurring in a weak component or in a strong component are, respectively:

$$P(\text{weak}, n) = \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

$$P(\text{strong}, n) = 1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

When a repair is made, the probability of introducing a weak component is  $p_c$ , and the probability of introducing a strong component is  $(1 - p_c)$ .

It is now possible to write down the probability of state transitions within an assembly containing  $n$  weak components,  $P(n \rightarrow m)$  being the notation for the probability of transition of a state where there are  $n$  weak components to a state where there are  $m$  weak components:

$$p(n \rightarrow n_{RE}) = R_n$$

$$p(n \rightarrow n + 1) = F_{n, n+1} = F_n p_c \left( 1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}} \right)$$

$$p(n \rightarrow n) = F_{n, n} = F_n \left[ (1 - p_c) \left( 1 - \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}} \right) + p_c \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}} \right]$$

$$p(n \rightarrow n - 1) = F_{n, n-1} = F_n (1 - p_c) \frac{n\lambda_1}{\lambda_{sn}}$$

The question now is: what will be the state of the assembly after a failure-free period of  $T_M$  ?

Even if the number of weak components before the stress screen should actually be known, the number of weak components remaining in the assembly after the screen has been successfully completed can only be expressed as a probability.

The effectiveness of the screen is contained in the probability vector  $\bar{\pi}_{RE}$  :

$$\bar{\pi}_{RE} = (0_{RE}, 1_{RE}, 2_{RE}, \dots, i_{RE}, \dots, N_{RE})$$

where  $i_{RE}$  is the probability of having  $i$  weak components in the assembly after the screen.

The evaluation of screening effectiveness may be performed using the theory of Markov chains to mathematically describe the failure/repair situation illustrated above (see IEC 61165).

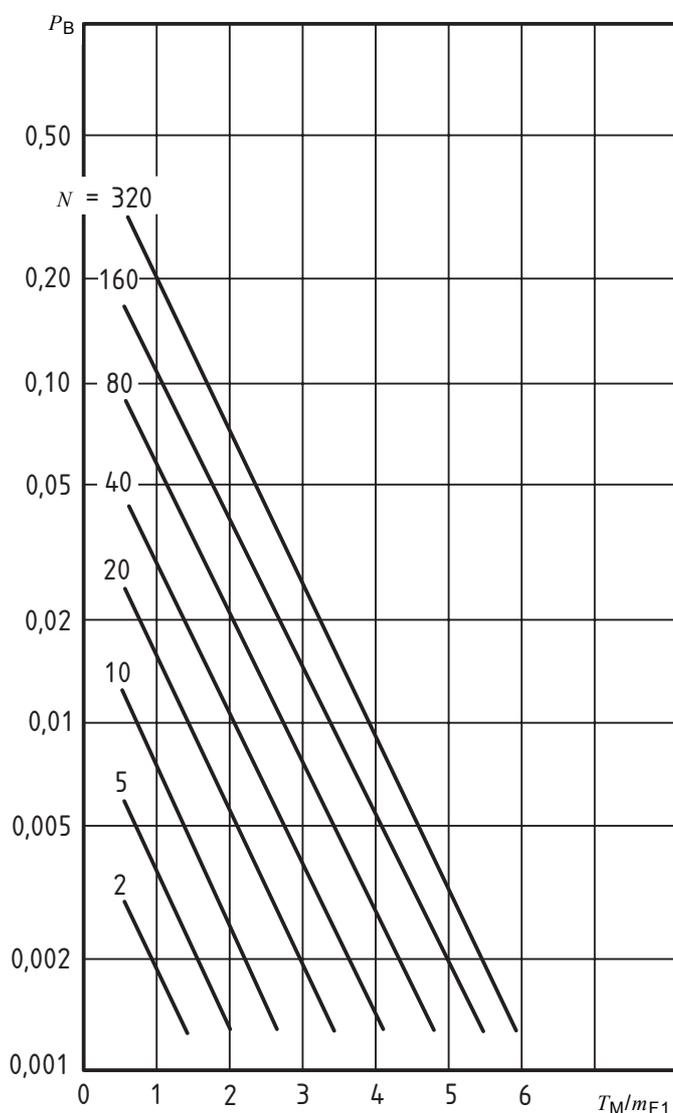
The outcome will be the Markov result matrix,  $\bar{B}$ , in which the probabilities of going from one state to another as a result of a complete screening can be read.

La matrice de Markov  $\bar{B}$  et le vecteur des probabilités initiales  $\bar{\pi}_0$  sont alors liés par la relation:

$$\bar{\pi}_{RE} = \bar{\pi}_0 \bar{B}$$

En supposant que  $\lambda_2 = 0$  (se reporter à l'Annexe H) et que la réparation est parfaite  $p_R = 0$ , ( $p_R$  est la probabilité d'introduire un nouveau type de fragilité suite à la réparation), il est utile de représenter les résultats des calculs des chaînes de Markov par des graphiques comme présentés à la Figure I.5.

Sur un tel graphique des temps, on trouve en ordonnée la probabilité  $p_B$  qu'il reste un ou plusieurs composants fragiles dans l'assemblage à l'issue de la période sans défaillance  $T_M$ . En d'autres termes, c'est exactement la probabilité d'une défaillance précoce.



IEC 1046/06

**Légende**

- $p_c$  0,002
- $N$  nombre de composants dans la classe des composants à risque
- $p_c$  proportion de composants fragiles dans la classe des composants à risque

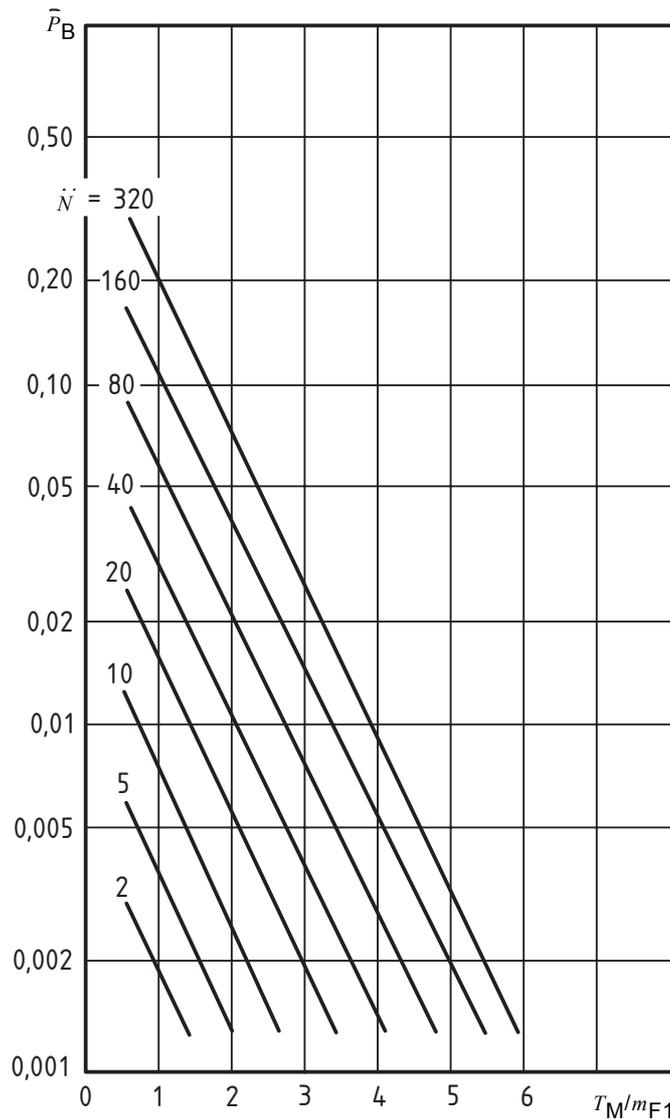
**Figure I.5 – Graphiques des durées pour déterminer la période de déverminage sans défaillance**

The Markov result matrix,  $\bar{B}$ , and the initial probability vector,  $\bar{\pi}_0$  then gives:

$$\bar{\pi}_{RE} = \bar{\pi}_0 \bar{B}$$

With the approximation  $\lambda_2 = 0$  (see Annex H) and perfect repair,  $p_R = 0$ , ( $p_R$  is the probability of introducing a new type of weakness by the repair), the results of the Markov computations can conveniently be put into graphs, such as is shown in Figure I.5.

The vertical scale on such a time graph is the probability  $p_B$  of one or more weak components remaining in the assembly after a failure-free period of  $T_M$  has been demonstrated. It is basically the probability of an early field failure.



IEC 1046/06

**Key**

- $p_c$  0,002
- $N$  number of components in the rogue component class
- $p_c$  fraction of weak components in the rogue component class

**Figure I.5 – Time graph for evaluation of the failure-free screening period**

En abscisse, on trouve sur ce graphique la période sans défaillance, normalisée à  $m_{F1} = 1/\lambda_1$  qui est la durée moyenne jusqu'à défaillance des composants fragiles dans la classe des composants à risques. On a donc:

$$\text{Abscisse } A = \frac{T_M}{m_{F1}}, \text{ or } T_M = A \times m_{F1}$$

Pour en faciliter la lecture et l'utilisation, les graphiques sont établis pour une valeur particulière de  $p_C$ . Cependant, la valeur de  $p_C$  peut être changée sur tout graphique si on change en même temps les valeurs  $N$  du graphique de manière que le produit  $p_C N$  reste constant dans tous les cas. Par exemple, si à la Figure I.5, on fait passer la valeur  $p_C$  de 0,002 à 0,0002, il faudra multiplier toutes les valeurs  $N$  par 10 et les courbes seront alors marquées  $N = 3\ 200, 1\ 600, 800, 400, \dots, 50$ .

### I.3 Estimation de la durée moyenne de déverminage

Il faut estimer la durée moyenne de déverminage  $T_B$  par assemblage afin de pouvoir analyser les coûts/avantages du déverminage sous contraintes.

Comme précédemment, on peut obtenir cette caractéristique importante à l'aide de l'analyse markovienne. On calcule tout d'abord un vecteur  $\bar{T}_n$  qui indique le nombre de fois (y compris la première fois) que les assemblages sont appelés à subir les contraintes avant de pouvoir fonctionner pendant la période de non-défaillances  $T_M$ , compte tenu du nombre de composants fragiles avant le déverminage.

En multipliant le vecteur  $\bar{\pi}_0$  de probabilité initiale par  $\bar{\pi}_0$ , on obtient la moyenne de fois que les assemblages sont appelés à être déverminés avant de pouvoir fonctionner sans défaillance pendant la période  $T_M$ .

La durée moyenne de déverminage est alors

$$T_B = \bar{\pi}_0 \bar{T}_n T_M$$

ou normalisée par rapport à  $m_{F1}$

$$\frac{T_B}{m_{F1}} = \bar{\pi}_0 \bar{T}_n \frac{T_M}{m_{F1}}$$

Dans la pratique, les graphiques des durées sont très utiles pour estimer la période sans défaillance. Les Figures I.6a à I.6h donnent les graphiques des durées  $T_B$  correspondant aux graphiques des durées  $T_M$  de 6.3 (voir Figure 8). Un exemple pratique d'utilisation des graphiques des durées se trouve dans l'Annexe J.

The horizontal scale on the time graph is the failure-free period normalized with respect to  $m_{F1} = 1/\lambda_1$ , the mean time to failure of the weak components in the rogue component class. That is:

$$\text{Abscissa } A = \frac{T_M}{m_{F1}}, \text{ or } T_M = A \times m_{F1}$$

For readability and ease of use, the graphs are drawn for a specific value of  $p_C$ . However, the value of  $p_C$  may be changed on any graph if at the same time the values of  $N$  marked on the graph are changed so that  $p_C N = \text{constant}$  in every case. As an example, if, in Figure I.5,  $p_C$  is changed from 0,002 to 0,0002, then all  $N$  values have to be multiplied by 10, so that the curves will be marked  $N = 3\ 200, 1\ 600, 800, 400, \dots, 50$ .

### I.3 Estimation of the average screening duration

For cost/benefit analysis of the reliability stress screening, the average screening duration  $T_B$  per assembly has to be estimated.

This important figure may also be derived from the Markov analysis. As the first step, a vector  $\bar{T}_n$  is derived giving the number of times (including the first time) the assemblies are expected to experience the stress conditions before completing the failure-free period  $T_M$ , given the number of weak assemblies before the screen.

Multiplying the initial probability vector  $\bar{\pi}_0$  with  $\bar{T}_n$  gives the average number of times the assemblies are expected to go through the screening before completing the failure free period  $T_M$ .

The average screening duration then becomes

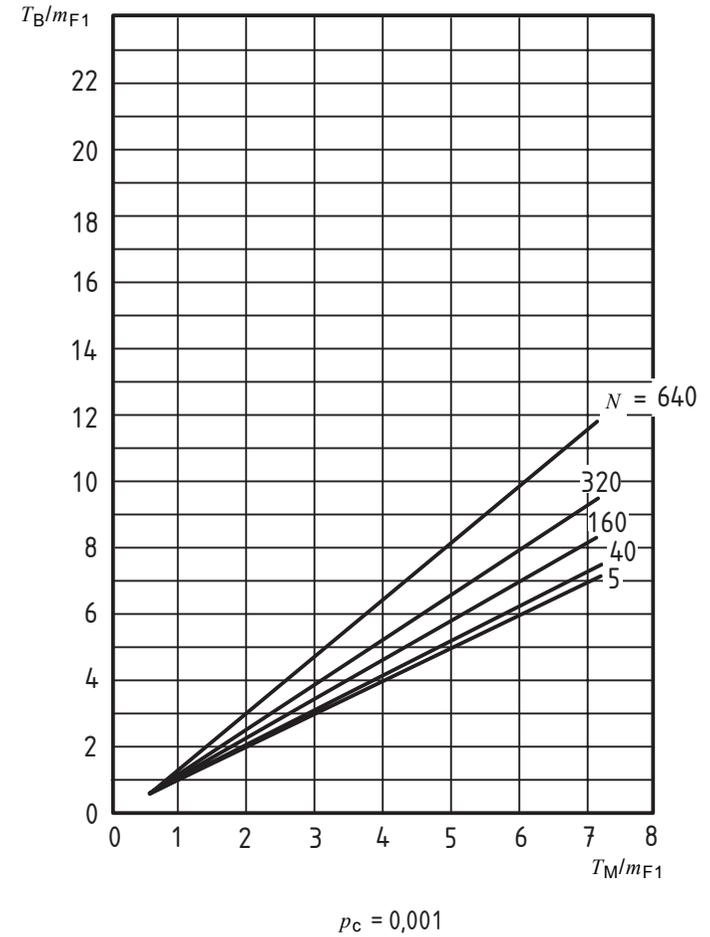
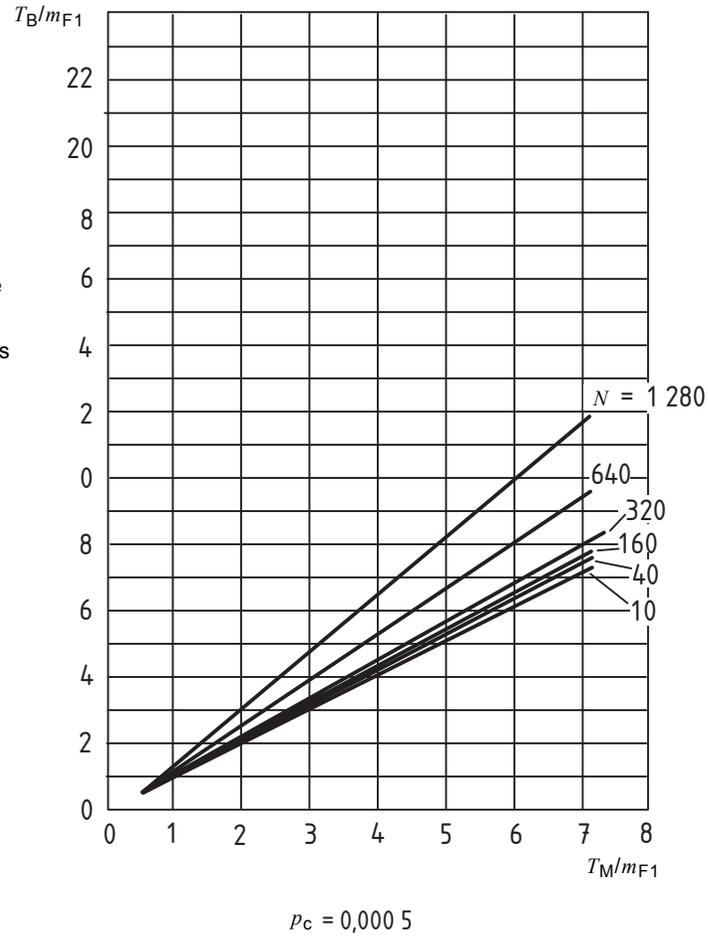
$$T_B = \bar{\pi}_0 \bar{T}_n T_M$$

or normalized with respect to  $m_{F1}$

$$\frac{T_B}{m_{F1}} = \bar{\pi}_0 \bar{T}_n \frac{T_M}{m_{F1}}$$

For practical purposes, time graphs are very convenient for evaluating the failure-free period. Figures I.6a to I.6h show  $T_B$  time graphs corresponding to the  $T_M$  time graphs in 6.3 (see Figure 8). Actual use of the time graphs is illustrated in Annex J.

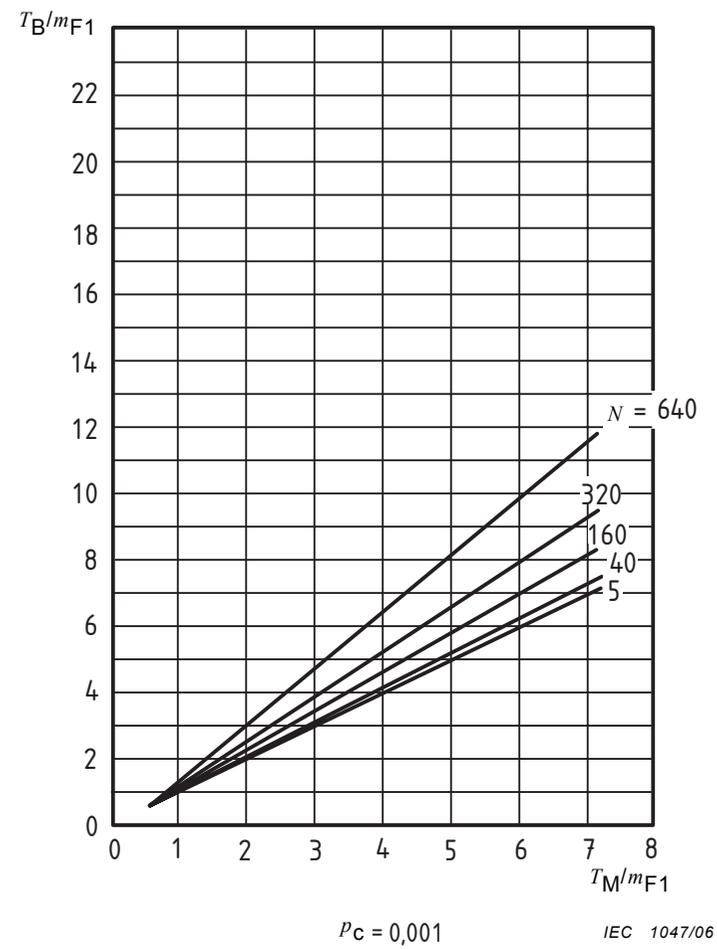
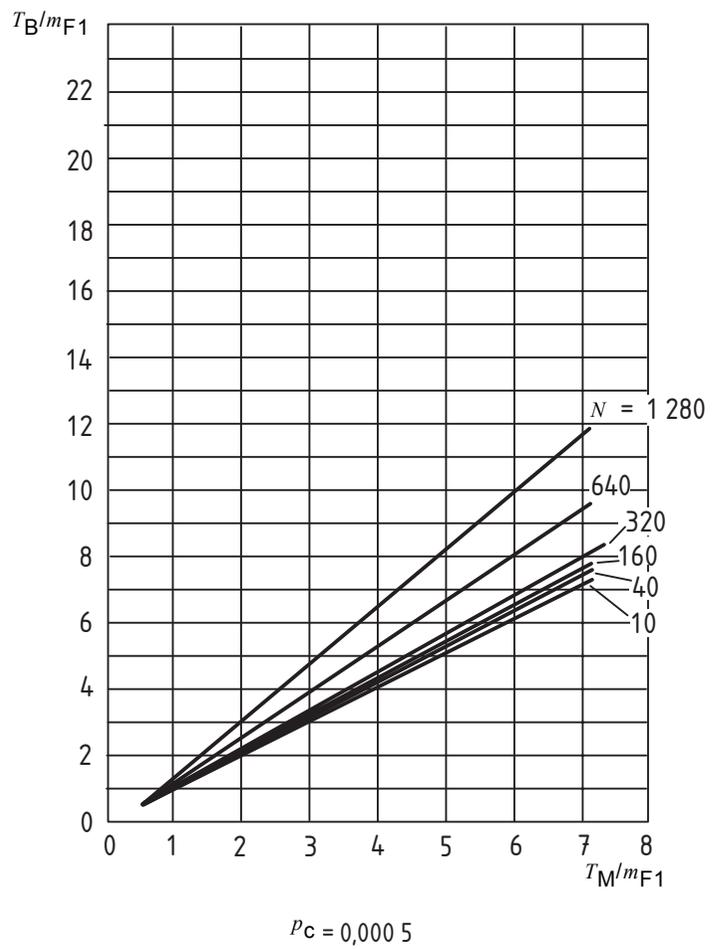
$N$  = Nombre des composants dans la classe des composants à risque  
 $p_c$  = Proportion de composants fragiles dans la classe des composants à risque



IEC 1047/06

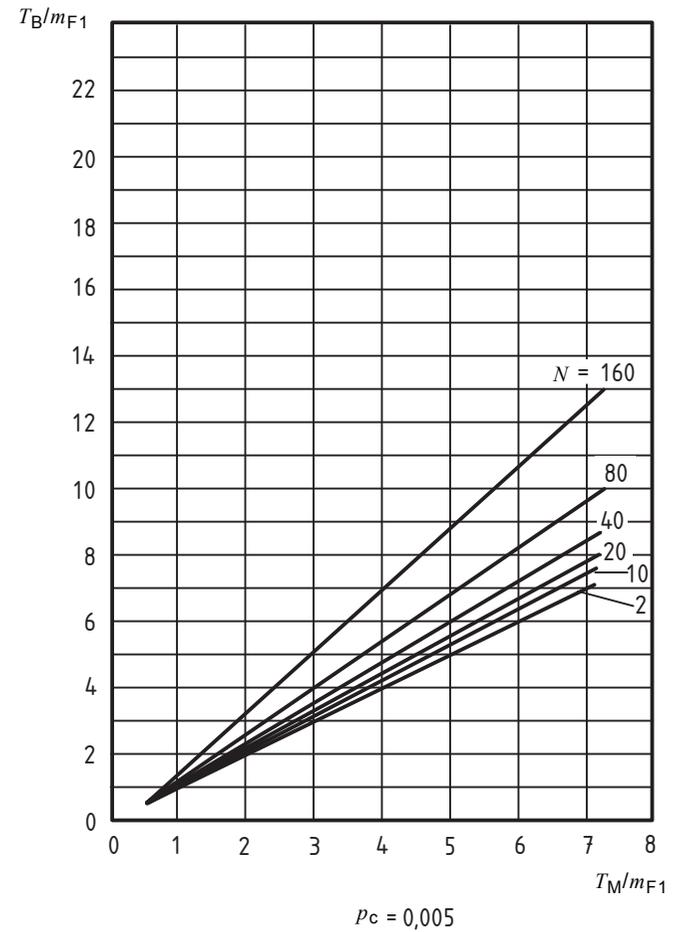
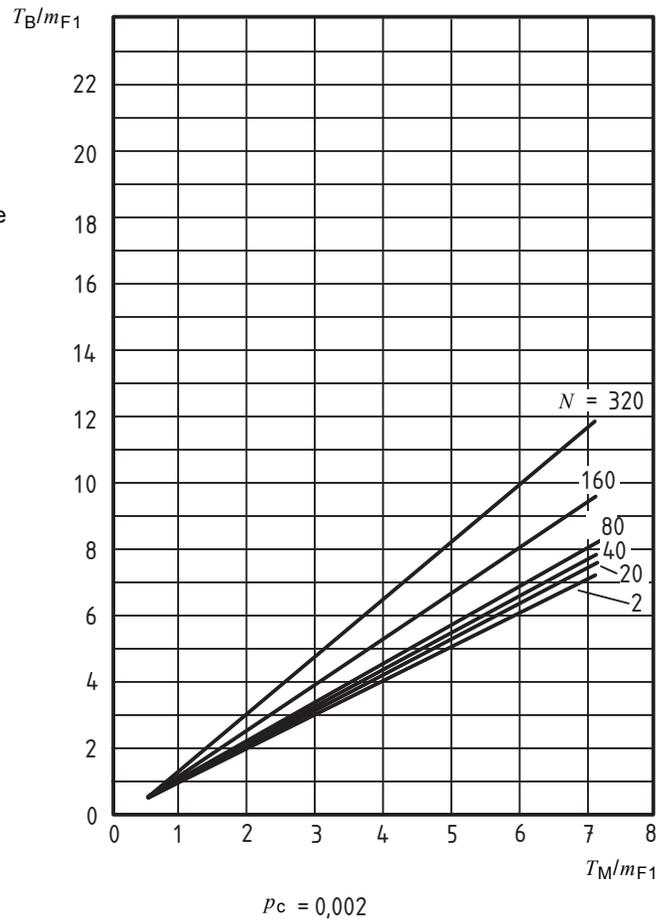
Figures I.6a et I.6b – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  
 $p_c = 0,0005$  et  $p_c = 0,001$

$N$  = Number of components  
in the rogue component  
class  
 $p_c$  = Fraction of weak  
components in the rogue  
component class



Figures I.6a and I.6b – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  $p_c = 0,000\ 5$  and  $p_c = 0,001$

$N$  = Nombre des composants dans la classe des composants à risque  
 $p_c$  = Proportion de composants fragiles dans la classe des composants à risque

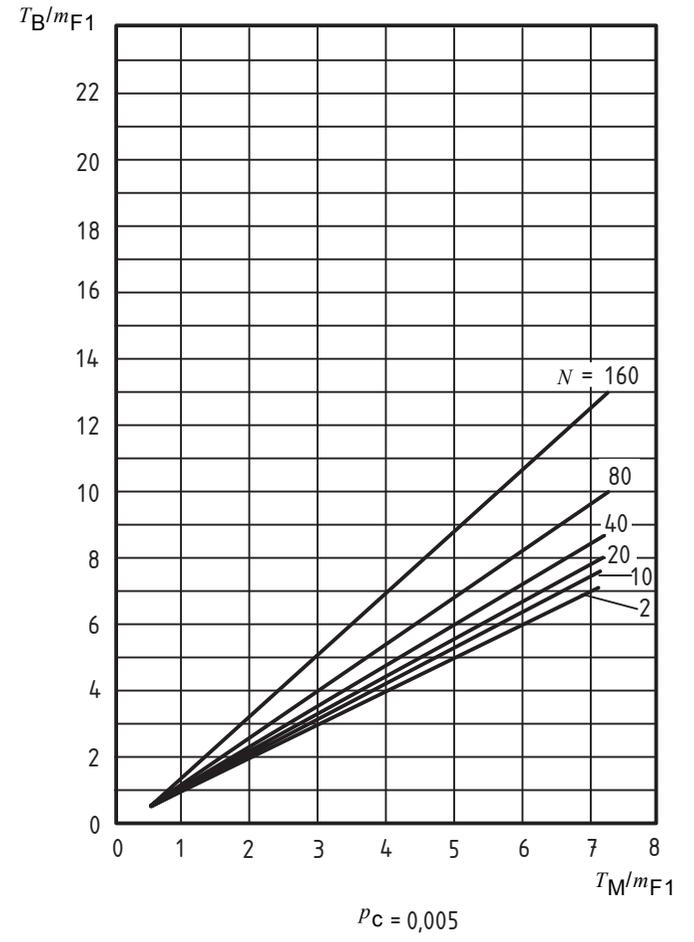
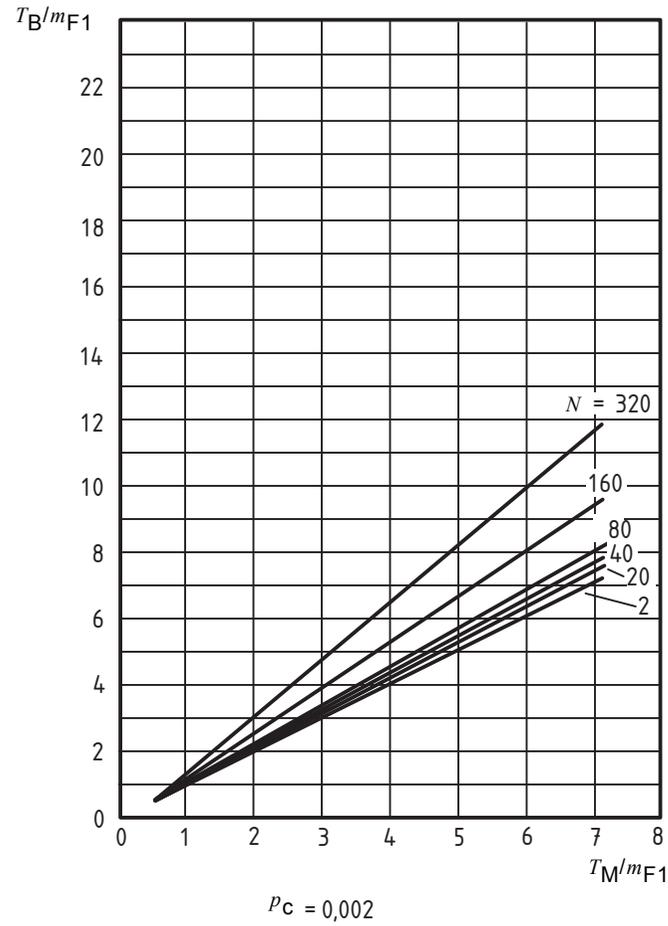


IEC 1048/06

Figures I.6c et I.6d – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  
 –  $p_c = 0,002$  et  $p_c = 0,005$

$N$  = Number of components in the rogue component class

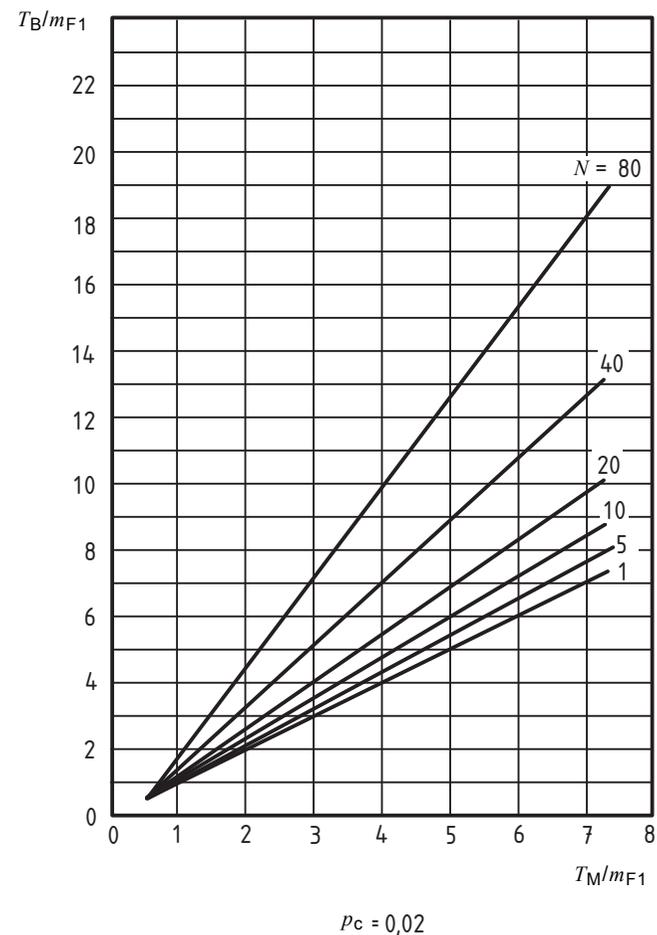
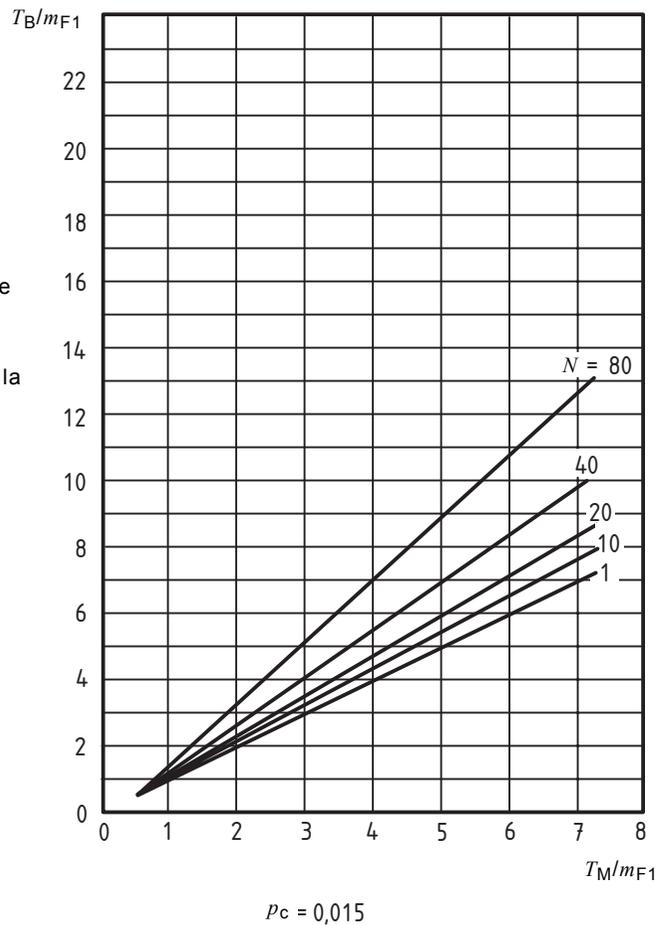
$p_c$  = Fraction of weak components in the rogue component class



IEC 1048/06

Figures I.6c and I.6d – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  $p_c = 0,002$  and  $p_c = 0,005$

$N$  = Nombre des composants dans la classe des composants à risque  
 $p_c$  = Proportion de composants fragiles dans la classe des composants à risque

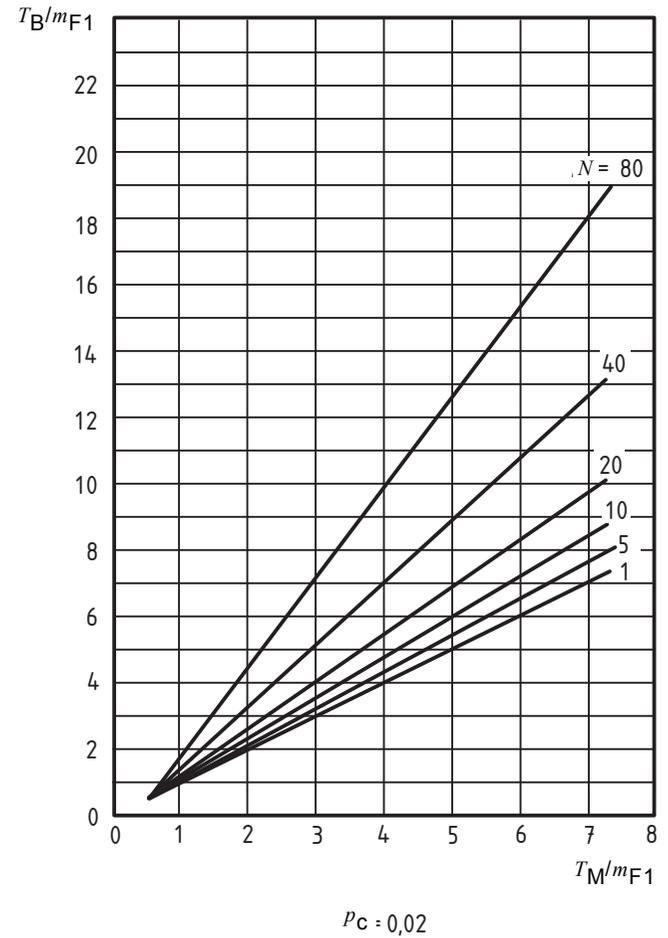
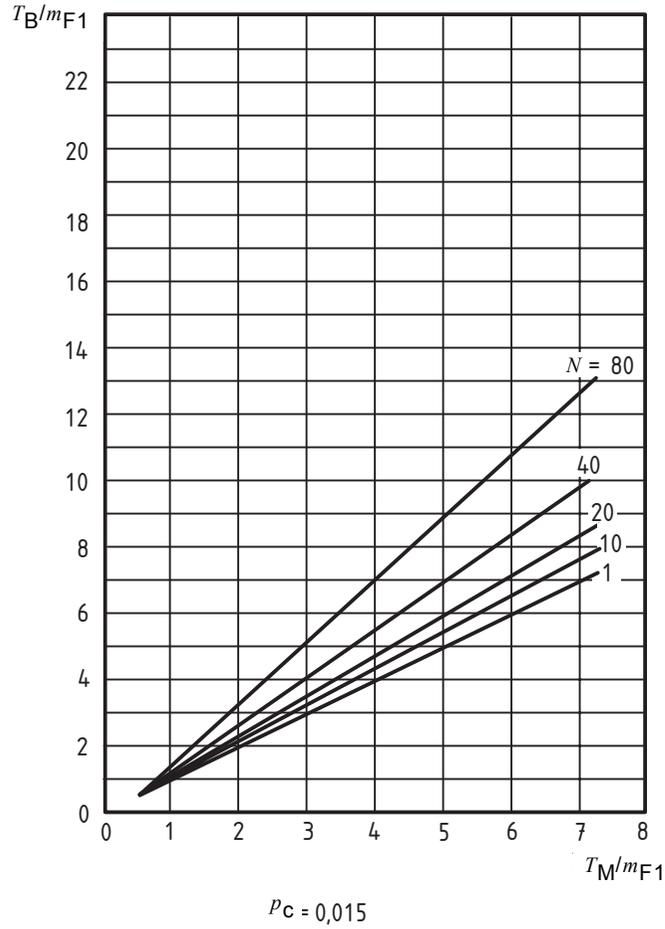


IEC 1049/06

Figures I.6e et I.f – Durée moyenne du déverminage en fonction de la période sans défaillance normalisée  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  
 $p_c = 0,015$  et  $p_c = 0,02$

$N$  = Number of components in the rogue component class

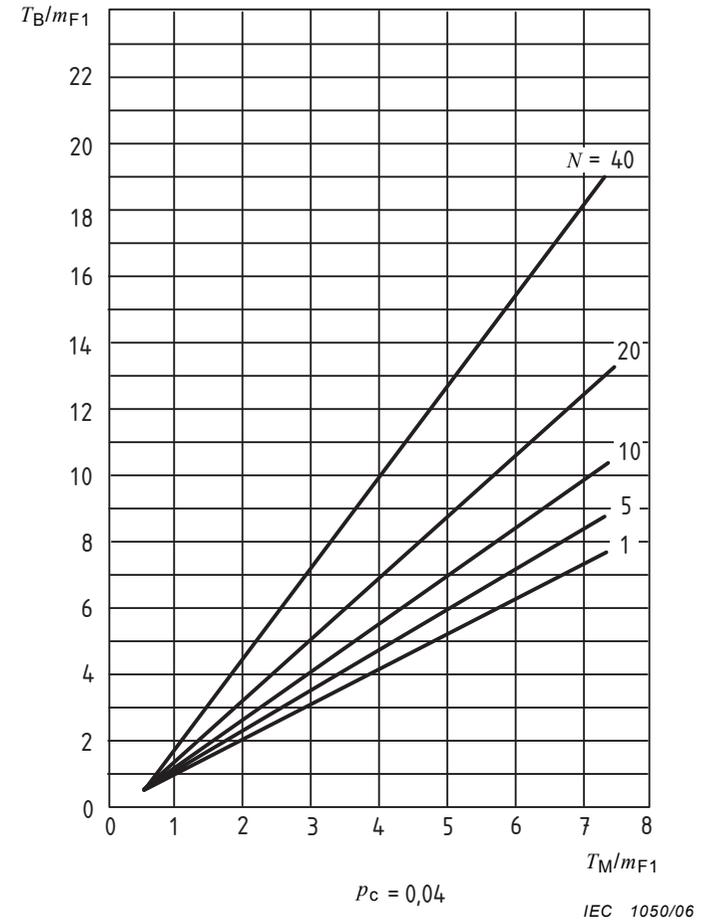
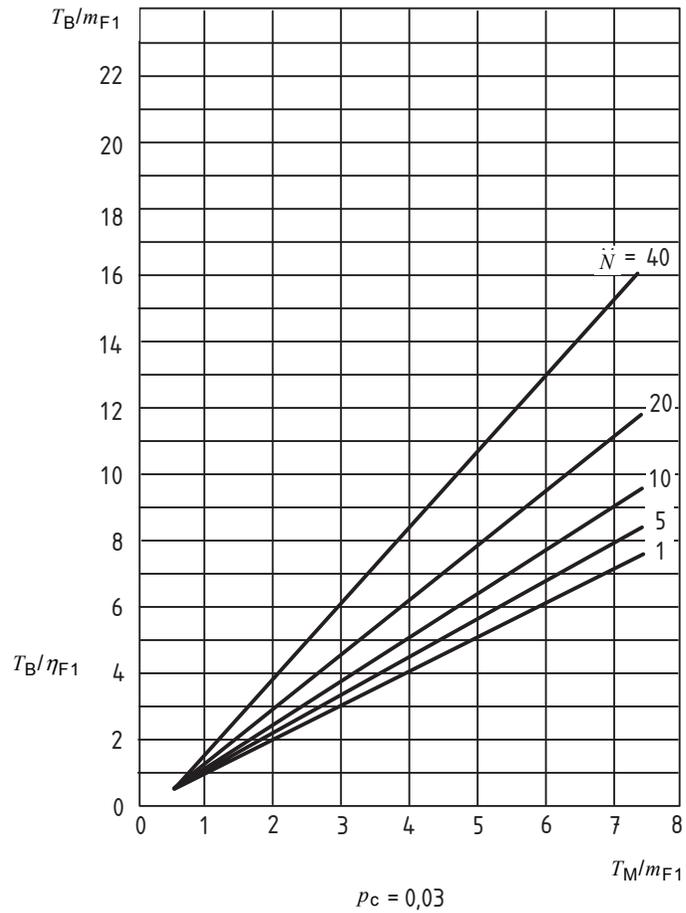
$p_c$  = Fraction of weak components in the rogue component class



IEC 1049/06

Figures I.6e and I.6f – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,015$  and  $p_c = 0,02$

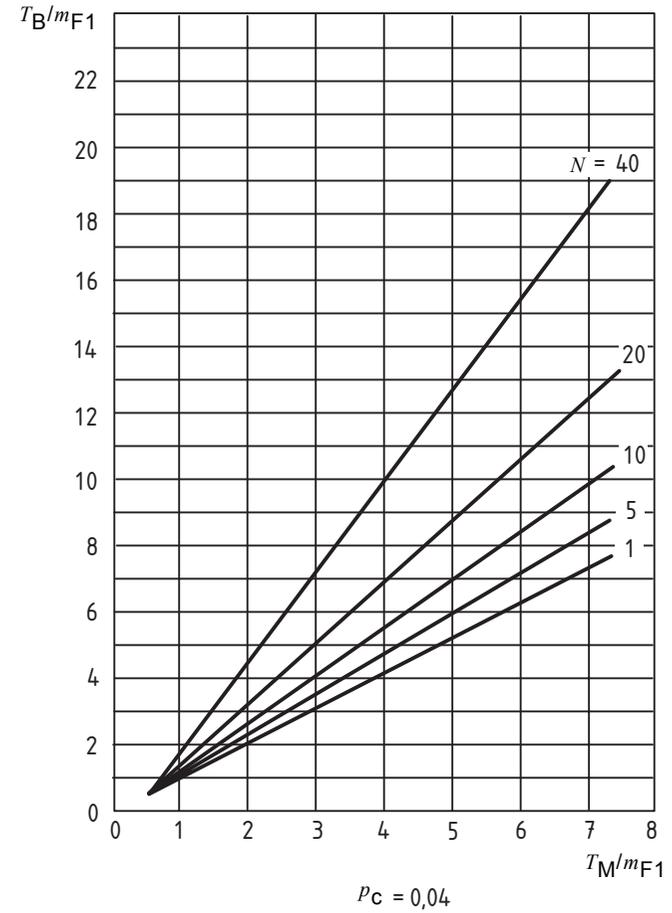
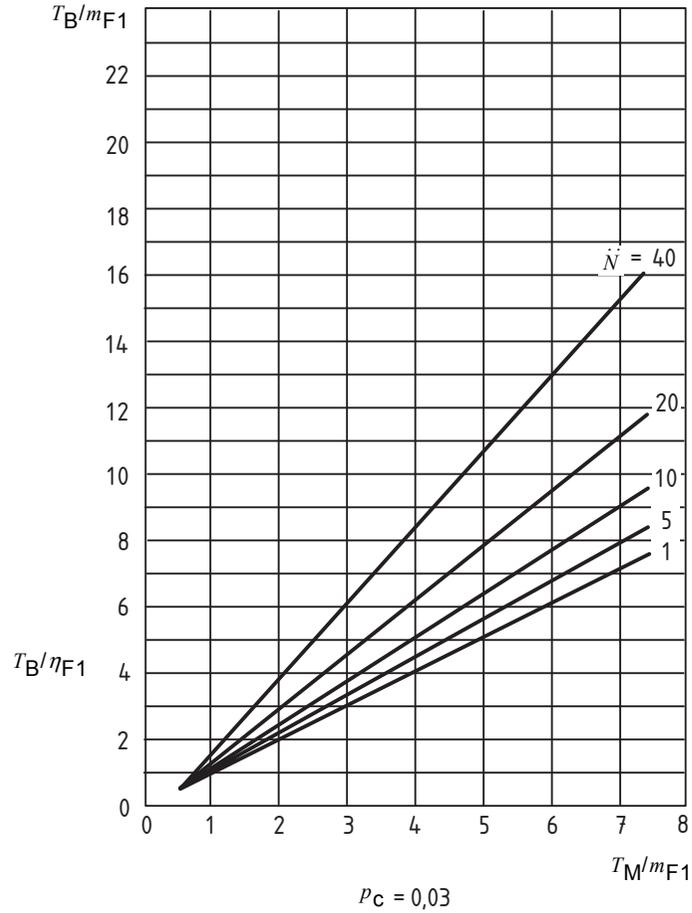
$N$  = Nombre des composants dans la classe des composants à risque  
 $p_c$  = Proportion de composants fragiles dans la classe des composants à risque



Figures I.6g et I.6h – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}}$  –  
 –  $p_c = 0,03$  et  $p_c = 0,04$

$N$  = Number of components in the rogue component class

$p_c$  = Fraction of weak components in the rogue component class



IEC 1050/06

Figures I.6g and I.6h – Average screening duration versus the normalized failure-free period  $\frac{T_M}{m_{F1}} - p_c = 0,03$  and  $p_c = 0,04$

## Annexe J (informative)

### Démonstration de la méthode par un exemple

#### J.1 Présentation de l'exemple

L'entité considérée est une carte imprimée équipée comprenant 175 composants. Elle est un sous-ensemble d'un nouveau produit et sa conception est conforme aux règles de conception habituelles du constructeur. Les composants utilisés sont bien maîtrisés par les concepteurs, suite à l'expérience acquise avec des produits précédents qui étaient destinés à un marché et à des utilisateurs finaux pratiquement similaires. Les conditions d'exploitation sont celles d'un matériel fixe en intérieur. En conditions d'utilisation, le produit ne subira pas de vibrations ni de chocs importants. La température et l'humidité seront maintenues dans des limites convenant au confort du personnel travaillant dans la même salle. La carte imprimée équipée a été conçue pour fonctionner correctement à une température ambiante comprise entre 5 °C et 70 °C.

On sait, d'après l'expérience acquise, que les circuits intégrés CMOS et que les transistors de puissance sont sujets à des défaillances précoces dues à des défauts internes. Cette carte imprimée équipée comprend 16 circuits intégrés et 8 transistors de puissance sur un total de 175 composants. Les circuits intégrés et les transistors sont à enrobage en plastique.

Dans le but d'établir un programme de déverminage sous contraintes pour le nouveau produit, on a décidé d'optimiser le déverminage sous contraintes de la carte imprimée équipée conformément à la présente norme.

#### J.2 Préparation du déverminage sous contraintes des cartes imprimées équipées

Le déverminage considéré s'effectuera au niveau du sous-système auprès du constructeur du système (voir Figure 3). La préparation du déverminage comprend un certain nombre d'étapes essentielles.

ETAPE 1 – Spécifier la proportion maximale admissible d'ensembles fragiles (voir Figure 2). A cet effet, on prend comme point de départ les exigences qui s'appliquent au produit fini dont la carte imprimée équipée fera partie. Dans le cas présent, aucune autre pièce du produit fini ne donne lieu à des défaillances précoces. De ce fait, la proportion admissible des assemblages fragiles  $p_B$ , qui resteront après le déverminage est la même pour le produit fini et pour la carte imprimée équipée. Afin de satisfaire aux exigences du marché, on choisit la valeur suivante pour  $p_B$ :

$$p_B = 0,02 = 2 \%$$

ETAPE 2 – Déterminer la proportion réelle des assemblages fragiles (voir Figure 2). Les calculs nécessaires ont été indiqués en 6.2.3, étapes 1 et 2. Dans le cas présent, il y a deux classes de composants à risque: les circuits intégrés et les transistors de puissance. L'expérience précédente a indiqué qu'environ 1 % des circuits intégrés et 0,5 % des transistors ont des défaillances précoces. En prenant la plus grande des deux valeurs, on obtient la proportion de composants fragiles dans les deux classes de composants à risques regroupées:

$$p_C \approx 1 \% = 0,01$$

## Annex J (informative)

### Worked example

#### J.1 The case

The item under consideration is a printed board assembly (PBA) equipped with 175 components. It serves as a subsystem in a new product, and has been designed in accordance with the manufacturer's standard design rules. The components in use are well known by the designers from experience with previous products aimed for roughly the same market and end-users. The field conditions can be characterized as stationary indoor use. Under working conditions, the product will not be exposed to significant levels of vibration and shock. The temperature and humidity are maintained within limits suitable for the comfort of personnel in the same room. The PBA has been designed for correct functioning within an ambient temperature interval from 5 °C to 70 °C.

From previous experience, it is known that CMOS integrated circuits (ICs) and power transistors exhibit early failures, due to flaws in the components. In the present PBA, there are 16 ICs and eight power transistors among the total of 175 components. The ICs as well as the transistors are plastic encapsulated.

For the purpose of planning a reliability screening programme for the new product, it is decided to optimize a reliability stress screening process for the PBA in accordance with this standard.

#### J.2 Planning of a reliability stress screening process for the PBAs

The screening process under consideration is to be performed at the subsystem level of the system manufacturer (see Figure 3). The planning comprises a number of main steps.

STEP 1 – Specify the maximum allowable fraction of weak assemblies (see Figure 2). This step is performed by looking at the requirements for the end product in which the PBA is to serve. In the present case, no other parts of the end product contribute to early failures. Therefore, the acceptable fraction of weak assemblies,  $p_B$ , remaining after reliability screening is the same for the end product and the PBA. In order to fulfil market requirements, a value for  $p_B$  is chosen:

$$p_B = 0,02 = 2 \%$$

STEP 2 – Evaluate the actual fraction of weak assemblies (see Figure 2). Calculations as outlined in 6.2.3, steps 1 and 2, are required. In the present case, there are two rogue component classes: ICs and power transistors. Previous experience shows that about 1 % of the ICs and about 0,5 % of the transistors fail early. Using the higher value gives the fraction of weak components in the rogue component classes lumped together:

$$p_C \approx 1 \% = 0,01$$

Avec 24 composants (16 circuits intégrés et 8 transistors) dans la classe de composants à risques «anonyme», la proportion de cartes imprimées équipées fragiles avant le déverminage est alors

$$p_s = 1 - (1 - p_c)^N = 1 - (1 - 0,01)^{24} = 0,214$$

Le déverminage est donc nécessaire selon l'inégalité

$$p_s \approx 0,21 \gg p_B = 0,02$$

On doit réduire d'un ordre de grandeur la proportion des défaillances précoces avant de monter la carte imprimée équipée dans le produit fini.

ETAPE 3 – Considérer ensuite les conditions de contraintes (voir 6.1.2). On déterminera d'abord les défauts. On s'attend à ce qu'elles soient créées pendant le montage des composants.

Pour les circuits intégrés, les phénomènes suivants peuvent apparaître:

- détérioration partielle des oxydes minces par décharges électrostatiques survenant pendant les manipulations au cours des opérations de production;
- formation de fissures dans l'enrobage en plastique par suite d'un processus de production manuel difficile.

Pour les transistors, le phénomène suivant peut apparaître:

- formation de fissures dans l'enrobage en plastique par suite d'un processus de production manuel difficile.

Dans ce cas, l'équipe de direction a examiné la situation; elle est arrivée aux conclusions suivantes:

- il n'est pas économiquement efficace de remplacer le déverminage par un processus de production amélioré qui vise à réduire la proportion de défauts créés;<sup>5)</sup>
- aucune de ces fragilités ne peut être supprimée de manière économiquement efficace par des modifications de la conception;<sup>6)</sup>
- les défauts prévus ne peuvent pas être supprimés de manière économiquement efficace par inspection lors de la production.<sup>6)</sup>

Les Annexes A à F permettent d'établir le Tableau J.1 qui indique le rapport entre les défauts et leur sensibilité et les différentes contraintes.

Les informations du Tableau J.1 ont permis de sélectionner une combinaison de haute température constante, de cycles de haute/basse température et de contrainte de fonctionnement constante en tant que condition de contrainte la plus économiquement efficace.

---

5) Ces problèmes spécifiques ne doivent pas être considérés comme des problèmes habituels de l'industrie. Ils visent uniquement à illustrer les étapes de la procédure.

With 24 components (16 ICs plus eight transistors) in the "anonymous" rogue component class, the fraction of weak PBAs before reliability stress screening becomes

$$p_s = 1 - (1 - p_c)^N = 1 - (1 - 0,01)^{24} = 0,214$$

The necessity for screening is demonstrated by the inequality

$$p_s \approx 0,21 \gg p_B = 0,02$$

The fraction of early failures has to be reduced by an order of magnitude before the PBA is mounted into the end product.

STEP 3 – Consider the stress conditions (see 6.1.2). First the flaws are identified. They are expected to be induced by the assembly process.

For the ICs, the following phenomena may appear:

- partial damaging of the internal dielectric barriers due to electrostatic discharge (ESD) in the production handling;
- formation of cracks in the plastic encapsulation due to a difficult manual production process;

For the transistors, the following phenomenon may appear:

- formation of cracks in the plastic encapsulation, due to a difficult manual production process;

In this case, the management has evaluated the situation, and has come to the following conclusions:

- it is not cost effective to replace the screening with an improved production process, in which the inducing of flaws may be reduced; <sup>5)</sup>
- none of the weaknesses can be cost effectively removed by design modifications; <sup>6)</sup>
- the expected flaws cannot be cost effectively removed by an inspection during production. <sup>6)</sup>

After going through Annexes A to F, Table J.1 relating flaws and their sensitivity to different stresses can be set up.

Based on the information in Table J.1, a combination of constant high temperature, low/high temperature cycling and constant operational stress was selected as the most cost-effective stress condition.

---

<sup>5)</sup> These particular problems are not intended to be regarded as general problems in industry. The purpose is only to illustrate the steps in the procedure.

**Tableau J.1 – Rapport entre la sensibilité des défauts et les contraintes**

DEFAUTS				REMARQUES
Détérioration partielle des CMOS ICs par décharges électrostatiques survenant pendant les manipulations au cours des opérations de production				
Fissures dans l'enrobage CMOS IC par suite d'un processus de production manuel difficile				
Fissures dans l'enrobage du transistor par suite d'un processus de production manuel difficile				
CONTRAINTES				
Haute température constante			X	Utilisable
Cycles de basse/haute températures	X	X		Utilisable
Vibration sinusoïdale à fréquence fixe Vibration sinusoïdale à balayage de fréquence Vibration aléatoire Secousse				L'entité n'est pas conçue pour un environnement mécanique difficile
Contrainte de fonctionnement constante			X	Utilisable
Contrainte de fonctionnement cyclique	X			Utilisable
Humidité élevée constante et température	X	X		Adapté au déverminage – bien que non attendu dans des conditions de champ
Cycles de température et humidité élevée		X	X	

Les limites de températures de tous les composants de la carte imprimée équipée sont comprises entre  $-10\text{ °C}$  et  $+70\text{ °C}$ . Les températures supérieure et inférieure ont été choisies en conséquence. Les composants à risques sont plutôt relativement petits de sorte qu'il est nécessaire d'utiliser une vitesse de variation de température assez importante. Une vitesse de  $5\text{ °C/min}$  a été choisie. La durée de transition est d'environ 15 min. Des durées de paliers de 30 min ont été choisies à température basse et de 1,5 h à haute température. Pendant tout le cycle, les cartes imprimées équipées sont soumises à une contrainte de fonctionnement dans des conditions correspondant aux valeurs maximales spécifiées pour la carte imprimée équipée. Un contrôle de fonctionnement est effectué au cours de chaque cycle à la fin de la phase de haute température. Cela donne une durée totale de 2,5 h pour le cycle.

*Résumé des conditions de contraintes:*

Température inférieure:	$-10\text{ °C}$
Température supérieure:	$70\text{ °C}$
Vitesse de variation de température:	$5\text{ °C/min}$
Durée des paliers:	à la température inférieure 30 min à la température supérieure 1,5 h
Contrainte de fonctionnement constante:	valeurs maximales nominales
Contrôle du fonctionnement (voir Figure 4):	type B, toutes les 2,5 h.

**Table J.1 – Relation between sensitivity of flaws and stresses**

FLAWS				REMARKS
Partial damage of CMOS ICs due to ESD in production handling				
Cracks in CMOS IC encapsulation due to a difficult manual production process				
Cracks in power transistor encapsulation due to a difficult manual production process				
STRESSES				
Constant high temperature			X	Usable
Low/high temperature cycling	X	X		Usable
Fixed frequency sinusoidal vibration Swept frequency sinusoidal vibration Random vibration Bump				The item is not designed for a rough, mechanical environment
Constant operational stress	X		X	Usable
Operational stress cycling	X	X		Usable
Constant high humidity and temperature		X		Suitable for screening – although not expected in field conditions
High humidity and temperature cycling			X	

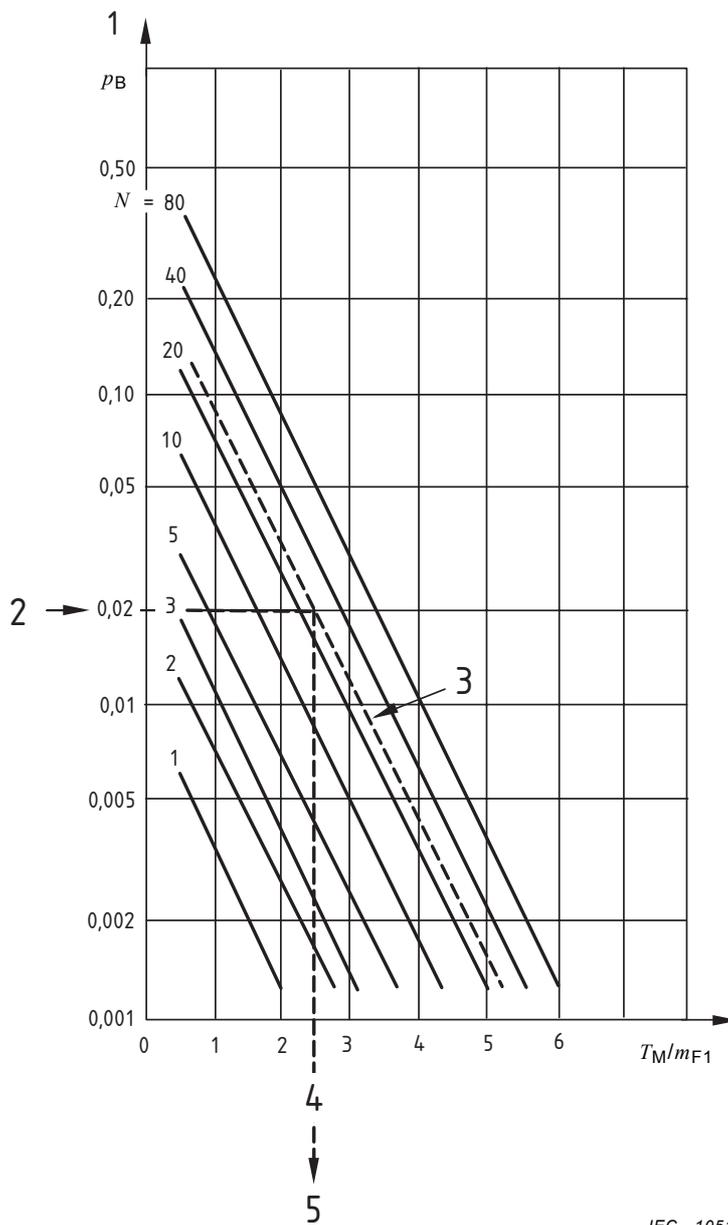
The temperature limits of all components on the PBA are within the range  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ . The lower and upper temperatures were chosen accordingly. The rogue components have rather small dimensions, so a reasonably high rate of change of temperature has to be used. It was chosen to be  $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ . The transition time then becomes approximately 15 min. The dwell time at the lower temperature was chosen to be 30 min and at the higher temperature 1,5 h. During the whole cycle, the PBA are operationally stressed corresponding to the maximum ratings for the PBA. A functional testing in each cycle is performed at the end of the high-temperature phase. The total duration of one cycle adds up to 2,5 h.

*Summary of stress conditions:*

Lower temperature:	$-10\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Upper temperature:	$70\text{ }^{\circ}\text{C}$	
Rate of change of temperature:	$5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$	
Dwell time:	at lower temperature	30 min
	at upper temperature	1,5 h
Constant operational stress:	maximum rated	
Monitoring (see Figure 4):	type B every 2,5 h.	

ETAPE 4 – Déterminer la valeur de la période sans défaillance  $T_M$ . Le graphique pour  $p_c = 0,01$  de la Figure 8 donne directement la valeur cherchée. En utilisant ce graphique, comme indiqué à la Figure J.1, on obtient:

$$T_M / m_{F1} = 2,4 \text{ so } T_M = 2,4 \times m_{F1}$$



IEC 1051/06

**Légende**

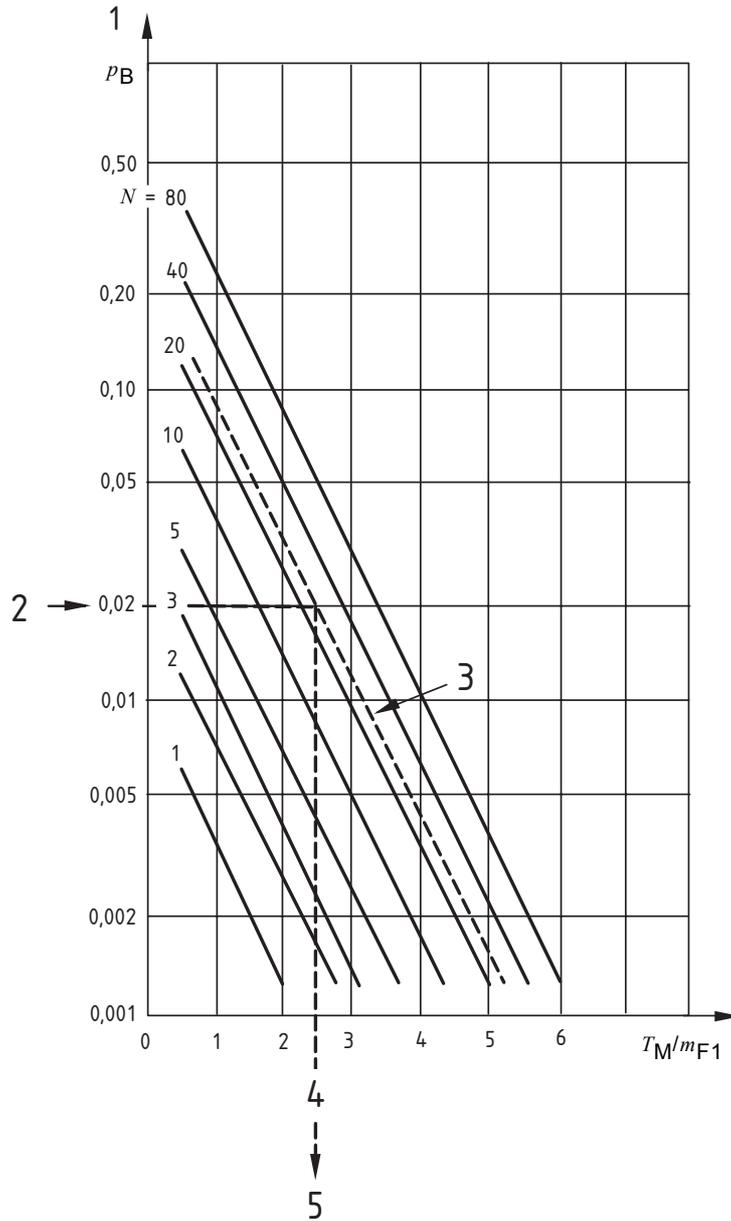
$p_c = 0,01$

- $N$  nombre de composants dans la classe des composants à risque
- $P_c$  proportion des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques
- 1 proportion d'assemblages fragiles restants
- 2  $p_B = 0,02$  (valeur réelle)
- 3  $p_B = 0,024$  (valeur réelle)
- 4 période sans défaillance normalisée
- 5  $T_M / m_{F1}$  (valeur réelle dérivée)

**Figure J.1 – Détermination de la période sans défaillance  $T_M$**

STEP 4 – Determine the failure free period  $T_M$ . The graph for  $p_c = 0,01$  in Figure 8 fits the purpose. Applying this graph, as shown in Figure J.1, gives:

$$T_M / m_{F1} = 2,4 \quad \text{so} \quad T_M = 2,4 \times m_{F1}$$



**Key**

- $p_c = 0,01$
- $N$  number of components in the rogue component class
- $p_c$  fraction of weak components in the rogue component class
- 1 fraction of weak assemblies remaining
- 2  $p_B = 0,02$  (actual value)
- 3  $N = 24$  (actual value)
- 4 normalized failure-free period
- 5  $T_M / m_{F1}$  (actual derived value)

IEC 1051/06

**Figure J.1 – Derivation of the failure-free period  $T_M$**

D'après l'expérience acquise, on sait que la moyenne des durées de fonctionnement jusqu'à défaillance est d'environ 10 h pour les défaillances précoces des circuits intégrés dans l'environnement choisi. Pour les transistors, la moyenne des durées de fonctionnement jusqu'à défaillance est de 40 h environ dans le même environnement. Conformément à 6.2.2, étape 1, on prendra la plus grande des deux valeurs comme moyenne des durées jusqu'à défaillance des composants fragiles des classes de composants à risques regroupées, soit  $m_{F1} = 40$  h et donc

$$T_M = 2,4 \times 40 = 96 \text{ h (soit 4 jours ou 38,4 cycles)}$$

En chiffres arrondis, chaque carte imprimée équipée doit faire la preuve d'une période sans défaillance égale à:

$$T_M \approx 38 \text{ cycles}$$

ETAPE 5 – Déterminer la durée moyenne de déverminage  $T_B$  pour chaque carte imprimée équipée.

$T_B$  permettra d'estimer le coût du déverminage. Les graphiques de l'Annexe I pour  $T_B/m_{F1}$  en fonction de  $T_M/m_{F1}$  peuvent s'appliquer à ce cas, comme indiqué à la Figure J.2. Pour la valeur de  $T_M/m_{F1} = 2,4$ , on obtient la valeur  $T_B/m_{F1} \approx 3,0$ .

En conclusion, la durée moyenne de déverminage pour chaque carte imprimée équipée est de:

$$T_B \approx 3,0 m_{F1} = 3,0 \times 40 = 120 \text{ h} = 5 \text{ jours}$$

From experience it is known that the MTTF for the early failures of the ICs is about 10 h in the chosen environment. For the transistor, the MTTF for the early failures is about 40 h in the chosen environment. According to 6.2.2, step 1, the mean time to failure for the weak components in the rogue component classes lumped together is to be set equal to the highest value, which gives  $m_{F1} = 40$  h, and accordingly

$$T_M = 2,4 \times 40 = 96 \text{ h (equal to 4 days or 38,4 cycles)}$$

In round figures, the failure free period to be demonstrated for every PBA is

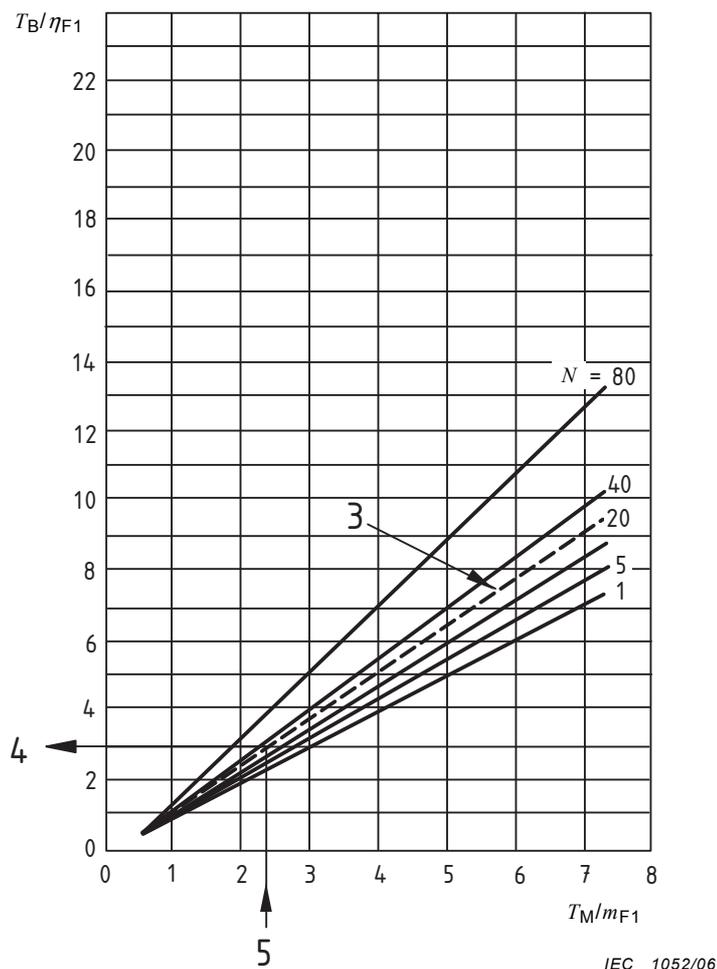
$$T_M \approx 38 \text{ cycles}$$

STEP 5 – Determine the average screening duration  $T_B$  for each PBA.

$T_B$  can be used in order to estimate the cost of the screening. The graphs in Annex I for  $T_B/m_{F1}$  versus  $T_M/m_{F1}$  are applied to this specific case in Figure J.2. The specific value of  $T_M/m_{F1} = 2,4$  gives  $T_B/m_{F1} \approx 3,0$ .

Finally, the average screening duration for each PBA can be derived:

$$T_B \approx 3,0 m_{F1} = 3,0 \times 40 = 120 \text{ h} = 5 \text{ days}$$



**Légende**

$p_c = 0,01$

$N$  nombre de composants dans la classe des composants à risque

$p_c$  proportion des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques

3  $N = 24$  (valeur réelle)

4  $T_B / m_{F1}$  (valeur réelle dérivée)

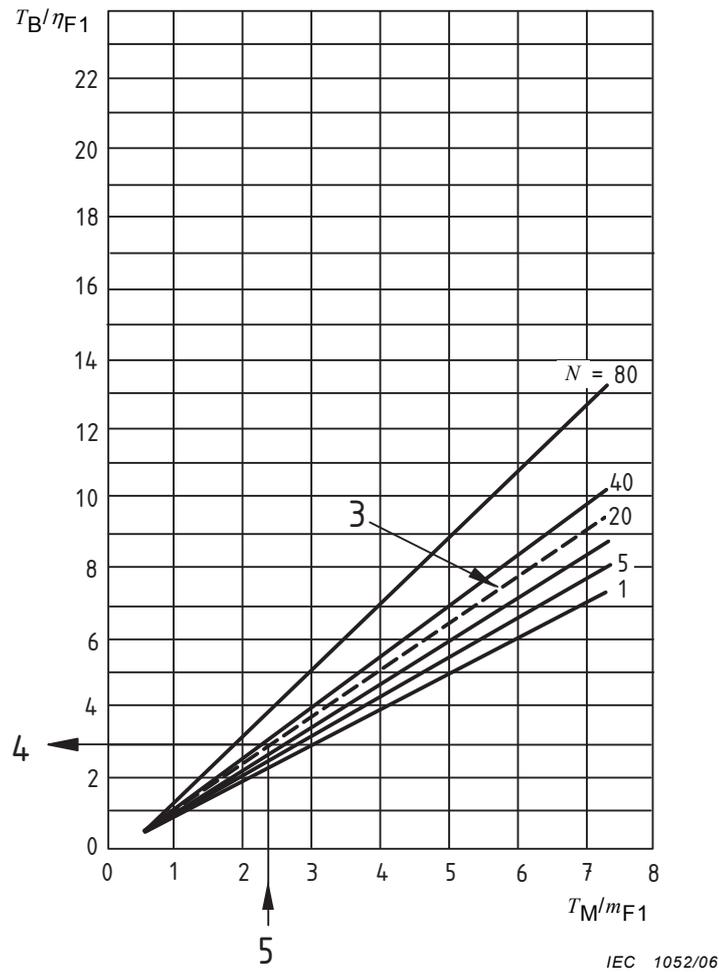
5  $T_M / m_{F1}$  (valeur réelle dérivée)

**Figure J.2 – Détermination de la durée moyenne du déverminage**

**J.3 Modification du déverminage sous contraintes**

Conformément à l'Article 7, une production de présérie de 100 cartes imprimées équipées subit le déverminage sous contraintes planifié, de la manière décrite aux Articles J.1 et J.2.

En outre, comme recommandé en 7.1, les cartes imprimées équipées ayant fonctionné avec succès pendant la période «sans défaillance» ont été maintenues sous contraintes pendant une période prolongée jusqu'à 134 cycles, soit à peu près deux semaines. Cela a donné suffisamment de défaillances d'après la règle empirique de 7.2 (la période est uniquement de  $3,5 T_M$ , mais il y a trois fois plus de cartes imprimées équipées que recommandé).



**Key**

- $p_c = 0,01$
- $N$  number of components in the rogue component class
- $p_c$  fraction of weak components in the rogue component class
- 3  $N = 24$  (actual value)
- 4  $T_B / m_{F1} = 3,0$  (actual derived value)
- 5  $T_M / m_{F1} = 2,4$  (actual value)

**Figure J.2 – Derivation of the average screening duration**

**J.3 Revision of the reliability stress screening process**

In accordance with Clause 7, the pilot-production run of 100 PBAs goes through the planned reliability stress screening, as described in Clauses J.1 and J.2.

Furthermore, as recommended in 7.1, the PBAs surviving the failure-free period without failure were kept under the stress conditions for a prolonged period of up to 134 cycles, which corresponds to about two weeks. Enough failures, according to the rule of thumb in 7.2, were generated (the period is only about  $3,5 T_M$ , but there are three times as many PBAs as recommended).

Les durées de fonctionnement observées jusqu'à la première défaillance se trouvent dans le Tableau J.2. Ce tableau indique également les valeurs de rang médian pour la taille d'échantillon  $n = 100$ , selon la formule:

$$P_{50}(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \times 100 \text{ (en tant que pourcentage)}$$

où

$n$  est le nombre de cartes imprimées équipées;

$i$  est le rang de chaque défaillance.

**Tableau J.2 – Relevé expérimental des rangs des défaillances et des durées jusqu'à défaillance pour la production de présérie**

Durées de fonctionnement avant la première défaillance (cycles)	Nombre accumulé de défaillances $i$	$P_{50}$ (durées de fonctionnement avant la première défaillance) %
1	1	0,7
2	7	6,7
3	12	11,7
4	14	13,6
5	17	16,6
6	19	18,6
7	20	19,6
8	21	20,6
9	22	21,6
12	24	23,6
16	25	24,6
19	26	25,6
24	27	26,6
26	28	27,6
31	29	28,6
38	30	29,6
42	31	30,6
46	32	31,6
58	33	32,6
72	34	33,6
98	35	34,6
106	36	35,6

A la Figure J.3, on a porté sur le graphe de Weibull les instants et les rangs médians des défaillances observées, ainsi que la courbe théorique en S correspondant aux valeurs suivantes:

$p_s = 0,21$ ,  $\beta_1 = 1$  et  $m_{F1} = 40 \text{ h} = 16 \text{ cycles}$  d'après la préparation de déverminage et d'après une prévision faite pour la population des cartes imprimées équipées saines ( $\beta_2 = 1$  et  $m_{Fs2} = 10\,000 \text{ h} = 4\,000 \text{ cycles}$ ).

The times to first failure, TTFF, observed appear in Table J.2. The table also shows the median rank values for the sample size  $n = 100$ , calculated by:

$$P_{50}(t_i) = \frac{i - 0,3}{n + 0,4} \times 100 \text{ (as a percentage)}$$

where

$n$  is the number of PBAs;

$i$  is the rank of each failure.

**Table J.2 – Observed failure ranks and times to first failure for the pilot production**

TTFF (cycles)	Accumulated number of failures $i$	$P_{50}$ (TTFF) %
1	1	0,7
2	7	6,7
3	12	11,7
4	14	13,6
5	17	16,6
6	19	18,6
7	20	19,6
8	21	20,6
9	22	21,6
12	24	23,6
16	25	24,6
19	26	25,6
24	27	26,6
26	28	27,6
31	29	28,6
38	30	29,6
42	31	30,6
46	32	31,6
58	33	32,6
72	34	33,6
98	35	34,6
106	36	35,6

In Figure J.3, the observed failure development is plotted on a Weibull graph paper, together with a calculated S-curve based on the following values.:

$p_s = 0,21$ ,  $\beta_1 = 1$  and  $m_{F1} = 40 \text{ h} = 16 \text{ cycles}$ , from the planning of the screening, and a prediction of the strong PBA population ( $\beta_2 = 1$  and  $m_{FS2} = 10\,000 \text{ h} = 4\,000 \text{ cycles}$ ).

La courbe expérimentale des défaillances fait apparaître une proportion de défaillances nettement plus grande (0,1 environ) que prévu. Une investigation sur les causes de défaillances révèle que les causes de défaillances sont plus nombreuses que prévu. Les nouvelles causes des défaillances sont les suivantes:

- a) une surcharge thermique des transistors par suite de tension de saturation élevée conjointement avec un courant élevé lorsque le transistor est à l'état conducteur;<sup>6</sup>
- b) une surcharge thermique de transistors, par suite d'une fixation incorrecte de l'embase du transistor à son dissipateur thermique;<sup>7</sup>
- c) les transistors et les circuits intégrés ne sont pas seuls en cause; il faut ajouter les défaillances d'une diode et d'un condensateur<sup>7</sup>

L'équipe de direction a réexaminé la situation et elle est parvenue aux conclusions suivantes:

- i) on peut remédier à la première cause par une modification de la conception;
- ii) on peut remédier à la deuxième cause par un contrôle des cartes imprimées équipées lors de leur montage;
- iii) ces deux types de défaillance sont considérés comme des défaillances qui se produisent de manière aléatoire en fonction du temps dans la population des cartes imprimées équipées saines. Les autres défaillances sont les défaillances prévues des circuits intégrés et des transistors.

En conclusion, il ne faut pas considérer des défaillances de type a) et b) et il faut retoucher le relevé expérimental de Weibull après avoir tenu compte des assemblages supprimés (se reporter à l'Annexe H). Le Tableau J.3 indique les valeurs des rangs modifiées et la Figure J.4 le relevé expérimental de Weibull correspondant aux défaillances retenues.

Comme indiqué à la Figure J.4, il y a un net changement de pente à environ 14 %. La pente de la première partie de la courbe est supérieure à 1, mais elle n'est pas considérable. La méthode décrite à l'Annexe J (Figure J.4) permet d'obtenir les valeurs de  $p_s$  et  $m_{Fs}$  à savoir:

$$p_s = 0,14$$

$$m_{Fs} \approx 5,1 \text{ cycles}$$

L'étape suivante consiste à appliquer 7.3 et à évaluer  $p_c$  et  $m_{F1}$  (noter qu'il reste 24 composants dans les classes des composants à risques regroupées):

$$p_c = 1 - (1 - p_s)^{1/N} = 1 - (1 - 0,14)^{1/24} = 0,0063$$

$$m_{F1} = m_{Fs} \times \frac{p_c N}{p_s} = 5,1 \times \frac{0,0063 \times 24}{0,14} = 5,5 \text{ cycles}$$

<sup>6</sup> Ces problèmes ne sont pas d'ordre général, mais choisis dans le seul but d'illustrer la procédure de révision du déverminage sous contraintes.

The failure development observed shows a considerably higher failure fraction (about 0,1) than expected. An investigation of the failure causes reveals that there are more failure causes than the expected ones. The new failure causes are as follows:

- a) thermal overload of transistors, due to a high saturation voltage in combination with high current, when the transistor is "on";<sup>7)</sup>
- b) thermal overload of transistors, due to an improper fastening of the transistor case to its heat sink;<sup>7)</sup>
- c) besides ICs and transistors, a diode and a capacitor have failed<sup>6)</sup>.

The management has again evaluated the situation and come to the following conclusions:

- i) the first cause can be catered for by a design modification;
- ii) the second cause can be catered for by an inspection during the assembling of the PBAs;
- iii) these two types of failure are regarded as failures that occur randomly with respect to time in the sound PBA population. The remaining failures are the expected IC and transistor failures.

In conclusion, a) and b) type failures have to be regarded as non-relevant failures, and the Weibull plot revised by taking into consideration suspended assemblies (see Annex H). Table J.3 shows the revised rank values, and Figure J.4 shows the Weibull plot for the relevant failures.

As seen in Figure J.4, there is a clear levelling off at about 14 %. The slope of the early part is higher than 1, but not in the extreme. By the method described in Annex J (Figure J.4),  $p_s$  and  $m_{F_s}$  are derived:

$$p_s = 0,14$$

$$m_{F_s} \approx 5,1 \text{ cycles}$$

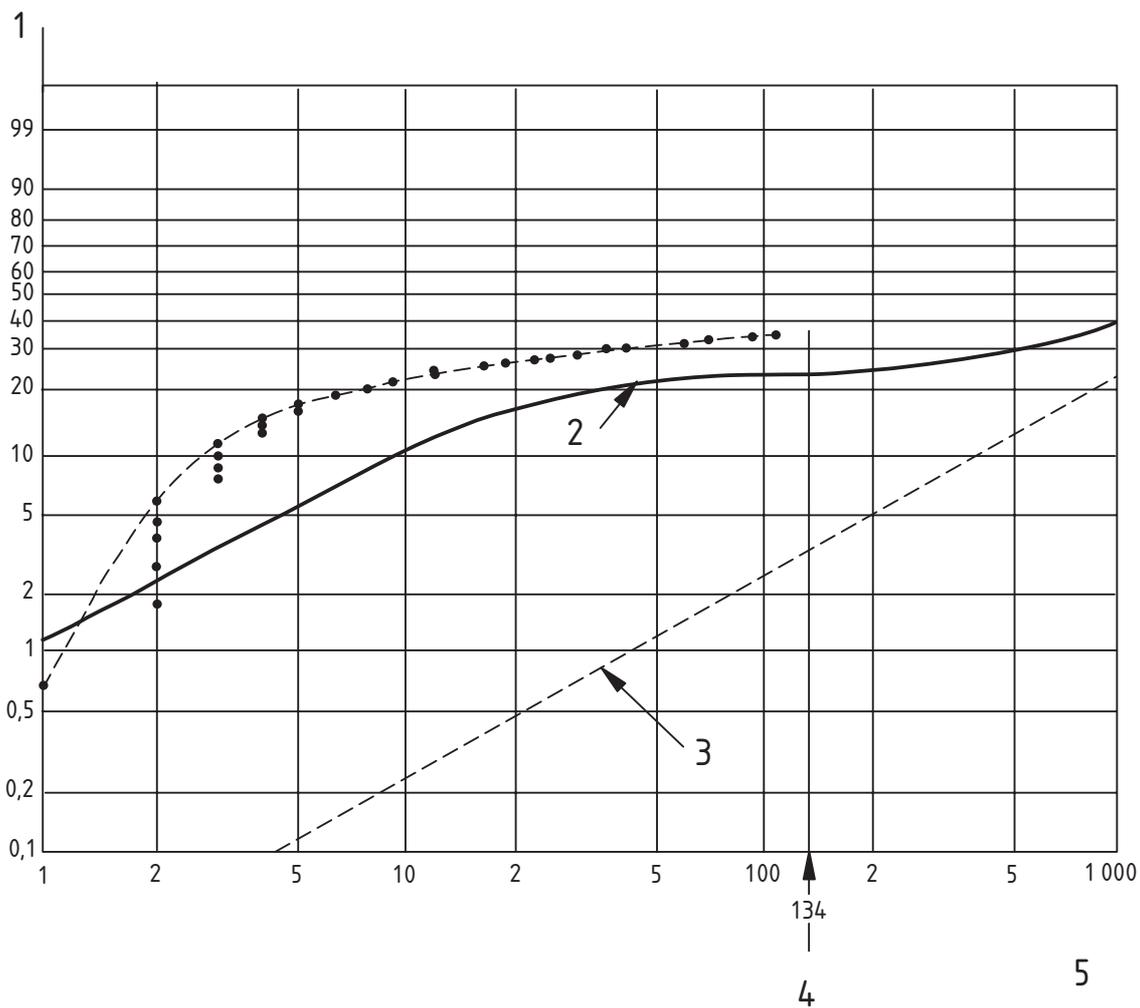
The next step is to follow 7.3, and evaluate  $p_c$  and  $m_{F_1}$  (note that there still are 24 components in the rogue component classes lumped together):

$$p_c = 1 - (1 - p_s)^{1/N} = 1 - (1 - 0,14)^{1/24} = 0,0063$$

$$m_{F_1} = m_{F_s} \times \frac{p_c N}{p_s} = 5,1 \times \frac{0,0063 \times 24}{0,14} = 5,5 \text{ cycles}$$

---

6) These problems are not of a general nature, but chosen for the sole purpose of illustrating the procedure for revision of the reliability stress screening.

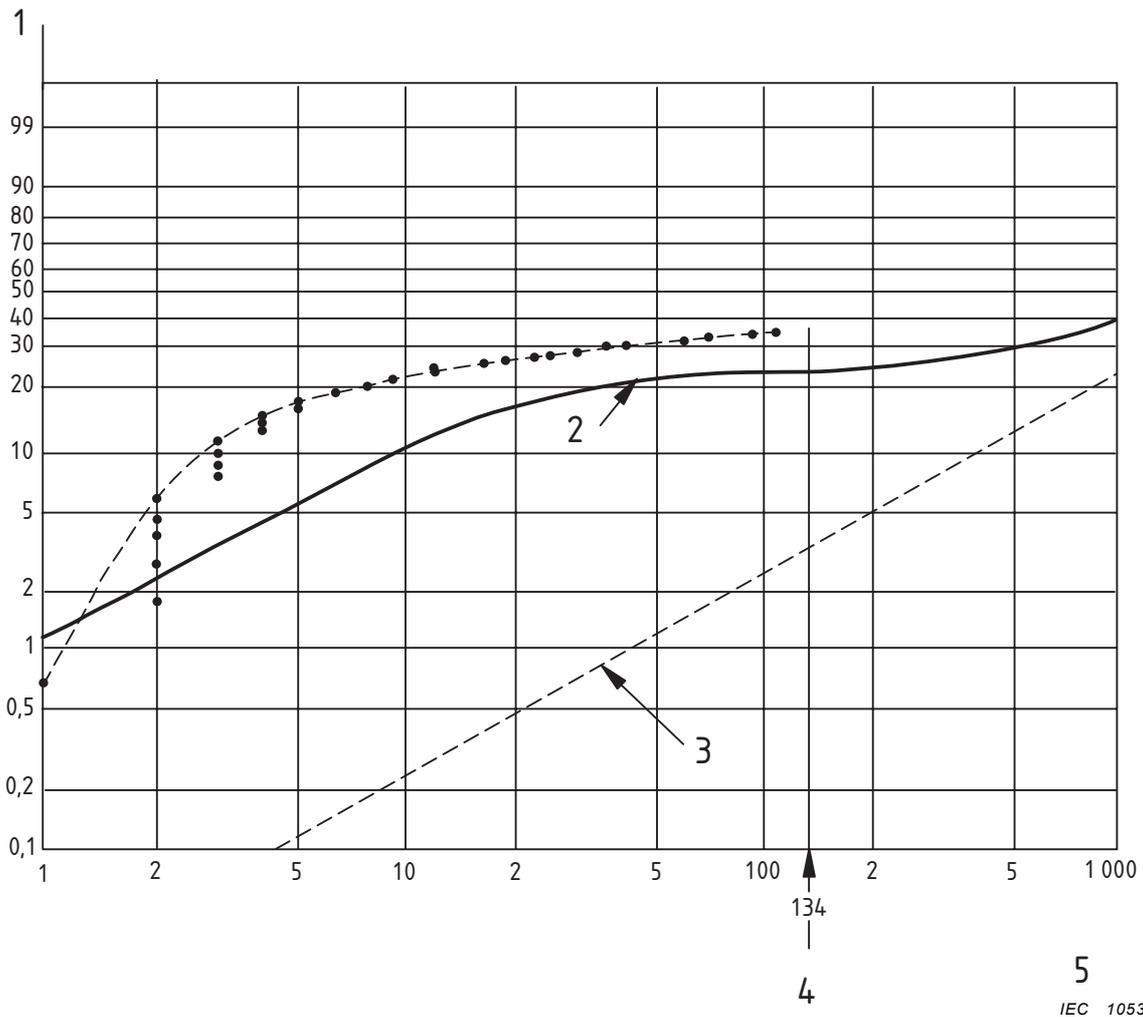


IEC 1053/06

**Légende**

- 1 fonction de distribution cumulée ( % Weibull)
- 2 courbe S prédite  $F(t) = 0,21 (1 - e^{-t/16}) + 0,79 (1 - e^{-t/400})$
- 3  $F_2(t) = 1 - e^{-t/400}$  (fonction de distribution cumulée prédite pour la population saine de carte imprimée équipée)
- 4 arrêt
- 5  $t$  (cycles)

**Figure J.3 – Tracé sur graphe de Weibull observé et motif de défaillances prédit des cartes imprimées équipées de présérie**



**Key**

- 1 c.d.f. ( % Weibull)
- 2 predicted S-curve  $F(t) = 0,21(1 - e^{-t/16}) + 0,79(1 - e^{-t/400})$
- 3  $F_2(t) = 1 - e^{-t/400}$  (predicted c.d.f. for the sound PBA population)
- 4 stop
- 5  $t$  (cycles)

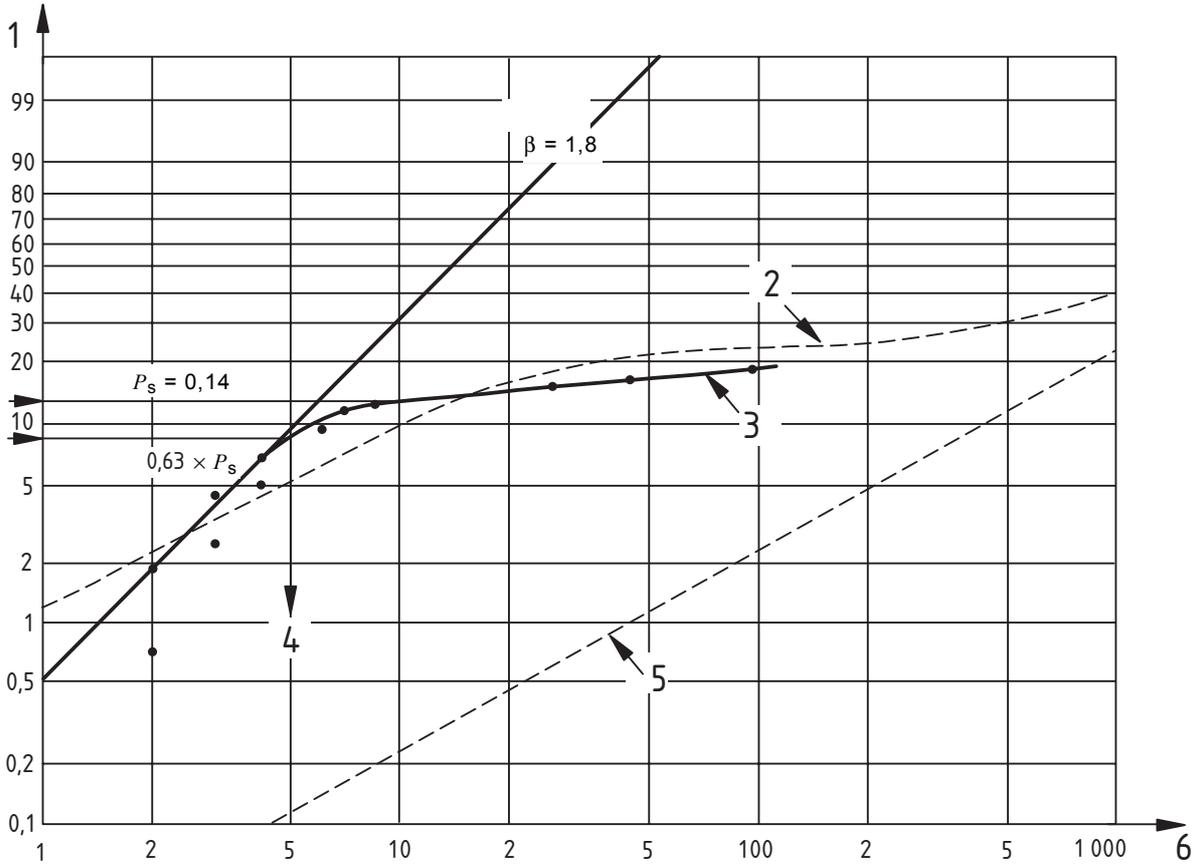
**Figure J.3 – Weibull plot of the observed and predicted failure pattern for the pilot production PBAs**

**Tableau J.3 – Valeurs de rang modifiées**

<i>t</i> (cycles)	N° défaillance	Défaillances non prises en compte (supprimées)	Défaillances prises en compte	N° d'assemblages après S	Δ	<i>i</i>	<i>P</i> <sub>50</sub> %
1	1	S			(1)	(0)	
2	2		F	99	1,010	1,010	0,71
2	3		F		1,010	1,020	1,71
2	4	S					
2	5	S					
2	6	S					
2	7	S					
3	8		F	93	1,053	3,073	2,76
3	9		F		1,053	4,126	3,81
3	10	S					
3	11	S					
3	12	S					
4	13		F	88	1,088	5,214	4,9
4	14		F		1,088	6,302	6,0
5	15		F		1,088	7,390	7,1
5	16		F		1,088	8,478	8,1
5	17	S			1,088		
6	18		F	83	1,101	9,579	9,2
6	19		F		1,101	10,680	10,3
7	20		F		1,101	11,781	11,4
8	21		F		1,101	12,882	12,5
9	22	S					
12	23		F	78	1,115	13,997	13,6
12	24	S					
16	25	S					
19	26	S					
24	27		F	74	1,160	15,157	14,8
26	28	S					
31	29	S					
38	30	S					
42	31		F	70	1,209	16,366	16,0
46	32	S					
58	33	S					
72	34	S					
98	35		F	66	1,263	17,629	17,3
106	36	S					
Total		20	16				

Table J.3 – Revised rank values

<i>t</i> (cycles)	Event. no.	Non-relevant failures (suspensions)	Relevant failures	No. of assemblies after S	$\Delta$	<i>i</i>	<i>p</i> <sub>50</sub> %
1	1	S			(1)	(0)	
2	2		F	99	1,010	1,010	0,71
2	3		F		1,010	1,020	1,71
2	4	S					
2	5	S					
2	6	S					
2	7	S					
3	8		F	93	1,053	3,073	2,76
3	9		F		1,053	4,126	3,81
3	10	S					
3	11	S					
3	12	S					
4	13		F	88	1,088	5,214	4,9
4	14		F		1,088	6,302	6,0
5	15		F		1,088	7,390	7,1
5	16		F		1,088	8,478	8,1
5	17	S			1,088		
6	18		F	83	1,101	9,579	9,2
6	19		F		1,101	10,680	10,3
7	20		F		1,101	11,781	11,4
8	21		F		1,101	12,882	12,5
9	22	S					
12	23		F	78	1,115	13,997	13,6
12	24	S					
16	25	S					
19	26	S					
24	27		F	74	1,160	15,157	14,8
26	28	S					
31	29	S					
38	30	S					
42	31		F	70	1,209	16,366	16,0
46	32	S					
58	33	S					
72	34	S					
98	35		F	66	1,263	17,629	17,3
106	36	S					
Total		20	16				



IEC 1054/06

**Légende**

- 1 Fonction de distribution cumulée ( % Weibull)
- 2 courbe S prédite
- 3 relevé de Weibull des défaillances prises en compte
- 4  $b_1 = 5,1 \text{ cycle} = \eta_{Fs}$
- 5  $F_2(t)$  prédite
- 6  $t$  (cycles)

**Figure J.4 – Relevé de Weibull de la courbe S des défaillances prises en compte et des défaillances prédites pour le déverminage de la production de présérie**

Afin de calculer à nouveau  $T_M$  et  $T_B$ , on choisit le graphique correspondant à la valeur la plus proche de  $p_c = 0,0063$ . C'est le graphique 0,005 de la Figure 8d. Conformément à l'étape 4 de 6.2.3, on recalcule les valeurs  $N$  de la courbe pour tenir compte de la différence entre la valeur  $p_c$  pour les graphiques ( $p_{c,graph} = 0,005$ ) et la valeur réelle  $p_c$  de 0,0063. La Figure J.5 indique les corrections.

En appliquant la même méthode qu'à l'Article 6.3 on obtient la période sans défaillance au moyen des nouvelles courbes de la Figure J.5 et de  $p_B = 0,02$ :

$$\frac{T_M}{m_{F1}} = 2,0$$

La nouvelle valeur de la période sans défaillance est alors:

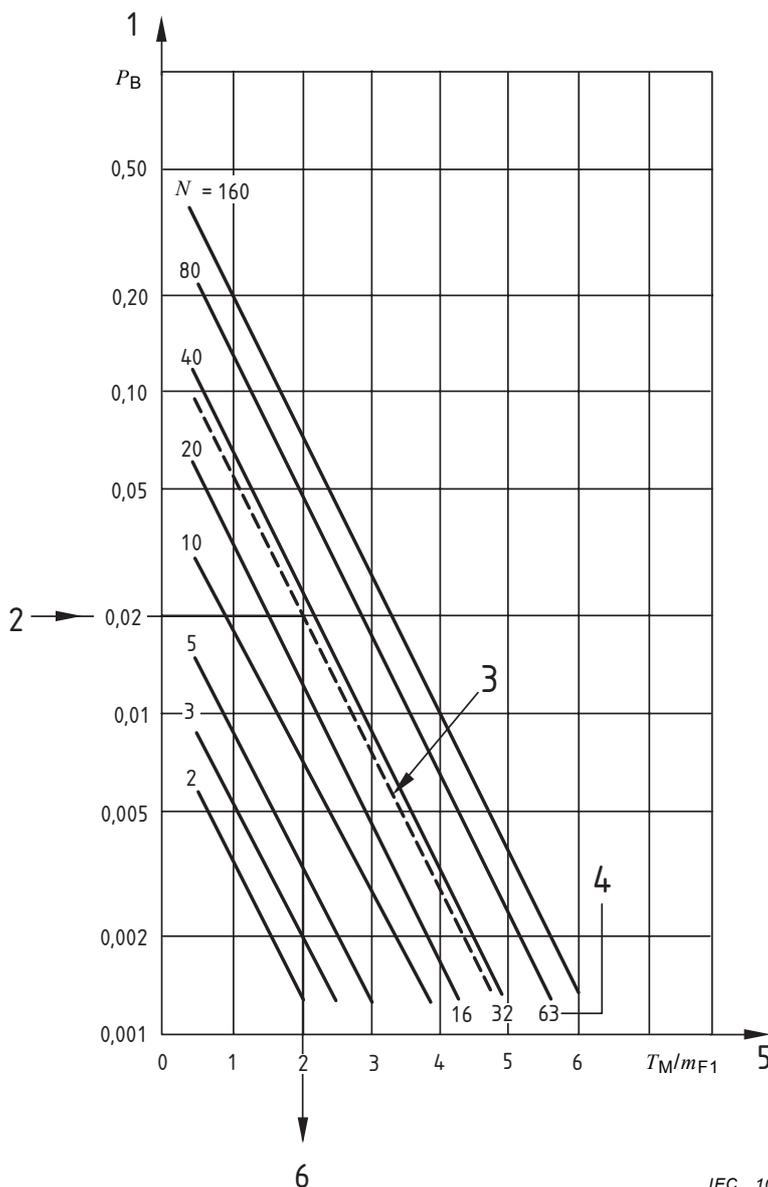
$$T_M \approx 2,0 \times m_{F1} = 2,0 \times 5,5 = 11 \text{ cycles} = 27,5 \text{ h} (\approx 1 \text{ jour})$$



On corrige de la même façon le graphique de durée moyenne établi pour  $p_c = 0,005$  à l'Annexe I. Le résultat est indiqué à la Figure H.6. La Figure H.6 indique  $T_B/m_{F1} \approx 2,2$  qui donne la durée de déverminage moyenne suivante:

$$T_B = 2,2 \times m_{F1} = 2,2 \times 5,5 \approx 12 \text{ cycles} = 30 \text{ h}$$

Noter la réduction du nombre requis de cycles après le déverminage sous contraintes de la production de présérie.



**Légende**

$p_c = 0,063$

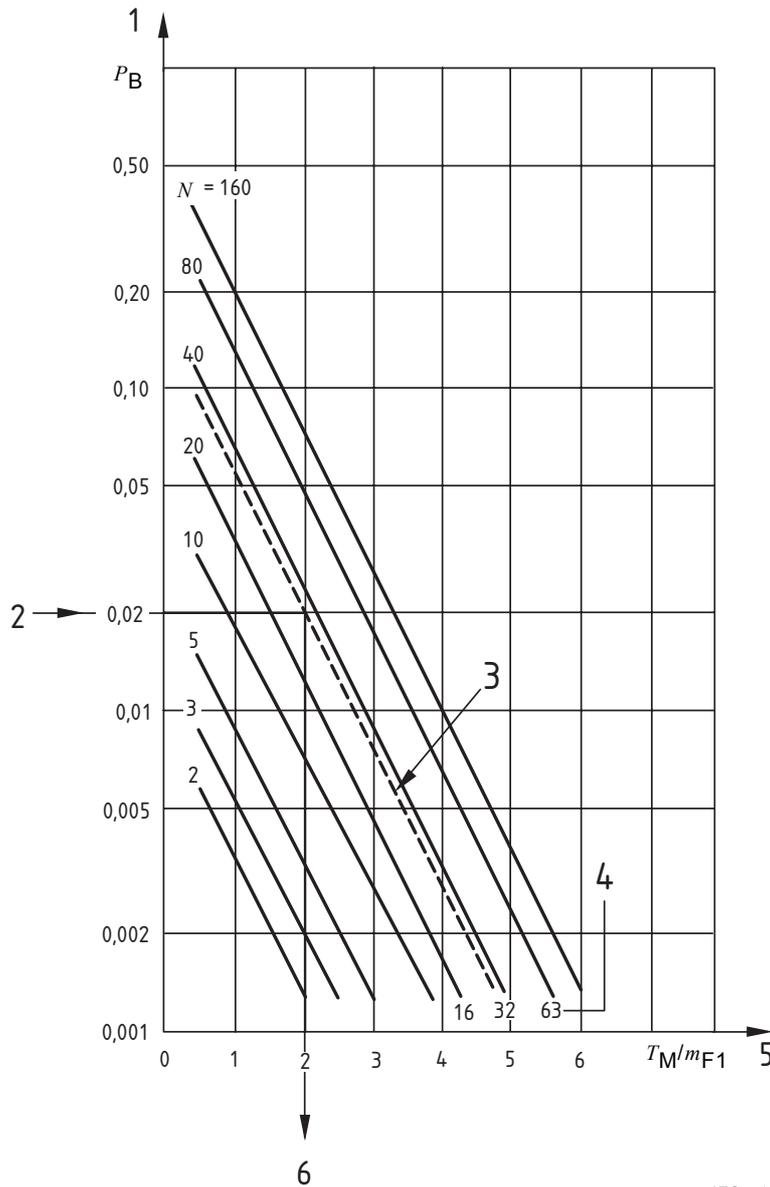
- 1 nombre de composants dans la classe des composants à risque
- $p_c$  proportion des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques
- 1 proportion d'assemblages fragiles restants
- 2 valeur réelle de  $p_B = 0,02$
- 3 valeur réelle de  $N_{new} = 24$
- 4  $N_{new} = N \frac{0,005}{0,0063}$
- 5 période sans défaillance normalisée
- 6 valeur réelle de  $T_M/m_{F1} \approx 2,0$

**Figure J.5 – Graphique des durées (corrigé) pour déterminer la période sans défaillance**

In the same manner, the average duration graph for  $p_c = 0,005$  from Annex I is corrected. The result appears in Figure J.6. From Figure J.6,  $T_B/m_{F1} \approx 2,2$  gives an average screening duration:

$$T_B = 2,2 \times m_{F1} = 2,2 \times 5,5 \approx 12 \text{ cycles} = 30 \text{ h}$$

Note the reduction in the required number of cycles after the pilot production RSS.



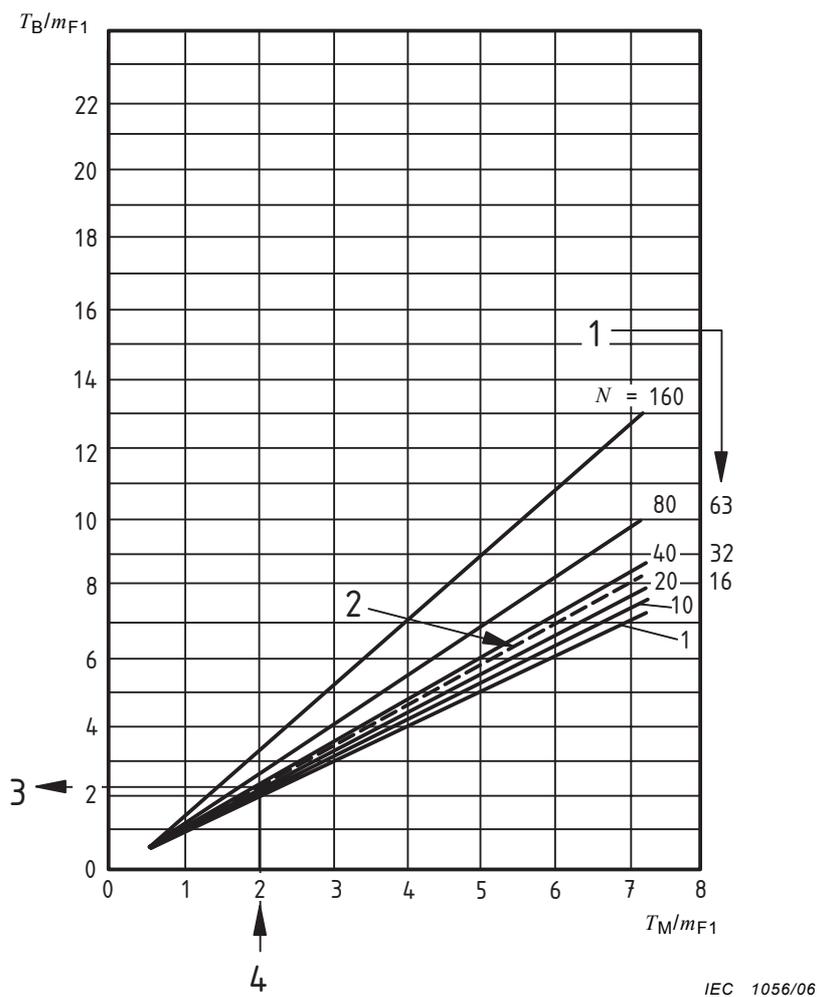
**Key**

$p_c = 0,063$

- $N$  number of components in the rogue component class
- $p_c$  fraction of weak components in the rogue component class
- 1 fraction of weak assemblies remaining
- 2 actual  $p_B = 0,02$
- 3 actual  $N_{new} = 24$
- 4  $N_{new} = N \frac{0,005}{0,0063}$
- 5 normalized failure-free period
- 6 actual  $T_M/m_{F1} \approx 2,0$

IEC 1055/06

**Figure J.5 – Time graph (corrected) for determination of the failure-free period**



**Légende**

$p_c = 0,063$

$N$  nombre de composants dans la classe des composants à risque

$P_c$  proportion des composants fragiles dans chaque classe de composants à risques

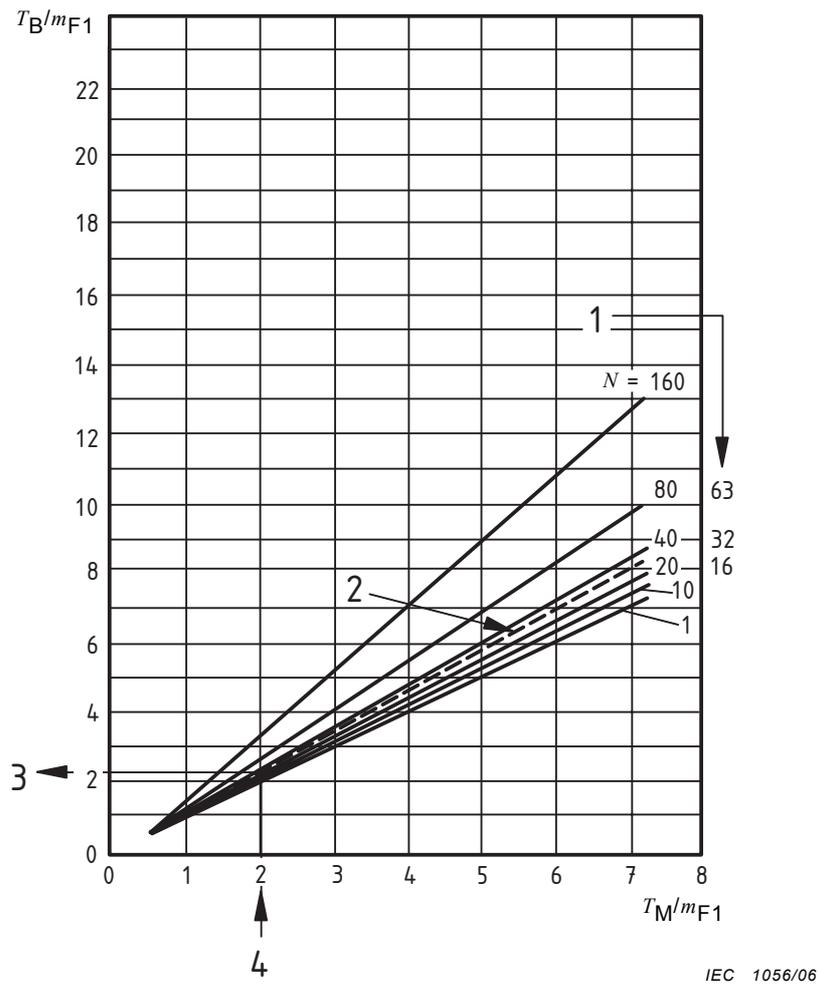
1  $N_{new} = N \frac{0,005}{0,0063}$

2 valeur réelle de  $N_{new} = 24$

3 valeur réelle de  $T_M / m_{F1} \approx 2,2$

4 valeur réelle de  $T_M / m_{F1} \approx 2,0$

**Figure J.6 – Graphique des durées (corrigé) pour déterminer la période de déverminage**



**Key**

$p_c = 0,063$

$N$  number of components in the rogue component class

$p_c$  fraction of weak components in the rogue component class

1  $N_{new} = N \frac{0,005}{0,0063}$

2 actual  $N_{new} = 24$

3 actual  $T_B / m_{F1} \approx 2,2$

4 actual  $T_M / m_{F1} = 2,0$

**Figure J.6 – Time graph (corrected) for evaluation of the screening duration**

#### J.4 Déverminage sous contraintes de la production

Cet exemple décrit la méthode de déverminage sous contraintes de toutes les cartes imprimées équipées sur la base de l'analyse du déverminage de la production de présérie:

*Résumé des conditions de contraintes:*

Température inférieure:	-10 °C
Température supérieure:	70 °C
Vitesse de variation de température:	5 °C/min
Durée des paliers:	à -10 °C, 30 min à 70 °C, 1,5 h

Contrainte de fonctionnement constante: valeurs maximales nominales

*Surveillance:* Contrôle de fonctionnement de chaque cycle à la fin de la phase de température supérieure

*Période sans défaillance:*  $T_M = 11$  cycles

Conformément à 8.2, on extrait et évalue les informations suivantes à partir du déverminage:

- composants défaillants;
- proportion de défaillances;
- durées de fonctionnement jusqu'à la première défaillance;
- la courbe expérimentale sur papier de Weibull.

Toute anomalie est traitée conformément à 8.3 et 8.4.

#### J.4 Production reliability stress screening

Based on the pilot-production screening analysis, this example shows how the following reliability stress screening process is performed on all PBAs.

*Summary of stress conditions:*

Lower temperature:	-10 °C
Upper temperature:	70 °C
Rate of change of temperature:	5 °C/min
Dwell time:	at -10 °C, 30 min at 70 °C, 1,5 H
Constant operational stress:	maximum rated

*Monitoring:* Functional testing in each cycle at the end of the upper temperature phase

*Failure-free period:*  $T_M = 11$  cycles

From the screening process, the following information is extracted and evaluated, in accordance with 8.2:

- failed components;
- te failure fraction;
- times to first failures;
- slope of the early Weibull plot.

Any discrepancies are dealt with in accordance with 8.3 and 8.4.

## **Bibliographie**

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 61014:2003, *Programmes de croissance de fiabilité*

CEI 61164:1995, *Croissance de la fiabilité – Tests et méthodes d'estimation statistiques*

---

## Bibliography

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 61014:2003, *Programmes for reliability growth*

IEC 61164:1995, *Reliability growth – Statistical test and estimation methods*

---

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



Standards Survey

The IEC would like to offer you the best quality standards possible. To make sure that we continue to meet your needs, your feedback is essential. Would you please take a minute to answer the questions overleaf and fax them to us at +41 22 919 03 00 or mail them to the address below. Thank you!

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 Genève 20

Switzerland

or

Fax to: **IEC/CSC** at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards-making process.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Customer Service Centre (CSC)

**International Electrotechnical Commission**

3, rue de Varembé

1211 GENEVA 20

Switzerland



**Q1** Please report on **ONE STANDARD** and **ONE STANDARD ONLY**. Enter the exact number of the standard: (e.g. 60601-1-1)

.....

**Q2** Please tell us in what capacity(ies) you bought the standard (tick all that apply). I am the/a:

- purchasing agent
- librarian
- researcher
- design engineer
- safety engineer
- testing engineer
- marketing specialist
- other.....

**Q3** I work for/in/as a: (tick all that apply)

- manufacturing
- consultant
- government
- test/certification facility
- public utility
- education
- military
- other.....

**Q4** This standard will be used for: (tick all that apply)

- general reference
- product research
- product design/development
- specifications
- tenders
- quality assessment
- certification
- technical documentation
- thesis
- manufacturing
- other.....

**Q5** This standard meets my needs: (tick one)

- not at all
- nearly
- fairly well
- exactly

**Q6** If you ticked NOT AT ALL in Question 5 the reason is: (tick all that apply)

- standard is out of date
- standard is incomplete
- standard is too academic
- standard is too superficial
- title is misleading
- I made the wrong choice
- other .....

**Q7** Please assess the standard in the following categories, using the numbers:

- (1) unacceptable,
- (2) below average,
- (3) average,
- (4) above average,
- (5) exceptional,
- (6) not applicable

- timeliness.....
- quality of writing.....
- technical contents.....
- logic of arrangement of contents .....
- tables, charts, graphs, figures.....
- other .....

**Q8** I read/use the: (tick one)

- French text only
- English text only
- both English and French texts

**Q9** Please share any comment on any aspect of the IEC that you would like us to know:

.....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....  
 .....





Enquête sur les normes

La CEI ambitionne de vous offrir les meilleures normes possibles. Pour nous assurer que nous continuons à répondre à votre attente, nous avons besoin de quelques renseignements de votre part. Nous vous demandons simplement de consacrer un instant pour répondre au questionnaire ci-après et de nous le retourner par fax au +41 22 919 03 00 ou par courrier à l'adresse ci-dessous. Merci !

Centre du Service Clientèle (CSC)

**Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé  
1211 Genève 20  
Suisse

ou

Télécopie: **CEI/CSC** +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale.

**A Prioritaire**

Nicht frankieren  
Ne pas affranchir



Non affrancare  
No stamp required

**RÉPONSE PAYÉE**

**SUISSE**

Centre du Service Clientèle (CSC)  
**Commission Electrotechnique Internationale**  
3, rue de Varembé  
1211 GENÈVE 20  
Suisse



**Q1** Veuillez ne mentionner qu'**UNE SEULE NORME** et indiquer son numéro exact:  
(ex. 60601-1-1)  
.....

**Q2** En tant qu'acheteur de cette norme, quelle est votre fonction?  
(cochez tout ce qui convient)  
Je suis le/un:

- agent d'un service d'achat
- bibliothécaire
- chercheur
- ingénieur concepteur
- ingénieur sécurité
- ingénieur d'essais
- spécialiste en marketing
- autre(s).....

**Q3** Je travaille:  
(cochez tout ce qui convient)

- dans l'industrie
- comme consultant
- pour un gouvernement
- pour un organisme d'essais/ certification
- dans un service public
- dans l'enseignement
- comme militaire
- autre(s).....

**Q4** Cette norme sera utilisée pour/comme  
(cochez tout ce qui convient)

- ouvrage de référence
- une recherche de produit
- une étude/développement de produit
- des spécifications
- des soumissions
- une évaluation de la qualité
- une certification
- une documentation technique
- une thèse
- la fabrication
- autre(s).....

**Q5** Cette norme répond-elle à vos besoins:  
(une seule réponse)

- pas du tout
- à peu près
- assez bien
- parfaitement

**Q6** Si vous avez répondu PAS DU TOUT à Q5, c'est pour la/les raison(s) suivantes:  
(cochez tout ce qui convient)

- la norme a besoin d'être révisée
- la norme est incomplète
- la norme est trop théorique
- la norme est trop superficielle
- le titre est équivoque
- je n'ai pas fait le bon choix
- autre(s) .....

**Q7** Veuillez évaluer chacun des critères ci-dessous en utilisant les chiffres  
(1) inacceptable,  
(2) au-dessous de la moyenne,  
(3) moyen,  
(4) au-dessus de la moyenne,  
(5) exceptionnel,  
(6) sans objet

- publication en temps opportun .....
- qualité de la rédaction.....
- contenu technique .....
- disposition logique du contenu .....
- tableaux, diagrammes, graphiques, figures .....
- autre(s) .....

**Q8** Je lis/utilise: (une seule réponse)

- uniquement le texte français
- uniquement le texte anglais
- les textes anglais et français

**Q9** Veuillez nous faire part de vos observations éventuelles sur la CEI:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....



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

ISBN 2-8318-8683-X



9 782831 886831

---

**ICS 03.120.01; 03.120.30; 21.020**

---