NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62308

Première édition
First edition
2006-07

Fiabilité de l'équipement –
Méthodes d'évaluation de la fiabilité

Equipment reliability –
Reliability assessment methods

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62308:2006

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)**
- **Catalogue des publications de la CEI**

  Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (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) 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
  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)**
- **Catalogue of IEC publications**

  The on-line catalogue on the IEC web site (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) 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
  Tel: +41 22 919 02 11
  Fax: +41 22 919 03 00

.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
62308

Première édition
First edition
2006-07

Fiabilité de l'équipement – Méthodes d'évaluation de la fiabilité

Equipment reliability – Reliability assessment methods

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 Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE XA

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

SOMMAIRE

CONTENTS

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIABILITÉ DE L'ÉQUIPEMENT – MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA FIABILITÉ

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 62308 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1110/FDIS	56/1122/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.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EQUIPMENT RELIABILITY – RELIABILITY ASSESSMENT METHODS

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 62308 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

FDIS	Report on voting
56/1110/FDIS	56/1122/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.

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 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

Cette Norme Internationale décrit des procédures pour l'évaluation de la fiabilité d'entités à partir de données du marché portant sur des entités semblables, de données d'exploitation et de données d'essai provenant des fournisseurs de composants et de modules. Les résultats de ces évaluations sont utilisés comme données d'entrée pour des décisions en début de conception d'équipement telles que le choix de l'architecture de système, aussi bien que pour des décisions d'ordre économique telles que les conditions de garanties ou la maîtrise des coûts de maintenance. De plus, les résultats peuvent être utilisés comme estimation initiale pour les analyses de sécurité, par exemple une Analyse par Arbre de Panne (AAP). Les composants électroniques modernes et les produits sont si fiables que l'estimation et la vérification de leur fiabilité par des essais est très difficile et donc les données provenant de l'exploitation de produits antérieurs semblables est souvent le seul moyen pour obtenir une estimation initiale de la fiabilité. Les fabricants de composants ont utilisé cette méthode depuis des années sous le nom de «principe de similitudes». En mettant en valeur l'utilisation de données provenant de produits semblables du marché et en exigeant que la similitude soit documentée, la méthode est une alternative moderne à la méthode classique mais aujourd'hui obsolète du recueil de données.

Il convient que les résultats d'évaluation de fiabilité soient considérés comme une estimation initiale de la probabilité que les objectifs de fiabilité du produit soient satisfaits par le choix de l'architecture, des modules, des composants et de la stratégie de maintenance. Ainsi, ils peuvent être exploités par exemple pour autoriser le passage à la prochaine étape du développement du produit, ou pour autoriser des clés de paiement, ou pour procéder à la livraison ou à la recette des produits. Il convient que les résultats de l'évaluation de fiabilité ne soient jamais utilisés pour appuyer une réclamation invoquant que les prédictions, les objectifs ou les espérances de fiabilité ont été satisfaits. La seule mesure certaine d'exigence de fiabilité ayant été remplie provient de performance de service de marché. La présente norme décrit les utilisations des résultats d'évaluation de fiabilité et elle fournit une liste des normes CEI qui utilisent ces résultats comme données d'entrée.

Dans cette Norme Internationale, l'approche qui est faite de l'évaluation de fiabilité

– incite le constructeur des équipements à considérer toutes les informations pertinentes relatives à la fiabilité de l'équipement, ce qui peut inclure les incidences de la conception et du procédé de fabrication, ainsi que les choix de composants. Cela diffère des méthodes plus traditionnelles qui se concentrent sur la fiabilité des composants, celle-ci étant considérée comme contribuant de la manière la plus significative à la fiabilité de l'équipement;
– encourage le constructeur des équipements à définir et à utiliser les processus qui sont les plus efficaces pour ses propres équipements;
– décrit un processus continu, dans lequel une évaluation de fiabilité peut être actualisée au fur et à mesure que les informations deviennent disponibles, pendant le cycle de vie de l'équipement. Ces informations peuvent être utilisées pour améliorer la fiabilité des équipements et l'efficacité du processus d'évaluation.

Cette norme internationale décrit l'application de trois approches relatives à l'évaluation de fiabilité: l'analyse de similitudes, l'analyse de durabilité et les prévisions des recueils de données. Cependant, cette norme ne fournit pas d'information sur l'évaluation de la fiabilité des systèmes logiciels mais elle peut être utilisée pour l'évaluation de la fiabilité des systèmes matériels possédant des logiciels enfouis.

INTRODUCTION

This International Standard describes procedures that are intended for use in assessing the reliability of items based on data from: the market of similar items; and field data and test data from suppliers of components and modules. The results of such assessments are intended for use as inputs to early equipment design decisions such as system architecture selection as well as business decisions such as estimating the cost of warranties or maintenance cost guarantees. Furthermore the results can be used as the initial estimate for input to safety analysis, for example FTA analysis. Modern electronic components and items are so reliable that estimating or verifying their reliability by testing is very difficult, therefore data from the field for previous similar items are often the only way to get an initial estimate of the reliability. Component manufacturers have used this method for years under the name of the “similarity principle”. By emphasising the use of data from previously marketed similar products, and requiring similarity to be documented, the method is a modern alternative to the classical but now obsolete handbook prediction.

Reliability assessment results should be viewed as an early estimate of the probability that the product reliability targets and goals can be satisfied using the chosen architecture, modules, components and maintenance policy. As such, they may be used, for example, to authorize advancement to the next step in product development or to authorize progress payments, or to proceed with delivery and acceptance of products. Reliability assessment results should never be used to support a claim that the reliability targets, goals, or expectations have been satisfied. The only certain measure of reliability requirement having been met is from service/field performance. This standard describes the uses for reliability assessment results as well as providing a list of IEC standards that require such results as input.

The approach to reliability assessment in this International Standard

– encourages the equipment manufacturer to consider all relevant information regarding equipment reliability which may include the effects of design and manufacturing processes as well as component selection issues. This is in contrast to more traditional methods that focus on component reliability as the most significant contributor to the equipment reliability;

– encourages the equipment manufacturer to define and use the processes that are most effective for the manufacturer’s own equipment;

– describes a continuous procedure in which a reliability assessment can be updated as more information becomes available during the life cycle of the equipment. This information may be used to improve both the reliability of the equipment and the effectiveness of the assessment process.

This International Standard describes the application of three approaches to reliability assessment, namely: similarity analysis, durability analysis, and handbook predictions. This standard does not, however, provide information on assessing the reliability of software systems but can be used for assessing the reliability of hardware systems containing embedded software.

FIABILITÉ DE L'ÉQUIPEMENT – MÉTHODES D'ÉVALUATION DE LA FIABILITÉ

1 Domaine d'application

Cette Norme Internationale décrit des méthodes d'évaluation initiale de la fiabilité d'entités, basées sur des données d'exploitation et d'essai des composants et des modules. Elle est applicable aux entités dont la mission est vitale pour la sécurité et le fonctionnement, et aux entités électroniques complexes et à intégration élevée. Elle contient des informations explicitant pourquoi des estimations initiales de fiabilité sont requises et indique pourquoi et quand les résultats de l'évaluation sont susceptibles d'être utilisés. Enfin, elle détaille les méthodes d'évaluation de fiabilité et les données requises pour servir de support à l'évaluation. Pour estimer la durabilité (durée de vie et usure), les méthodes fondées sur la physique des défaillance sont utilisées.

Trois types d'évaluation sont traités en détails:

– l'approche par similitudes;
– les modèles pour l'analyse de durabilité;
– les méthodes basées sur des recueils de données.

L'Article 6 présente une introduction à l'évaluation de fiabilité et l'Article 7 la gestion du processus. L'Article 8 décrit les besoins, les sources et les types de données pour les évaluations et l'Article 9 donne des détails relatifs aux méthodes d'évaluation.

Les Annexes A et B fournissent des informations supplémentaires pour aider à la compréhension de l'analyse de similitudes et de l'analyse de durabilité.

Cette norme est applicable à l'élaboration des estimations de fiabilité concernant la spécification, la conception, la modification de la conception et l'ingénierie de soutien.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-191:1990, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60300-1, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 1: Gestion du programme de sûreté de fonctionnement*

CEI 60300-3-1:2003, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-1: Guide d'application – Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Guide méthodologique*

CEI 60300-3-2, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-2: Guide d'application – Recueil de données de sûreté de fonctionnement dans des conditions d'exploitation*

CEI 60300-3-3, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-3: Guide d'application – Évaluation du coût du cycle de vie*

CEI 60300-3-4:1996, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 4: Spécification d'exigences de sûreté de fonctionnement*

EQUIPMENT RELIABILITY – RELIABILITY ASSESSMENT METHODS

1 Scope

This International Standard describes early reliability assessment methods for items based on field data and test data for components and modules. It is applicable to mission, safety and business critical, high integrity and complex items. It contains information on why early reliability estimates are required and how and where the assessment would be used. Finally, it details methods for reliability assessment and the data required to support the assessment. To estimate durability (life time or wear-out), the physics-of-failure method is used.

Three types of assessment are discussed in detail:

– the similarity approach;
– models for durability analysis;
– handbook methods.

Clause 6 provides an introduction to reliability assessment and Clause 7 the management of the process. Clause 8 describes the data needs, sources and types for assessments and Clause 9 provides details of the assessment methods.

Annexes A and B provide additional information to aid understanding of the similarity analysis and durability analysis.

This standard is applicable to making reliability estimates for specifications, design, design modification and support engineering.

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 60050-191:1990, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-1, *Dependability management – Part 1: Dependability management systems*

IEC 60300-3-1:2003, *Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology*

IEC 60300-3-2, *Dependability management – Part 3-2: Application guide – Collection of dependability data from the field*

IEC 60300-3-3, *Dependability management – Part 3-3: Application guide – Life cycle costing*

IEC 60300-3-4:1996, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 4: Guide to the specification of dependability requirements*

CEI 60300-3-5:2001, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-5: Guide d'application – Conditions des essais de fiabilité et principes des essais statistiques*

CEI 60300-3-9, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques*

CEI 60300-3-11, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité*

CEI 60300-3-12, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-12: Guide d'application – Soutien logistique intégré*

CEI 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

CEI 61025, *Analyse par arbre de panne (AAP)*

CEI 61078, *Techniques d'analyse pour la sûreté de fonctionnement – Bloc-diagramme de fiabilité et méthodes booléennes*

CEI 61160, *Revue de conception*

CEI 61165, *Application des techniques de Markov*

CEI 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

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*

CEI 61709, *Composants électroniques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles d'influence des contraintes pour la conversion*

CEI 61710, *Modèle de loi en puissance – Test d'adéquation et méthodes d'estimation des paramètres*

CEI 61713, *Sûreté de fonctionnement des logiciels pendant leurs processus de cycle de vie – Guide d'application*

CEI 61882, *Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application*

CEI 62380, *Reliability data handbook - Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans la CEI 60050-191 s'appliquent, ainsi que les définitions suivantes.

3.1
analyse de durabilité
analyse des réponses d'un équipement aux contraintes imposées par l'utilisation opérationnelle, la maintenance, l'expédition, le stockage et autres situations rencontrées tout au long de son cycle de vie spécifié, afin d'estimer sa fiabilité prévue et sa durée de vie attendue

3.2
cycle de vie
intervalle de temps entre la conception d'un produit et sa mise au rebut (son élimination)

IEC 60300-3-5:2001, *Dependability management – Part 3-5: Application guide – Reliability test conditions and statistical test principles*

IEC 60300-3-9, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60300-3-11, *Dependability management – Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance*

IEC 60300-3-12, *Dependability management – Part 3-12: Application guide – Integrated logistic support*

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61078, *Analysis techniques for dependability – Reliability block diagram and boolean methods*

IEC 61160, *Design review*

IEC 61165, *Application of Markov techniques*

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

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

IEC 61709, *Electronic components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

IECI 61710, *Power law model – Goodness-of-fit tests and estimation methods*

IEC 61713, *Software dependability through the software life-cycle processes – Application guide*

IEC 61882, *Hazard and operability studies (HAZOP studies) – Application guide*

IEC 62380, *Reliability data handbook – Universal model for reliability prediction of electronics components, PCBs and equipment*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-191, together with the following, apply.

3.1
durability analysis
analysis of the equipment's responses to the stresses imposed by operational use, maintenance, shipping, storage and other activities throughout its specified life-cycle in order to estimate its predicted reliability and expected life

3.2
life-cycle
time interval between a product's conception and its disposal

3.3
analyse de similitudes
comparaison structurée des éléments d'un équipement en cours d'évaluation avec ceux d'un équipement existant pour lequel des données de fiabilité opérationnelles sont disponibles

4 Abréviations

AEF	Analyse par éléments finis
AMDE	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
AMDEC	Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
EEI	Equipement de test intégré
CI	Circuit intégré
HALT	Essai de durée de vie fortement accélérée
ASIC	Circuit intégré pour application spécifique
COTS	Produit commercial au catalogue
RET	Essai après amélioration de la fiabilité
AAP	Analyse par arbre de panne
MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement
MTTF	Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance
LTIAC	Système de compte-rendu de défaillances, d'analyse et de mesures correctives
CCV	Coûts du cycle de vie
RBD	Diagramme de fiabilité
MCTF	Moyenne des cycles avant défaillance
MTTR	Moyenne des temps pour la tâche de réparation/de retour/de remplacement
MTTSC	Moyenne des temps avant intervention de l'assistance technique
MTTWC	Moyenne des temps avant recours en garantie
MTTSI	Moyenne des temps avant interruption de service
FITS	Nombre de défaillances par milliard d'heures
URL	Unité remplaçable en ligne
SRU	Unité remplaçable au niveau système
RET	Essais après amélioration de la fiabilité
MTBUR	Moyenne des temps entre réparations de l'élément
FFOP	Période de fonctionnement sans défaillance

5 Symboles

λ	Taux de défaillance constant de la distribution exponentielle
t	Période de temps considérée
$f(t)$	Fonction de densité de probabilité
$F(t)$	Fonction de distribution cumulative
$R(t)$	Fonction de fiabilité
T^*	Temps d'exposition accumulé

3.3
similarity analysis
structured comparison of the elements of the equipment being assessed with those of predecessor equipment for which in-service reliability data are available

4 Abbreviations

ASIC	Application specific integrated circuit
BITE	Built in test equipment
COTS	Commercial off the shelf
FEA	Finite element analysis
FFOP	Failure free operating period
FITS	Failure per thousand million hours
FMEA	Failure mode and effects analysis
FMECA	Failure mode, effects and criticality analysis
FRACAS	Failure reporting, analysis and corrective action system
FTA	Fault tree analysis
HALT	Highly accelerated life test
IC	Integrated circuit
LCC	Life cycle costs
LRU	Line replaceable unit
MCTF	Mean cycles to failure
MTBF	Mean time between failures
MTBUR	Mean time between unit repair
MTTF	Mean time to failure
MTTR	Mean time to restoration/recovery/repair
MTTSC	Mean time to service call
MTTSI	Mean time to service interruption
MTTWC	Mean time to warranty claim
RBD	Reliability block diagram
RCM	Reliability centred maintenance
RET	Reliability enhancement test
SRU	Shop replaceable unit

5 Symbols

λ	Constant failure rate of the exponential distribution
t	Time period of interest
$f(t)$	Probability density function
$F(t)$	Cumulative distribution function
$R(t)$	Reliability function
T^*	Accumulated exposure time

6 Introduction à l'évaluation de fiabilité

6.1 Remarques préliminaires

La fiabilité d'une entité devra souvent être évaluée pour un éventail de raisons comprenant celles données ci-dessous:

a) établissement de points de repères cibles et de spécifications;

b) options de comparaison;

c) identification et hiérarchisation des problèmes;

d) indication de la justesse du propos;

e) optimisation du soutien logistique (par exemple pièces de rechange);

f) donner des informations d'entrée pour d'autres analyses (par exemple analyse de sécurité);

g) donner les domaines de priorité d'amélioration pour les potentiels d'économie les plus forts.

Cette fiabilité peut être mesurée d'un certain nombre de manières, comprenant par exemple

– un pourcentage accumulé de défaillances;

– un taux d'interventions;

– la probabilité de survie,

– l'intensité de défaillance;

– le taux instantané de défaillance;

– le MTTF;

– le MTBF.

La procédure décrite dans cette norme a pour but de fournir aux analystes de fiabilité, aux chefs de projet, aux instances de gestion des risques, aux concepteurs, aux ingénieurs de sécurité et de fiabilité et aux ingénieurs de soutien logistique, un processus permettant d'estimer le taux de défaillance instantané d'une entité. Le processus d'estimation de la durée de vie d'une entité, avec ses caractéristiques de défaillances par usure, est également inclus.

6.2 Description de l'évaluation de fiabilité

6.2.1 Informations générales

La fiabilité n'est pas un attribut qui peut être assigné à une entité simple et mesuré. C'est un paramètre stochastique ou probabiliste et, en conséquence, elle ne peut pas être mesurée exactement et de manière répétitive. Elle doit donc être estimée à partir d'informations relatives à l'utilisation (par exemple les heures de fonctionnement, les cycles d'exploitation, etc.) et le nombre de défaillances observées. Il convient de la présenter sous forme d'un pourcentage de confiance tel que «80 % de confiance pour que la probabilité réelle d'accomplir avec succès la mission se situe entre X et Y», ou «période de temps considérée, sans défaillance, se situant entre 0,963 et 0,995». Une explication de la confiance et des intervalles de confiance est donnée dans la CEI 61649.

La définition classique de la fiabilité est la probabilité de fournir un niveau spécifié de performances pendant une durée spécifiée, dans un environnement spécifié. Bien qu'une telle probabilité soit une caractéristique (mesure) utile pour des produits orientés vers une tâche déterminée et fabriqués en faible quantité comme un vaisseau spatial, elle est rarement une caractéristique appropriée pour la majorité des produits fabriqués en quantité importante, pour lesquels la fiabilité est plus liée au nombre de composants du produit qu'aux performances d'un système unique ou d'une mission. La spécification d'une seule caractéristique, telle que la durée moyenne de fonctionnement avant défaillance (MTTF), n'est pas suffisante pour un produit qui présente un taux de défaillance dépendant du temps (c'est-à-dire un taux de défaillance non constant).

6 Introduction to reliability assessment

6.1 Introductory remarks

The reliability of an item will often have to be assessed for a range of reasons including the following:

a) setting targets and specifications;

b) comparing options;

c) identifying and prioritising problems;

d) indicating fitness for purpose;

e) optimizing support (e.g. spares);

f) to give input to other analysis (e.g. safety analysis);

g) to prioritise areas for improvement with the greatest cost-effectiveness improvement potential.

This reliability may be quoted in a number of ways, including for example

– accumulated percentage of failures;

– call rate;

– probability of survival;

– failure intensity;

– instantaneous failure rate;

– MTTF;

– MTBF.

The procedure outlined in this standard is aimed at providing reliability analysts, project managers, risk management engineers, designers, safety and reliability engineers, and logistic support engineers with an assessment method for an early estimate of an item's instantaneous failure rate. The process for estimating life for items with a wear-out failure characteristic is also included.

6.2 Description of reliability assessment

6.2.1 General information

Reliability is not an attribute that can be assigned or measured for a single item. It is a stochastic or probabilistic parameter and therefore it cannot be measured exactly and repeatedly. It therefore has to be estimated from information on the amount of usage (e.g. running hours, cycles of operation, etc.) and the number of failures observed. It should be presented in the form of a confidence statement such as "80 % confidence that the true probability of successfully completing the mission lies between X and Y" or "period of time of interest without failure is between 0,963 and 0,995". An explanation of confidence and confidence intervals can be found in IEC 61649.

The classical definition of reliability is the probability of providing a specified performance level for a specified duration in a specified environment. Although such a probability is a useful measure for mission-oriented, low-volume products such as spacecraft, it is rarely a suitable measure for most high-volume products for which reliability relates more to product population than the performance of a single system or a mission. Specifying a single characteristic such as mean time to failure (MTTF) is not sufficient for a product that exhibits a time-dependent failure rate (i.e. non-constant failure rate).

6.2.2 Caractéristiques de fiabilité pour un taux de défaillance constant

L'expression générale de la fiabilité, R(t), est donnée par

$$R(t) = \exp\left(-\int_{t}^{\infty} \lambda(t)dt\right) \quad (1)$$

où $\lambda(t)$ est le taux de défaillance instantané.

Une autre expression (générale) très utile est

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2)$$

où $f(t)$ est la fonction de densité de probabilité des durées de fonctionnement avant défaillance. Exprimé en fonction de ces grandeurs, le taux de défaillance instantané est donné par

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

Toutefois, une autre expression générale fondamentale est le MTTF. Cette dernière grandeur est donnée par

$$\text{MTTF} = \int_{0}^{\infty} R(t)dt \quad (4)$$

Maintenant, lorsque $\lambda(t)$ est constant dans le temps, il convient de l'écrire simplement λ. Dans ces circonstances, les durées de fonctionnement avant défaillance suivront une distribution exponentielle et les relations suivantes seront retenues.

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (6)$$

$$\lambda(t) = \lambda \quad (7)$$

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \text{ souvent noté par le symbole } \theta \quad (8)$$

Cela n'est valable que si λ est constant.

Une autre grandeur utile mais problématique est le nombre total accumulé de produits-heures, parfois noté T^*. Avec l'hypothèse d'un taux de défaillance constant, il n'y a aucune différence, d'un point de vue statistique, entre l'accumulation de 1 000 000 h d'un produit, et 1 h de 1 000 000 de produits. Dans chacun des cas une estimation ponctuelle du taux de défaillance de population s'il y a une défaillance serait de 10^{-6} défaillances par produit-heure.

Le paramètre λ étant indépendant du temps, il est désigné par le terme taux de défaillance constant. Un taux de défaillance constant a de nombreuses propriétés utiles, l'une d'elles étant la valeur moyenne de la distribution de la durée de fonctionnement avant défaillance du produit, qui est $1/\lambda$. Pour les entités non réparables (composants), cela signifie que cette valeur moyenne représente la durée espérée statistiquement jusqu'à défaillance du produit; elle est généralement appelée (durée de) vie moyenne ou MTTF. Cela signifie que l'on peut prévoir que

6.2.2 Constant failure rate reliability measures

The general expression for reliability, $R(t)$, is given by

$$R(t) = \exp\left(-\int_{t}^{\infty} \lambda(t)dt\right) \quad (1)$$

where $\lambda(t)$ is the instantaneous failure rate.

Another very useful (general) expression is

$$f(t) = -\frac{dR(t)}{dt} = \frac{dF(t)}{dt} \quad (2)$$

where $f(t)$ is the probability density function of times to failure. In terms of these quantities the instantaneous failure rate is given by

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3)$$

Yet another fundamental general expression is that for MTTF. This quantity is given by

$$\text{MTTF} = \int_{0}^{\infty} R(t)dt \quad (4)$$

Now when $\lambda(t)$ is constant with time, it should simply be written as λ. Under these circumstances, times to failure follow an exponential distribution and the following relationships hold:

$$R(t) = \exp(-\lambda t) \quad (5)$$

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (6)$$

$$\lambda(t) = \lambda \quad (7)$$

$$\text{MTTF} = \frac{1}{\lambda} \text{ often denoted by the symbol } \theta \quad (8)$$

This only holds when λ is constant.

Another useful but problematic quantity is the total accumulated number of product-hours, sometimes denoted by T^*. Under the assumption of constant failure rate there is no difference from a statistical point of view between accumulating 1 000 000 h by one product, or 1 h by 1 000 000 products. In either case a point estimate of the population failure rate if there is one failure would be 10^{-6} failures per product-hour.

The parameter λ being independent of time is referred to as the constant failure rate. A constant failure rate has many useful properties, one of which is that the mean value of the distribution of the product's time to failure is $1/\lambda$. For non-repaired items (components), this mean value represents the statistically expected average length of time until product failure, commonly called the mean life or MTTF. This means that 63 % of the items can be expected to fail from time 0 until MTTF and 37 % after the MTTF. Another useful property of the

63 % des entités seront en panne entre l'instant 0 et le MTTF et que 37 % le deviendront après le MTTF. Une autre propriété utile du taux de défaillance constant est qu'il peut être estimé à partir d'une population comme étant la décroissance fractionnée du nombre d'entités survivantes par unité de temps. Cependant, il convient de noter que la distribution exponentielle est la seule distribution pour laquelle le taux de défaillance est une constante et que la vie moyenne n'est pas $1/\lambda(t)$ lorsque le taux de défaillance n'est pas constant.

Pour les entités réparables, le MTTF est parfois compris, à tort, comme étant la vie du produit, plutôt que la réciproque (l'inverse) du taux de défaillance constant. Si un produit a un MTTF de 1 000 000 h, cela ne signifie pas que le produit durera tout ce temps (plus longtemps que la vie humaine moyenne). Cela signifie plutôt qu'en moyenne un des produits tombera en panne toutes les 1 000 000 produits-heures d'exploitation, c'est-à-dire s'il y a, en moyenne, 1 000 000 produits en exploitation, l'un d'eux tombera en panne en 1 h, en moyenne. Dans ce cas, si des défaillances du produit suivent réellement une distribution exponentielle, alors en moyenne, 63 % des produits auront été en panne après 1 000 000 h d'exploitation. Les produits présentant des défaillances suivant réellement une distribution exponentielle tout au long de leur durée de vie totale ne se rencontrent presque jamais en pratique, mais un taux de défaillance constant et un MTTF constituent de bonnes approximations du comportement en matière de défaillance du produit.

Tableau 1 – Exemple de caractéristiques de fiabilité pour un taux de défaillance constant

Caractéristique à taux constant	Vie moyenne équivalente	Définition	Utilisation
Taux de défaillance constant utilisant le temps	MTTF (durée moyenne de fonctionnement avant défaillance)	Total des défaillances divisé par le temps d'exploitation de la totalité de la population	Caractéristique normalisée relative aux prévisions de fiabilité lorsque le temps est le paramètre pertinent
Taux de défaillance constant utilisant les cycles ou la distance au lieu du temps	Cycles moyens/ MCTF pour des km	Total des défaillances divisé par le nombre de cycles de la totalité de la population du produit ou par la distance, par ex. kilomètres	Caractéristique normalisée relative aux prévisions de fiabilité lorsque le mode d'utilisation est plus pertinent que le temps. Ces caractéristiques sont parfois converties en caractéristiques à base temporelle en spécifiant un profil opérationnel ou un rapport d'utilisation
Taux de retour/de réparation constant	MTTR (moyenne des temps pour la tâche de rétablissement/ réparation)	Total des rétablissements/ réparations divisé par le temps d'exploitation de la totalité de la population	Utile pour dimensionner un dépôt/atelier de réparation ou une ligne de réparation du constructeur
Taux de remplacement constant	MTTR (moyenne des temps pour la tâche de remplacement)	Total des remplacements divisé par le temps d'exploitation de la totalité de la population	Utilisé comme substitut au taux de défaillance constant quand aucune analyse de défaillance n'est disponible; utile pour l'analyse de garantie
Taux d'intervention constant de l'assistance technique ou du client	MTTSC (moyenne des temps avant intervention de l'assistance technique)	Total des interventions de l'assistance technique/du client divisé par le temps d'exploitation de la totalité de la population	Perception par le client du taux de défaillance constant; utile pour dimensionner les besoins en soutien logistique
Taux de recours en garantie constant	MTTWC (moyenne des temps avant recours en garantie)	Total des recours en garantie divisé par le temps d'exploitation de la population sous garantie	Utile pour évaluer les coûts de garantie et mettre en place des provisions pour garantie
Taux d'interruption de service constant	MTTSI (moyenne des temps avant interruption de service)	Total des interruptions de service divisé par le temps d'exploitation de la totalité de la population	Perception par le client du taux de défaillance constant; peut être une mesure de la disponibilité

constant failure rate is that it can be estimated from a population as the fractional decrease in the number of surviving items per unit time. However, it should be noted that the exponential distribution is the only distribution for which the failure rate is a constant and that the mean life is not $1/\lambda(t)$ when the failure rate is not constant.

For repaired items, MTTF is sometimes misunderstood to be the life of the product rather than the reciprocal of the constant failure rate. If a product has an MTTF of 1 000 000 h, it does not mean that the product will last that long (longer than the average human lifetime). Rather, it means that, on average, one of the products will fail for every 1 000 000 product-hours of operation, i.e. if there are 1 000 000 products in the field on average, one of them will fail in 1 h on average. In this case, if product failures are truly exponentially distributed, then on average 63 % of the products will have failed after 1 000 000 h of operation. Products with truly exponentially distributed failures over their entire lifetime almost never occur in practice, but a constant failure rate and MTTF may in some cases be a good approximation to product failure behaviour.

Table 1 – Example of constant rate reliability measures

Constant rate measure	Mean life equivalent	Definition	Use
Constant failure rate using time	MTTF (mean time to failure)	Total failures divided by total population operating time	Standard measure for reliability predictions when time is the relevant parameter
Constant failure rate using cycles or distance instead of time	Mean cycles/ km MCTF	Total failures divided by total population number of product cycles or distance, e.g. kilometres	Standard measure for reliability predictions when usage is more relevant than time. These measures are sometimes converted to time-based measures by specifying an operating profile or duty ratio
Constant restoration/repair rate	MTTR (mean time to restoration/ repair)	Total restorations/repairs divided by total population operating time	Useful for sizing a repair depot or manufacturing repair line
Constant replacement rate	MTTR (mean time to replacement)	Total replacements divided by total population operating time	Used as surrogate for constant failure rate when no failure analysis is available; useful for warranty analysis
Constant service or customer call rate	MTTSC (mean time to service call)	Total service/customer calls divided by total population operating time	Customer perception of constant failure rate; useful for sizing support needs
Constant warranty claim rate	MTTWC (mean time to warranty claim)	Total warranty claims divided by warranted population operating time	Useful for pricing warranties and setting warranty reserves
Constant service interruption rate	MTTSI (mean time to service interruption)	Total service interruptions divided by total population operating time	Customer perception of constant failure rate; may be an availability measure

Le Tableau 1 présente plusieurs expressions équivalentes des mesures de taux constant. Par exemple, un taux de défaillance constant de 1 % par an est équivalent à 1,1 10^{-6} h^{-1}, 1 100 FITs, 0,01 défaillance par unité par an, 1,1 défaillance par million d'heures, et 10 défaillances pour 1 000 produits par an (en supposant le remplacement, 9,95 défaillances pour 1 000 produits par an sans remplacement).

6.2.3 Concepts d'entités réparées et non réparées

La spécification d'une seule valeur, comme la MTTF, n'est pas suffisante pour un produit qui présente un taux de défaillance dépendant du temps.

Cette norme considère l'analyse de similitudes pour le cas d'un taux de défaillance constant ainsi que pour un taux de défaillance non constant. La CEI 61649, la CEI 61710 et la CEI 60300-3-5 détaillent les méthodes statistiques concernant le taux de défaillance non constant, analyse de Weibull incluse.

Des situations peuvent également être considérées lorsque des entités réparables, révisables pour recouvrer leur fonctionnalité après défaillance, ne sont pas réparées à «l'état du neuf» et présentent ainsi une intensité de défaillance non constante. La CEI 60300-3-5 donne des directives relatives au taux de défaillance non constant et à l'intensité de défaillance non constante. Il convient que la MTTF soit utilisée dans le cas d'entités non réparables et la MTBF dans le cas d'entités réparables.

Généralement, il est recommandé d'établir la probabilité de panne $F(t)$ d'une entité plutôt que d'établir le MTBF ou le MTTR; cependant, si le MTTF est utilisé, il convient qu'il le soit pour les entités non réparables et que le MTBF soit utilisé pour les entités réparables.

6.2.4 Méthodes d'estimation de la fiabilité

Les méthodes généralement utilisées pour évaluer la fiabilité sont les suivantes:

– analyse de similitudes;

– analyse de durabilité;

– méthodes basées sur des recueils de données.

Le principal avantage d'une évaluation de fiabilité est l'identification des contributions majeures aux défaillances du système, plutôt que la détermination de l'exactitude de la prévision dans l'absolu. L'identification des sources de non-fiabilité permet de donner les priorités d'actions et de faire des modifications dès le début du processus de conception. Cela est particulièrement important si les composants, modules ou solutions de conception sont réutilisés à partir de produits précédents. Dans ce cas, la méthode d'évaluation évalue le taux de défaillance à attendre si des améliorations ne sont pas entreprises. L'exactitude de toute prévision est déterminée par la qualité des données et leur similitude avec la conception proposée, leur utilisation et leur environnement.

Il convient qu'une évaluation de fiabilité soit basée sur des données appropriées disponibles, relatives à des produits en service, sauf si une nouvelle technologie est considérée. Les données peuvent être obtenues à partir d'un certain nombre de sources. Par ordre de préférence, ces dernières sont les suivantes:

– un équipement identique ou semblable utilisé dans le même environnement opérationnel, physique et de soutien;

– des données dérivées de l'analyse physique et technologique couvrant la gamme des conditions environnementales dans lesquelles l'équipement sera utilisé;

– des données d'essai ou d'exploitation provenant des fabricants de composants et de modules;

– des données provenant de sources industrielles ou génériques. Les sources de données génériques sont à utiliser avec de grandes précautions et avec une plus faible confiance dans l'évaluation de la fiabilité, jusqu'au moment où ces données peuvent être remplacées par de meilleures.

There are several equivalent ways of expressing the constant rate measures in Table 1. For example, a constant failure rate of 1 % per year is equivalent to 1,1 10^{-6} h^{-1}, 1 100 FITs, 0,01 failures per unit per year, 1,1 failures per million hours, and 10 failures per 1 000 products per year (assuming replacement, 9,95 failures per 1 000 products per year without replacement).

6.2.3 Repaired and non-repaired item concepts

Specifying a single value, such as MTTF, is not sufficient for a product that exhibits a time-dependent failure rate.

This standard considers similarity analysis for the constant failure rate case as well as for non-constant failure rate. IEC 61649, IEC 61710 and IEC 60300-3-5 give details on statistical methods for non-constant failure rate, including Weibull analysis.

Situations may also occur when repaired items, which are restored to functionality after failure, are not repaired to a 'good-as-new' condition and so exhibit a non-constant failure intensity. IEC 60300-3-5 provides guidance on non-constant failure rate and non-constant failure intensity. MTTF should be used in case of non-repairable items and MTBF should be used in case of repairable items.

Generally it is recommended to state the failure probability, $F(t)$, of the item instead of stating MTBF or MTTR; however, if MTTF is used it should be used for non-repaired items and MTBF used for repaired items.

6.2.4 Methods for estimating reliability

The following is a list of methods commonly used for assessing reliability:

– similarity analysis;

– durability analysis;

– handbook methods.

The main benefit of a reliability assessment is the identification of the major contributions to system failure, rather than the accuracy of the absolute prediction. The identification of the sources of unreliability supports the prioritisation of actions and allows modifications to be made to the design at an early stage. This is especially important if components, modules or design solutions are reused from previous products. In this case the assessment method estimates the failure rate to be expected if improvement activities are not made. The accuracy of any prediction is determined by the quality of the data and their similarity to the proposed design and its usage and environment.

Unless new technology is being considered, a reliability assessment should be based on appropriate in-service data that are available. Data may be obtained from a number of sources. In order of preference, they are as follows:

– the same or similar equipment used in the same or similar operational, physical and support environment;

– data derived from physical and engineering analysis across the range of environmental conditions in which it will be used;

– test data or field data from component or module suppliers;

– data from industry or generic sources. Generic data sources need to be used with great caution and with lower confidence in the reliability assessment until such time as they can be replaced with better data.

Il y a de nombreuses sources de données génériques et industrielles spécifiques pour étayer les évaluations de fiabilité.

Cette norme décrit un certain nombre de méthodes alternatives d'évaluation de fiabilité pouvant fournir des données de taux de défaillance à partir du niveau de l'équipement jusqu'à un niveau fonctionnel ou de celui d'un composant élémentaire. Lors du choix d'une méthodologie particulière pour une application spécifique, il convient qu'une revue, relative à l'exactitude et aux limites de l'approche apportant une justification de son utilisation, soit conduite et documentée. Il convient que cette justification comprenne les facteurs d'incertitude et de confiance associés aux résultats de la méthode d'évaluation.

La présente norme ne traite pas des problèmes de logiciels mais couvre uniquement les entités matérielles. Cependant, elle peut être utilisées pour les entités matérielles possédant des logiciels enfouis. Il faut que la fiabilité des logiciels enfouis et son interaction avec le matériel soient traitées, quand elles peuvent modifier les informations initiales sur la fiabilité.

7 Gestion du processus d'évaluation de fiabilité

7.1 Objectif de l'évaluation de fiabilité

7.1.1 Généralités

Il y a de nombreuses raisons d'évaluer la fiabilité d'une entité. La Figure 1 illustre quelques exemples d'activités qui nécessitent une évaluation de fiabilité comme données d'entrée. Par exemple, pour bien calculer l'approvisionnement en pièces de rechange pour une entité en exploitation, la connaissance du taux de défaillance de l'entité et de sa durée d'utilisation sont nécessaires.

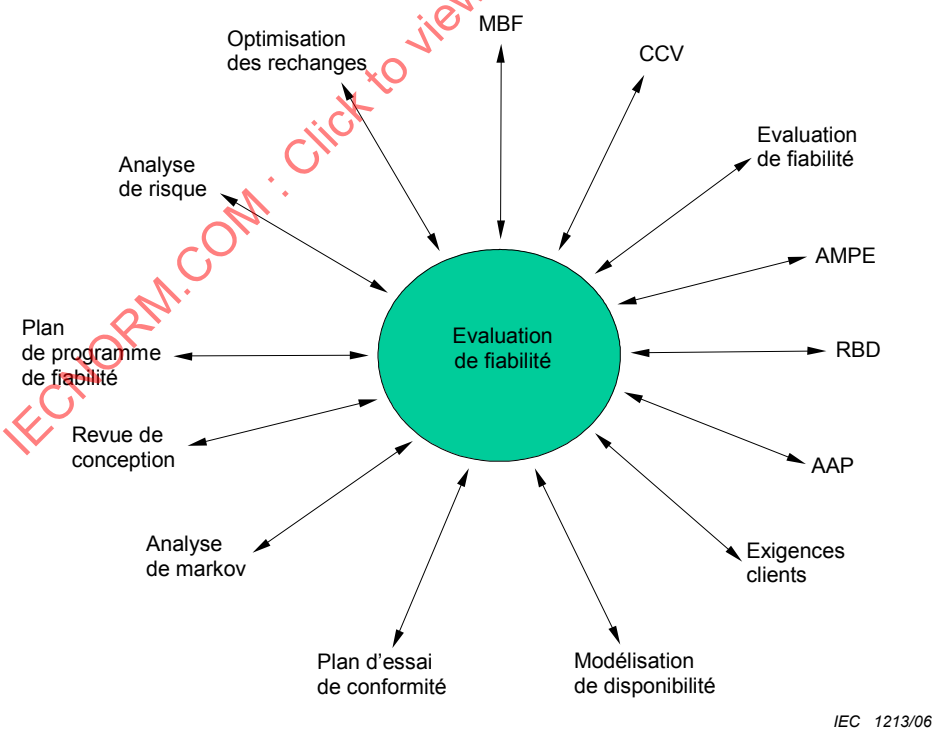

Figure 1 – Méthodes nécessitant une évaluation de fiabilité comme entrée

There are many generic and industry specific data sources to support reliability assessments.

This standard describes a number of alternative reliability assessment methods that can provide failure rate data from an equipment level down to a functional or piece part level. When selecting a particular methodology for a specific application, a review of the accuracy and limitations of the approach to provide a justification for its usage should be documented. This justification should include the uncertainty and confidence factors associated with the results of the assessment method.

This standard does not address software issues but only covers methods for hardware items. However, it can be used for hardware items that contain embedded software. Reliability of the embedded software and its interaction with the hardware must be addressed, which may change the original reliability information.

7 Management of reliability assessment process

7.1 Purpose of reliability assessment

7.1.1 General

There are numerous reasons for assessing reliability of an item. Figure 1 illustrates some examples of the activities that require a reliability assessment as an input. For example, to calculate the spares provision for an item in the field, knowledge of the item's failure rate and exposure time would be necessary.

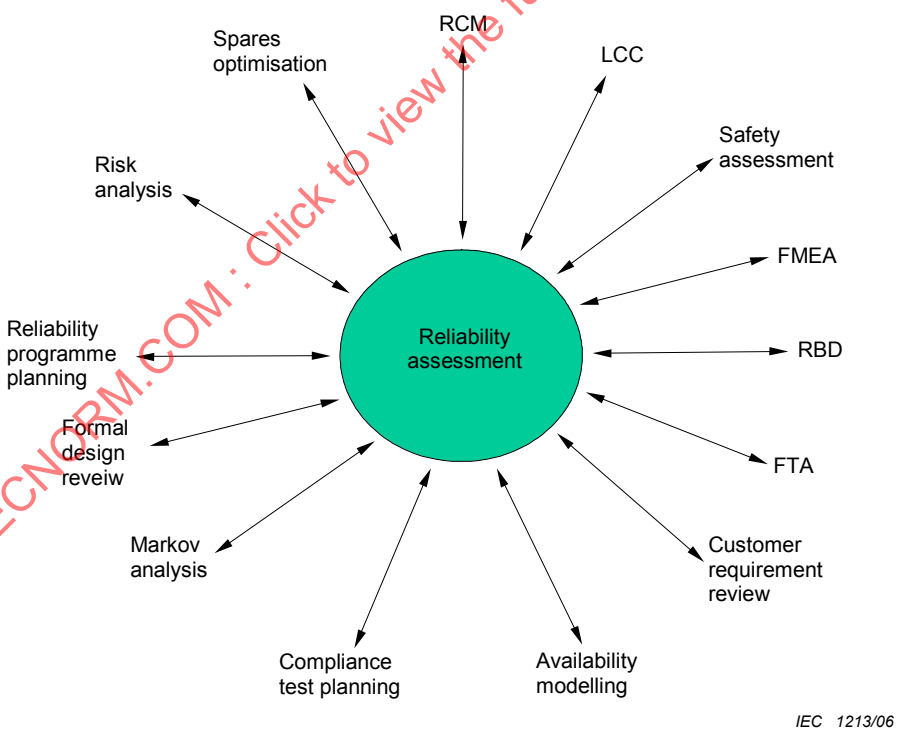

Figure 1 – Methods requiring a reliability assessment as input

Le Tableau 2 présente les références CEI des normes relatives aux méthodes qui nécessitent une évaluation de fiabilité comme entrée.

Tableau 2 – Normes de la CEI donnant des directives sur les méthodes

Méthode	CEI
Techniques d'analyse de la sûreté de fonctionnement – Guide méthodologique	**CEI 60300-3-1**
AAP	**CEI 61025**
AMPE	**CEI 60812**
RBD	**CEI 61078**
Exigences	**CEI 60300-3-4**
Revue de conception	**CEI 61160**
Modélisation de la disponibilité	**CEI 61078**
Approvisionnement en pièces de rechange	**CEI 60300-3-12**
Plan du programme de fiabilité et de facilité de maintenance	**CEI 60300-1**
Analyse de risque	**CEI 60300-3-9**
MBF	**CEI 60300-3-11**
Sûreté de fonctionnement des logiciels	**CEI 61713**
CCV	**CEI 60300-3-3**
Evaluation de la sécurité	**CEI 61882**
Techniques de Markov	**CEI 61165**
Sécurité fonctionnelle	**CEI 61508**
Prédiction de fiabilité	**CEI 62380**

Une évaluation de fiabilité peut être nécessaire pour accomplir les tâches suivantes.

a) Evaluation d'un objectif de fiabilité – Les évaluations de fiabilité sont utilisées pour faciliter l'estimation de la manière dont le système atteindra les objectifs de fiabilité (étude de faisabilité).

b) Comparaisons des conceptions et des produits – La plupart des systèmes a plusieurs options de conception. Des compromis doivent être trouvés parmi les diverses options, et l'évaluation de fiabilité est un paramètre important pour faire un choix parmi ces compromis. Ces options peuvent même affecter l'architecture du système, par exemple l'importance et le niveau de la redondance. Du fait que les compromis doivent souvent être faits tôt dans le processus de conception, l'évaluation de fiabilité doit être très précoce. Toutefois, cette évaluation est toujours utile car les informations importantes peuvent être la fiabilité relative et le classement relatif des choix de conception, plutôt qu'une valeur quantitative précise.

c) Méthode pour identifier des opportunités potentielles d'amélioration de fiabilité – Il convient généralement de concentrer les actions d'amélioration de fiabilité sur les zones dont les chances d'amélioration sont les plus grandes. Une évaluation de fiabilité quantifie la possibilité d'amélioration en identifiant la fiabilité relative de diverses unités et en prédisant l'amélioration de fiabilité obtenue à partir d'actions d'amélioration de fiabilité.

d) Soutien logistique – Les évaluations de fiabilité constituent des données d'entrée majeures pour la politique d'approvisionnement des pièces de rechange et l'estimation des coûts de garantie. Elles peuvent aussi être utilisées pour une première estimation du coût de cycle de vie.

e) Détermination de l'intervalle pour les types de tâches de maintenance «recherche de défaillance» et «essais fonctionnels».

f) Estimation de la fiabilité de la mission – Les missions peuvent avoir des phases multiples avec différentes configurations d'équipement, et les modèles de fiabilité du système peuvent être utilisés pour un première estimation de la fiabilité potentielle pour la mission complète.

Table 2 presents the IEC references for standards on the methods that require reliability assessment as an input.

Table 2 – IEC Standards providing guidance on methods

Method	IEC standard
Analysis techniques for dependability – Guide on methodology	**IEC 60300-3-1**
FTA	**IEC 61025**
FMEA	**IEC 60812**
RBD	**IEC 61078**
Requirements	**IEC 60300-3-4**
Design review	**IEC 61160**
Availability modelling	**IEC 61078**
Spares provision	**IEC 60300-3-12**
R&M programme plan	**IEC 60300-1**
Risk analysis	**IEC 60300-3-9**
Reliability Centred Maintenance	**IEC 60300-3-11**
Software dependability	**IEC 61713**
LCC	**IEC 60300-3-3**
Safety assessment	**IEC 61882**
Markov techniques	**IEC 61165**
Functional safety	**IEC 61508**
Reliability prediction	**IEC 62380**

A reliability assessment may be needed to fulfil the following tasks:

a) Reliability goal assessment – Reliability assessments are used to help assess the probability that the system can satisfy its reliability goals (feasibility study).

b) Comparisons of designs and products – Most systems have design implementation options. Tradeoffs have to be made among the various options, and reliability assessment is an important input to these tradeoffs. These options may even affect the system architecture, e.g. the amount and level of redundancy. Since tradeoffs often have to be made early in the design process, the reliability assessment may be very preliminary. However, it is still useful since the important information may be the relative reliability and ranking of design choices rather than a precise quantitative value.

c) Method to identify and prioritise potential reliability improvement opportunities – Reliability improvement activities should generally focus on the areas with the greatest opportunity for improvement. A reliability assessment quantifies the opportunity by identifying the relative reliability of various units and by predicting the reliability improvement obtained from a reliability improvement activity.

d) Logistics support – Reliability assessments are a key to deciding on spare part provisioning policy and estimating the costs of a warranty policy. They can also be used for the first estimate of life cycle costs.

e) Determining the interval for 'failure finding' and 'function testing' types of maintenance tasks.

f) Mission reliability estimation – Missions may have multiple phases with different equipment configurations, and system reliability models can be used for a first estimate of the potential reliability for the entire mission.

Lorsqu'on évalue la fiabilité, un autre facteur important est le facteur temporel «quand», c'est-à-dire à quelle étape dans le cycle de vie du produit. Pour évaluer la fiabilité de l'entité, il est primordial de commencer l'estimation tôt dans le cycle de vie du produit et de l'actualiser au fur et à mesure que davantage d'informations deviennent disponibles, par exemple par essai. De manière semblable, si l'évaluation de fiabilité n'est pas acceptable, des mesures d'amélioration doivent alors être prises dès que possible dans le cycle de vie du produit pour assurer l'amélioration de la fiabilité. Ainsi l'évaluation de la fiabilité et la surveillance de la croissance de fiabilité (voir CEI 61014) sont primordiales pour utiliser correctement les évaluations de fiabilité.

Les résultats de l'évaluation de fiabilité sont habituellement utilisés pour:

– des décisions économiques;
– des décisions relatives à l'architecture du système;
– des décisions relatives à la conception de l'équipement;
– les analyses de sécurité;
– la planification et la surveillance du programme de fiabilité.

7.1.2 Décisions économiques

Les exemples des décisions économiques, qui se fondent essentiellement sur les résultats de l'évaluation de fiabilité, comprennent les décisions concernant la garantie, les engagements de coût de maintenance et les accords de répartition de gain, l'actualisation planifiée de la conception, l'approvisionnement en pièces de rechange, le calendrier de maintenance, la prévision budgétaire et la dotation en personnel. Les caractéristiques applicables peuvent être exprimées en termes de coût de propriété, comme un retard et une annulation du service et une charge de maintenance imputable à l'opérateur.

Du fait que les décisions économiques mettent souvent en jeu des informations de coût industriel exclusif, sensibles ou confidentielles, il convient de contrôler soigneusement les comptes-rendus d'évaluation de fiabilité relatifs à ces décisions et peut être de les conserver séparément des résultats relatifs à d'autres questions. En outre, il convient que la manière dont ces informations sont partagées entre les acteurs économiques (par exemple un client, un fournisseur, un utilisateur) fasse l'objet d'accords commerciaux ou contractuels.

Avant de faire le choix d'une méthode d'évaluation de fiabilité un certain nombre de critères doivent être considérés, qui incluent

– l'utilisation envisagée de l'évaluation (*pourquoi*);
– le moment opportun dans le cycle de vie du système pour effectuer l'évaluation (*quand*);
– quelle entité économique est la plus capable de réaliser l'évaluation de fiabilité (qui);
– l'entité ou les entités pour laquelle ou pour lesquelles l'évaluation de fiabilité doit être effectuée (*quoi*); et
– les facteurs qu'il convient de considérer en choisissant la méthode appropriée d'évaluation de fiabilité (*comment*).

7.1.3 Décisions relatives à l'architecture du système

L'architecture du système est la description de haut niveau, en termes de fonctionnalités, de la structure choisie de manière à satisfaire à la spécification de conception. Cette description de haut niveau garantit que des objectifs du système sont connus de toutes les parties prenantes, que tous les facteurs pertinents sont considérés dans la conception, que tous les éléments de la conception sont définis et connus au niveau qui convient, que tous les éléments de la conception sont évalués correctement et que des variantes de solutions sont considérées.

One further important factor when assessing reliability is 'when', i.e. at what stage in the product life cycle. To assess item reliability it is crucial to start estimating early in the product life cycle and update such assessments as more information becomes available, e.g. from test. Similarly if the assessed reliability is not acceptable, then improvement activities have to be started as early as possible in the product life cycle to ensure reliability improvements. Thus, reliability assessment and monitoring reliability growth (see IEC 61014) is crucial to the correct use of reliability assessments.

Reliability assessment results are typically used for:

– business decisions;
– system architecture decisions;
– equipment design decisions;
– safety analyses;
– reliability programme planning and monitoring.

7.1.2 Business decisions

Examples of business decisions that rely heavily upon the results of reliability assessment include warranty decisions, maintenance cost guarantees and profit sharing agreements, planned design updates, spares provisioning, maintenance scheduling, budgeting and staffing. Applicable measures may be expressed in cost of ownership terms such as service delay and cancellation or operator maintenance burden.

Since business decisions often involve proprietary, sensitive or confidential cost information, reliability assessment reports for these decisions should be carefully controlled and may be maintained separately from results for other purposes. Furthermore, the degree that this information is shared between business entities (e.g. customer, supplier, user) should be the subject of business or contractual agreements.

Prior to the selection of a reliability assessment method a number of criteria have to be considered; these include

– the desired uses of the assessment (*why*);
– the appropriate time in the system life cycle to perform the assessment (*when*);
– which business entity can most capably perform the reliability assessment (*who*);
– the item(s) for which the reliability assessment is to be performed (*what*); and
– the factors that should be considered in selecting the appropriate reliability assessment method (*how*).

7.1.3 System architecture decisions

System architecture is the high-level description, in functional terms, of the structure chosen to satisfy the design specification. This high-level description ensures that system objectives are understood by all interested parties, all relevant factors are considered in the design, all elements of the design are defined and understood at the appropriate level, all elements of the design are evaluated correctly, and alternative solutions are considered.

Des exemples des décisions d'architecture de système pouvant être étayées par les résultats d'évaluation sont les suivants:

– la conception à tolérance de panne et à équipements d'essai intégrés; par exemple méthode, couverture ou fréquence de l'essai;
– le découpage fonctionnel au niveau supérieur du matériel et/ou du logiciel;
– la partition fonctionnelle entre les modules (bloc-diagrammes);
– le besoin de redondance; et
– la logistique de maintenance destinée aux prédictions.

7.1.4 Décisions relatives à la conception de l'équipement

Des exemples des décisions relatives à la conception d'équipement, qu'il convient de fonder sur l'évaluation de fiabilité, comprennent de manière non exhaustive:

– la conception du système, la comparaison des technologies de matériel, par exemple un processeur numérique, un réseau logique numérique comparés aux mêmes éléments analogiques;
– la comparaison des différentes solutions alternatives de l'architecture des circuits;
– la comparaison des utilisations, des cycles de service ou des solutions alternatives de sous-sollicitation des contraintes électriques;
– la sélection ou l'élimination de certains composants;
– la décision sur le niveau d'intégration des composants (ASIC – discret);
– la comparaison des technologies d'encapsulation et d'assemblage, par exemple montage en surface par rapport au montage par insertion (traversant);
– la comparaison des techniques de gestion environnementales, par exemple amortissement des vibrations ou refroidissement; et
– l'identification et la correction en temps voulu des insuffisances de conception, basée sur des données d'exploitation ou d'essai de composants, de modules ou de conception semblables.

Comme pour des décisions relatives à l'architecture du système, il convient que les résultats d'évaluation de fiabilité soient utilisés pour corroborer les décisions de conception d'équipement.

7.1.5 Evaluation de la sécurité

L'évaluation de la sécurité est l'approche maîtrisée destinée à identifier les dangers du système et leurs causes, et à en évaluer les risques. L'évaluation de la sécurité est liée à l'évaluation de fiabilité des composants et fonctions liés la sécurité. Un résultat issu de l'évaluation de fiabilité est le taux de défaillance, souvent utilisé dans diverses analyses pour l'évaluation de la sécurité; par exemple

– analyse par arbre de panne (AAP);
– analyse de Markov;
– analyse par arbre d'événement;
– AMDE; et
– AMDEC.

Les sources de données génériques et industrielles sont souvent utilisées pour fournir les données de taux de défaillance de base dans l'évaluation de la sécurité du système. Cependant, ce document décrit un certain nombre de méthodes alternatives d'évaluation de fiabilité pouvant fournir des données de taux de défaillance à partir du niveau de l'équipement

Examples of system architecture decisions that can be supported by assessment results are as follows:

– fault tolerant design and built-in test; e.g. test method, coverage, or frequency;
– top level hardware and/or software functional partitioning;
– functional partition between modules (block diagram);
– redundancy needs; and
– maintenance support for prognostics.

7.1.4 Equipment design decisions

Examples of equipment design decisions that should be based upon reliability assessment include, but are not limited to”

– system design, comparing hardware technologies, e.g. digital processor, digital logic array versus analogue;
– comparing circuit architecture alternatives;
– comparing utilization, duty cycle, or electrical stress derating alternatives;
– selecting or eliminating certain components;
– deciding on the level of component integration (ASIC-discrete);
– comparing packaging and assembly technology, e.g. surface mount versus through-hole;
– comparing environmental management techniques, e.g. vibration damping and cooling; and
– identifying and correcting design deficiencies in a timely manner based on field and test data of similar components, modules and design.

As with system architecture decisions, the reliability assessment results should be used to substantiate equipment design decisions.

7.1.5 Safety assessment

Safety assessment is the disciplined approach to identifying system hazards and their causes, and to assessing their risks. Safety assessment relates to the reliability assessment of safety-related functions and components. An output of reliability assessment is failure rate, which is often used in various analyses for safety assessment, for example

– fault tree analysis (FTA);
– Markov analysis;
– event tree analysis;
– FMEA; and
– FMECA.

Generic and industry data sources are often used to provide the base failure rate data in system safety assessment. However, this document describes a number of alternative reliability assessment methods that can provide failure rate data from equipment level down to

jusqu'à un niveau fonctionnel ou de celui d'un composant élémentaire. (Pour l'analyse de la sécurité du système, l'aptitude à évaluer la fiabilité de fonctions spécifiques est particulièrement importante.)

NOTE La CEI 61508 traite des questions de sécurité fonctionnelle.

7.1.6 Planification et surveillance du programme de fiabilité

Les résultats d'évaluation de fiabilité peuvent être traités comme des informations utilisables en divers points jalons de la conception, du développement, de la production et du cycle de vie en service des produits. Il convient que la planification du programme de fiabilité comprenne des évaluations de fiabilité, basées sur diverses activités, effectuées à différentes étapes dans le cycle (par exemple la planification de la présélection des assemblages, la planification des essais d'évolution de la fiabilité et la planification des essais de vérification de la fiabilité). Il convient également d'identifier les caractéristiques de fiabilité quantitative comme le MTTF, le MTBF, la période de fonctionnement sans défaillance, la durée de fonctionnement avant défaillance, les objectifs de gestion de la croissance de fiabilité et les exigences d'acceptation de fiabilité. Il convient de créer la documentation nécessaire pour s'assurer qu'une analyse et/ou une vérification suffisante sont effectuées, et pour faire en sorte que ces caractéristiques puissent être présentées avec l'exactitude et la confiance requises pour appuyer les décisions de planification du programme de fiabilité, en temps voulu. Les statistiques de Bayes peuvent être utilisées pour réduire les quantités d'échantillons d'essai nécessaires, si la base de la distribution préalable est considérée comme acceptable d'un point de vue technique.

La Figure 2 présente les étapes du cycle de vie du produit et comment une évaluation de fiabilité peut être demandée à chaque étape du processus, en tant qu'informations d'entrée et de sortie.

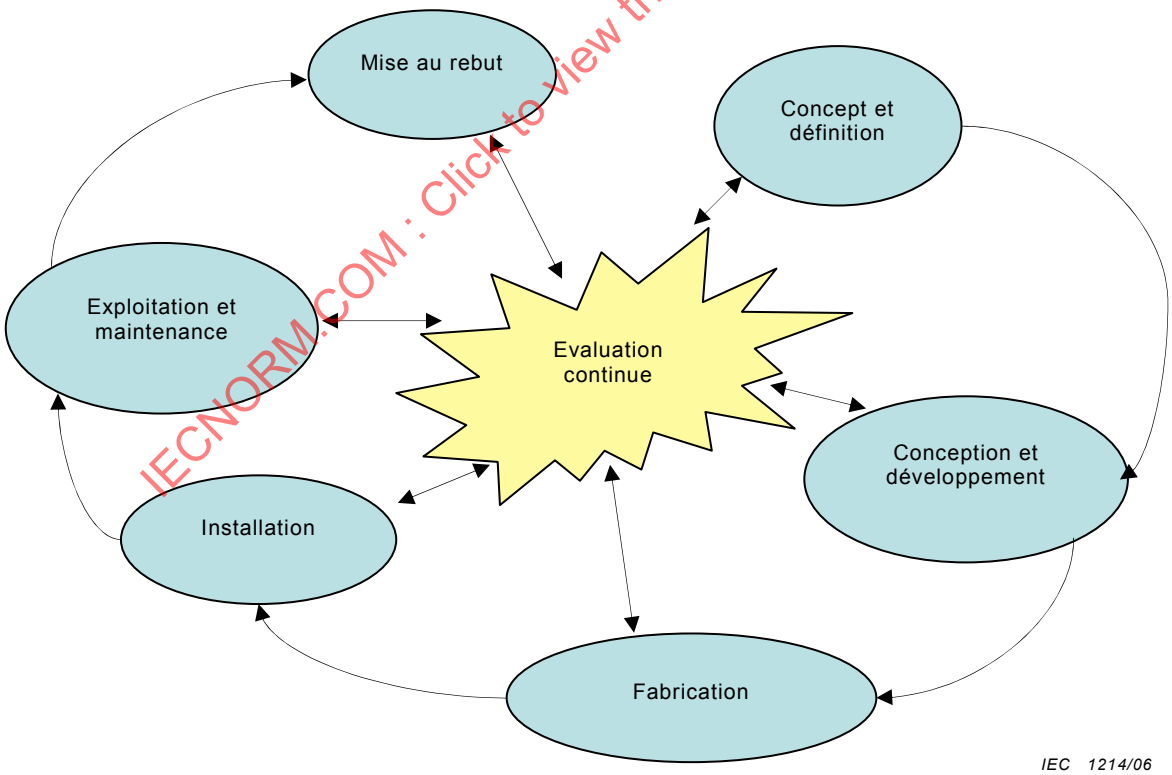

Figure 2 – Etapes du cycle de vie du produit

functional or piece part level. (For system safety analysis, the ability to assess the reliability of specific functions is particularly important.)

NOTE IEC 61508 deals with functional safety issues.

7.1.6 Reliability programme planning and monitoring

Reliability assessment results may be used as deliverables at various milestone points in the product design, development, production, and service life cycle. Reliability programme planning should include reliability assessments based on various activities carried out at different stages in the cycle (examples include assembly screening planning, reliability development test planning and reliability verification test planning). Quantitative reliability measures such as MTTF, MTBF, failure-free operating period, time to failure, reliability growth management goals and reliability acceptance requirements should also be identified. Documentation should be produced to ensure that sufficient analysis and/or testing is conducted so that these measures can be produced with the accuracy and confidence required to support reliability programme planning decisions and update estimates in a timely manner. Bayesian statistics may be used to reduce required test sample sizes if the basis of the prior distribution is considered acceptable from an engineering point of view.

Figure 2 shows the stages of the product life cycle and how a reliability assessment may be required at each stage of the process both as an input and as an output.

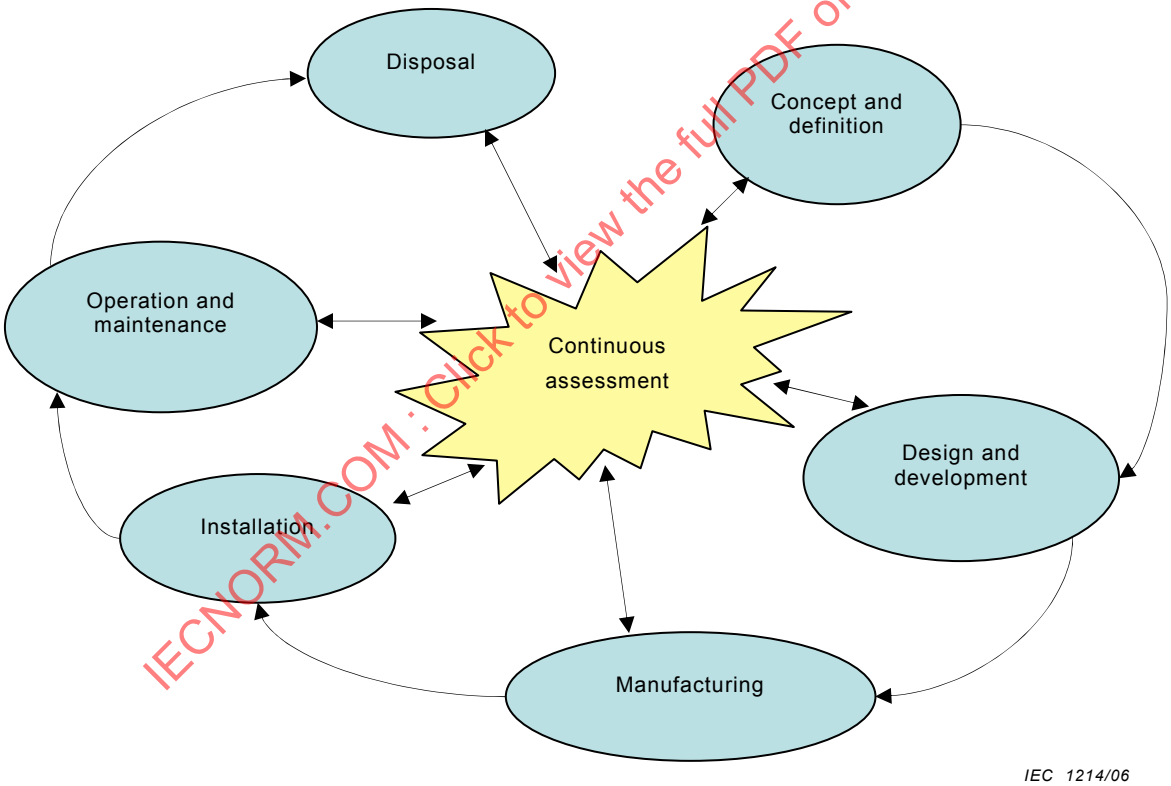

Figure 2 – Stages of product life cycle

Les phases principales du cycle de vie comprennent ce qui suit:

- la phase de concept et de définition

  la phase de concept et de définition est la phase du cycle de vie pendant laquelle l'expression de besoin du produit est établie et ses objectifs spécifiés. Pendant cette phase, les fondements de la sûreté de fonctionnement du produit et ses implications de coût du cycle de vie sont établis. Les décisions prises pendant cette phase ont le plus grand impact sur les fonctions caractéristiques du produit et sur les coûts de propriété, mais on ne leur accorde souvent que peu de considération ;

- la phase de conception et de développement

  La phase de conception et de développement est la phase du cycle de vie pendant laquelle l'architecture, le matériel et/ou le logiciel du système sont créés. Les informations pertinentes concernant le produit sont saisies et documentées pour faciliter la fabrication et l'assemblage ultérieur du matériel, le codage et la reproduction du logiciel, et l'intégration du système. La conception détaillée et la qualification suivent la conception initiale, et c'est lorsque les composants sont définis et dimensionnés que l'analyse des contraintes est entreprise, que les plans de production sont développés et que le logiciel est élaboré ;

- la phase de fabrication

  la phase de fabrication est la phase du cycle de vie pendant laquelle le produit est mis en production, le logiciel dupliqué et les composants du système assemblés ;

- la phase d'installation

  la phase d'installation est la phase du cycle de vie pendant laquelle le produit est mis en place pour répondre aux besoins de l'application et de l'exploitation. Les activités impliquent l'installation du système, l'intégration des fonctions de logistique de maintenance et la mise en oeuvre du nouveau produit avec matériel et logiciel installés, pour des essais en service réel. Le système ou le produit final intégré est soumis à une démonstration de ses performances dans les environnements réels fonctionnels, avant l'acceptation finale pour exploitation ;

- la phase d'exploitation et de maintenance

  La phase d'exploitation et de maintenance est la phase du cycle de vie pendant laquelle le produit est utilisé conformément à l'usage pour lequel il a été prévu, afin de fournir les performances d'exploitation attendues. Lorsque cela est applicable, le produit est maintenu pendant toute la durée de son exploitation pour assurer ses performances fonctionnelles ;

- mise au rebut

  La phase de mise au rebut est la phase du cycle de vie pendant laquelle le produit cesse d'être utilisé, est retiré de son site d'exploitation, démantelé, détruit, recyclé ou, le cas échéant, stocké.

Les méthodologies d'évaluation de fiabilité décrites dans la présente Norme Internationale peuvent être utilisées dans toute phase du cycle de vie du système tant que les informations techniques requises sont disponibles. Cependant, en raison de la nature progressive du cycle de vie du système, il peut y avoir des moments où certaines méthodes de prévision de fiabilité sont à préférer, du fait du type et de la qualité des informations techniques disponibles. Par exemple, les données d'exploitation nécessaires pour une prévision de fiabilité basée sur des données collectées sur le terrain ne deviennent habituellement disponibles que dans la phase de production/de soutien. Une fois en service, l'analyse de performance en service remplace progressivement toutes les autres méthodes d'évaluation de la fiabilité si les données sont de qualité satisfaisante et appropriée. Toutefois, les données d'exploitation provenant de systèmes semblables en service ou de fournisseurs de composants peuvent être utilisées pour des prévisions de fiabilité, assez tôt dans le cycle de vie.

The key life-cycle phases include:

- concept and definition phase

  The concept and definition phase is the life-cycle phase during which the need for the product is established and its objectives specified. During this phase, the foundation is laid for the product's dependability and its life-cycle cost implications. Decisions made during this phase have the greatest impact on the product performance functions and ownership costs, but are often given the least consideration;

- design and development

  The design and development phase is the life-cycle phase during which the system architecture, hardware and/or software are created. The relevant product information is captured and documented to facilitate subsequent hardware manufacturing and assembly, software coding and replication, and system integration. Detailed design and qualification follow initial design and this is when the components are defined and sized, stress analysis is undertaken, production plans are developed and software designed;

- manufacturing phase

  the manufacturing phase is the life cycle phase during which the product is produced, the software is replicated, and the system components are assembled;

- installation phase

  the installation phase is the life cycle phase during which the product is put in place for application and operation. The activities involve system installation, maintenance support functions integration, and new product introduction of the installed hardware and software for field trials. The integrated system or end product is put through its performance demonstration in actual operating environments prior to final acceptance for operation;

- operation and maintenance phase

  the operation and maintenance phase is the life-cycle phase during which the product is used for its intended purpose to provide performance operation. Where applicable, the product is maintained for its continual operation in performance functions;

- disposal

  the disposal phase is the life-cycle phase during which the product is terminated from use, removed from its operation site, dismantled, destroyed, recycled or, where appropriate, put in storage.

The reliability assessment methodologies that are described in this International Standard may be used in any phase of the system life cycle, as long as the required engineering information is available. However, because of the progressive nature of the system life cycle, there may be times when certain reliability prediction methods are preferred due to the type and quality of the available engineering information. For example, field data necessary for a reliability prediction based on the information usually becomes available in the production/support phase. Once in service, analysis of service performance increasingly replaces any other method of reliability assessment, provided the data is of good quality and relevant. However, field data from similar in-service systems or component suppliers can be used for reliability predictions earlier in the life cycle.

7.2 Documentation

Il convient de rendre compte des résultats d'évaluation de fiabilité avec les informations suffisantes pour appréhender leurs utilisations, leurs limitations, et leurs incertitudes.

Il convient d'inclure dans la documentation d'une évaluation de fiabilité deux types d'informations:

a) la description du système;

b) le processus d'évaluation et ses résultats.

Il convient d'inclure les points suivants dans la description du système:

1) la description de l'équipement – il convient que celle-ci décrive brièvement les caractéristiques physiques du système;

2) la frontière du système – il convient que celle-ci décrive la délimitation du système. Les schémas fonctionnels (synoptiques) fournissent une bonne méthode pour illustrer la frontière du système considéré;

3) l'utilisation – il convient que celle-ci décrive le rôle principal du système ou de la fonction et tout rôle secondaire. Il convient d'y inclure sa mission opérationnelle caractéristique;

4) l'environnement – il convient qu'il décrive l'environnement d'exploitation du système;

5) les interfaces avec les autres équipements – il convient que celles-ci définissent les équipements associés, avec les entrées, les sorties et les services relatifs au système. Le cas échéant, il convient également de décrire les équipements physiquement proches du système installé;

6) la norme de construction ou le numéro de la version du produit – il convient que la documentation se réfère à une norme spécifique de construction du système;

7) niveaux de compétence du personnel et formation – il convient de décrire le niveau de compétence et la formation;

8) politique de maintenance – il convient que celle-ci décrive les régimes de soutien pour chacune des missions du système ou pour chacun des profils opérationnels.

Il convient que les détails de conduite de l'évaluation soient également documentés et qu'ils incluent

– la justification de la méthode de sélection;

– le processus de choix pour les sources de données;

– la description des méthodes de calcul;

– les taux de défaillance dérivés;

– la description de toutes les hypothèses;

– les détails des consultations pendant l'activité (par exemple utilisateur, agent de maintenance, concepteur);

– les résultats de l'évaluation;

– la conclusion et les recommandations.

Il convient que les rapports soient contrôlés et accessibles.

8 Données nécessaires

8.1 Données d'entrée

Il convient que les données utilisées dans l'évaluation de fiabilité soient obtenues à partir de sources crédibles et pertinentes, et qu'elles soient contrôlées, actualisées, consultées et utilisées selon un processus cohérent. Les données peuvent être obtenues à partir d'essais sur un équipement, un sous-ensemble ou un composant, chez les fournisseurs de COTS,

7.2 Documentation

Reliability assessment results should be reported with sufficient information to understand their uses, limitations, and uncertainties.

The documentation for reliability assessment results should include two types of information, namely:

a) system description;

b) the process of assessment and its results.

The system description should include the following information:

1) equipment description – this should briefly describe the system's physical characteristics;
2) system boundary – this should describe the system's boundary. Block diagrams provide a good method of illustrating the boundary of the system under consideration;
3) usage – this should describe the system's primary role or function, and any secondary roles. It should include its typical operational mission;
4) environment – this should describe the system's operating environment;
5) Interfaces with other equipment – this should define the equipment associated with the inputs, outputs and services to the system. Where appropriate, it should also describe the equipment physically near to the installed system;
6) build standard or the number of the product version – the documentation should relate to a specific build standard of the system;
7) personnel skill levels and training – the skill level and the training should be described;
8) maintenance policy – this should describe the support regimes for each of the system's roles or operating profiles.

Details of conducting the assessment should also be documented and should include

– justification of selection method;
– selection process for the data sources;
– description of calculation methods;
– derived failure rates;
– description of any assumptions;
– details of consultations during the activity (e.g. user, maintainer, designer);
– results of the assessment;
– conclusion and recommendations.

The reports should be controlled and accessible.

8 Data needs

8.1 Input data

Data used in reliability assessment should be obtained from credible and relevant sources and should be controlled, updated, accessed and used according to consistent processes. Data may be obtained from equipment, sub-assembly or component testing, suppliers of

à partir des performances d'un équipement en service, et à partir d'autres sources de données appropriées. Il convient qu'une revue de l'exactitude et de l'exhaustivité des données utilisées soit menée de telle sorte qu'elle puisse être rapportée dans la documentation de l'évaluation.

8.2 Sources et types de données

Il convient que les sources de données pouvant être utilisées comme informations d'entrée pour les processus d'évaluation de fiabilité soient décrites. En règle générale, les données provenant de la fabrication et de l'utilisation en service du produit sont de beaucoup préférables aux données obtenues à partir des sources générales de l'industrie, à condition que la population de données soit suffisante pour conduire à une analyse statistique crédible. Les données spécifiques obtenues directement des fournisseurs d'équipements et de composants et d'évaluation de composants basées sur les techniques de fabrication sont préférables aux données générales de l'industrie, parce que les informations de taux de défaillance spécifiques pour un système, un sous-ensemble ou un composant élémentaire, refléteront implicitement la capacité de conception et celle du procédé de fabrication de chaque fournisseur d'équipement. Il faut noter que dans le cas des composants COTS, les seules données disponibles proviennent des fournisseurs et qu'il convient de les utiliser comme toute autre donnée provenant de fournisseurs de composants.

Il convient qu'une description du processus soit produite avant l'évaluation de fiabilité; ce dernier sera basé sur de solides justifications statistiques, définissant la façon dont les données sont choisies en utilisant la source de données la plus appropriée à l'application particulière de l'évaluation.

Les données comprennent

a) les données provenant d'équipements semblables en service et d'applications semblables;

b) les données provenant de composants et sous-ensembles en service d'équipements semblables et d'applications semblables;

c) des données d'essais de qualification de composants et de sous-ensembles;

d) des données d'essais d'assurance qualité de composants et de sous-ensembles;

e) les données d'essais de développement provenant des services d'ingénierie;

f) les données d'essais fonctionnels et d'essais d'acceptation issues de la production; et

g) les données d'essai et de reprise.

Des exemples de données provenant d'autres sources sont les suivantes:

1) données des constructeurs de composants (composants COTS inclus);

2) données issues des bases de données de l'industrie et des groupements industriels; et

3) données des recueils de données.

Les types d'informations peuvent comprendre

– le mode de défaillance;

– le mécanisme de défaillance;

– le site de la panne;

– l'action de la maintenance;

– l'indication de panne et la confirmation (données du EEI);

– l'effet de la défaillance ou la criticité comprenant la perte de fonction et tous les effets de dégradations secondaires;

– les conditions opérationnelles et environnementales auxquelles l'entité est nominalement soumise et celles sous lesquelles la défaillance s'est produite;

COTS, in-service performance and other relevant data sources. A review of the accuracy and completeness of data used should be conducted so that it can be reported in the assessment documentation.

8.2 Data sources and types

The data sources that may be used as inputs to reliability assessment processes should be described. As a general rule, data from product manufacturing and service are highly preferred over data obtained from general industry sources, provided that the population of data is sufficient to carry out a credible statistical analysis. Specific data captured directly from equipment and component suppliers and component assessment using manufacturing techniques is preferred over general industry data because specific failure rate information for a system, sub-assembly or piece part will implicitly reflect the design and manufacturing process capability of the individual equipment supplier. Note that in the case of COTS components the only data available may be from suppliers and this should be used like any other component supplier data.

A description of the process, based upon sound statistical evidence, that defines how the data is selected using the most appropriate data source for the particular assessment application should be produced prior to reliability assessment.

Data include:

a) in-service data from similar equipment and similar applications;
b) in-service data from components and sub-assemblies in similar equipment and similar applications;
c) qualification test data from components and sub-assemblies;
d) quality assurance test data from components and sub-assemblies;
e) development test data from engineering;
f) functional test, and acceptance test data from production; and
g) test and rework data.

Examples of data from other sources include

1) data from component manufacturers (including COTS components);
2) data from industry and consortia databases; and
3) data from handbooks.

The types of information may include

– failure mode;
– failure mechanism;
– fault site;
– maintenance action;
– fault indication and confirmation (BITE data);
– failure effect or criticality including loss of function and any effects of secondary damage;
– operating and environmental conditions to which the item is nominally subjected and those at which the failure occurred;

- les heures et les cycles avant la défaillance de l'équipement ou du sous-ensemble dans lequel la défaillance s'est produite;
- les actions correctives relatives à la défaillance;
- les résultats de l'analyse de la défaillance, y compris la raison primaire;
- le temps d'exposition ou les cycles de la population totale;
- les données de prédiction – des informations concernant la manière dont l'entité peut être défaillante.

Il est essentiel de choisir des données qui permettront le calcul des caractéristiques de fiabilité prédéterminées appropriées.

Bien que le type de données décrites ci-dessus soit souhaitable pour évaluer la fiabilité du produit, ces dernières ne sont pas toujours disponibles.

La CEI 60300-3-2 donne des informations plus détaillées sur la collecte des données.

8.3 Recueil, stockage et récupération des données

Les données sont habituellement intégrées dans une base de données plus large, plutôt que dans une base de données d'évaluation de fiabilité distincte. Si la base de données est correctement constituée, toutes les données pertinentes, y compris celles issues de l'expérience acquise, sont disponibles pour le personnel de conception et de fabrication, afin qu'il les utilise pour les équipements actuels et futurs. Lorsque des résultats d'exploitation sont utilisés dans un but d'évaluation de fiabilité, il est très important de prendre connaissance de l'exactitude des données, ainsi que de l'intégrité du processus de collecte des données, c'est-à-dire qu'un processus satisfaisant et vérifiable de recueil de données est nécessaire. Par exemple, lorsque des résultats d'exploitation sont utilisés afin de prédire un taux de défaillance critique pour une analyse de sécurité, il est nécessaire de s'assurer que les données sources sont actuelles, complètes et issues d'un processus de collecte qui se concentrera sur la capture de toutes les données pertinentes.

Les limitations dans les domaines de l'enregistrement et de l'exactitude des données représentatives doivent être connues et comprises. Dans un but d'analyse de données, la durée avant défaillance d'une entité serait clairement vue comme infinitésimale si le niveau de sa couverture d'essai était insuffisant pour détecter des pannes particulières. De même, le résultat d'analyse serait optimiste si des pannes étaient détectées mais non consignées de manière fiable. En particulier, la confiance accordée aux données est critique lorsqu'on détermine la sécurité d'une unité, car souvent deux pannes sont impliquées, dont la première peut être latente.

En définissant le domaine d'application du processus de collecte des données, il convient de considérer la capacité des procédures à détecter et à enregistrer les défaillances qu'une analyse de données ultérieure peut avoir à utiliser pour faire des prédictions. Il convient qu'une description de ces procédures assurant le recueil de données contrôlé et répétitif soit documentée.

9 Méthodes d'évaluation de la fiabilité

9.1 Introduction

Il convient de conduire les évaluations de fiabilité en utilisant des méthodes et des techniques documentées, maîtrisées et répétitives, pouvant comprendre des analyses ou des essais. Recueillir et utiliser des données d'exploitation dans l'évaluation de la fiabilité est recommandé, pourvu que les données soient d'une qualité saine (voir 8.2). Il convient que ces méthodes soient soumises à une certaine forme de validation. Il convient d'inclure dans la documentation les résultats de la validation effectuée, pour indiquer l'exactitude et les limitations de chaque méthode. Ces informations peuvent être utilisées pour déterminer l'applicabilité d'une méthode d'évaluation à une action particulière d'évaluation de fiabilité.

– hours or cycles to failure of the equipment or sub-assembly in which the failure occurred;
– corrective actions for the failure;
– failure analysis results, including root cause;
– total population exposure time or cycles;
– prognostic data – information about how the item can fail.

It is essential to select data that will enable calculation of appropriate pre-determined reliability measures.

Although the type of data described above is desirable for assessing product reliability, it is not always available.

IEC 60300-3-2 provides more detailed information on data collection.

8.3 Data collection, storage, and retrieval

Data elements are usually integrated into a larger database, as opposed to a separate reliability assessment database. If this is done properly, all relevant data, including lessons learned, are available to design and manufacturing personnel for use on current and future equipment. When using field data for the purposes of reliability assessment, it is crucial to understand the accuracy of the data and the integrity of the data collection process itself, i.e. a good valid and verifiable data collection process is necessary. For example, when using field data to predict a critical failure rate, for a safety analysis, it is necessary to ensure that source data is current, complete and provided by a collection process that focuses on capturing all pertinent data.

Limitations in both the scope of recording and accuracy of reporting data have to be understood. Clearly for the purposes of data analysis, the time to failure of an item would be seen as infinitesimal if the level of its test coverage were insufficient to detect particular faults. The same analysis would result if faults were detected but not reliably reported. In particular, confidence in data is critical when determining unit safety as it often involves two faults, of which the first may be dormant.

When defining the scope of the data collection procedure, consideration should be given to the ability of the procedures to detect and record those failures that subsequent data analysis may be used to predict. A description of those procedures that ensure controlled, repeatable data collection should be documented.

9 Reliability assessment methods

9.1 Introduction

Reliability assessments should be conducted using documented, controlled, and repeatable methods and techniques, which may include analyses or testing. Collecting and using filed data in reliability assessments is recommended, provided the data is of sound quality (see 8.2). These methods should undergo some form of validation. Documentation should include the results of validation carried out to indicate the accuracy and limitations of each method. This information may be used to determine the applicability of an assessment method to a

La validation continue de chaque méthode d'évaluation sera disponible sous forme de données provenant d'équipements en service. La corrélation existante entre les performances de fiabilité prévues et réelles peut être donnée pour justifier le choix d'une méthode particulière, pour toute évaluation ultérieure, prenant en compte toutes les améliorations avérées du processus. Des directives pour gérer la validation de l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité sont détaillées en 11.2.

Plusieurs méthodes peuvent être applicables à une entité. En fait, il peut être avantageux d'appliquer plusieurs méthodes à un unique produit, afin d'établir une évaluation de fiabilité représentative. Il convient de présenter la documentation de la justification du choix de la méthode ou des méthodes particulières d'évaluation. Il convient également de donner le processus de justification et d'inclure des preuves statistiques solides, pouvant démontrer que la source de données et la méthode sont applicables à l'évaluation en question. La Figure 3 présente le processus d'évaluation de fiabilité, ainsi que celui de l'amélioration de l'évaluation de fiabilité.

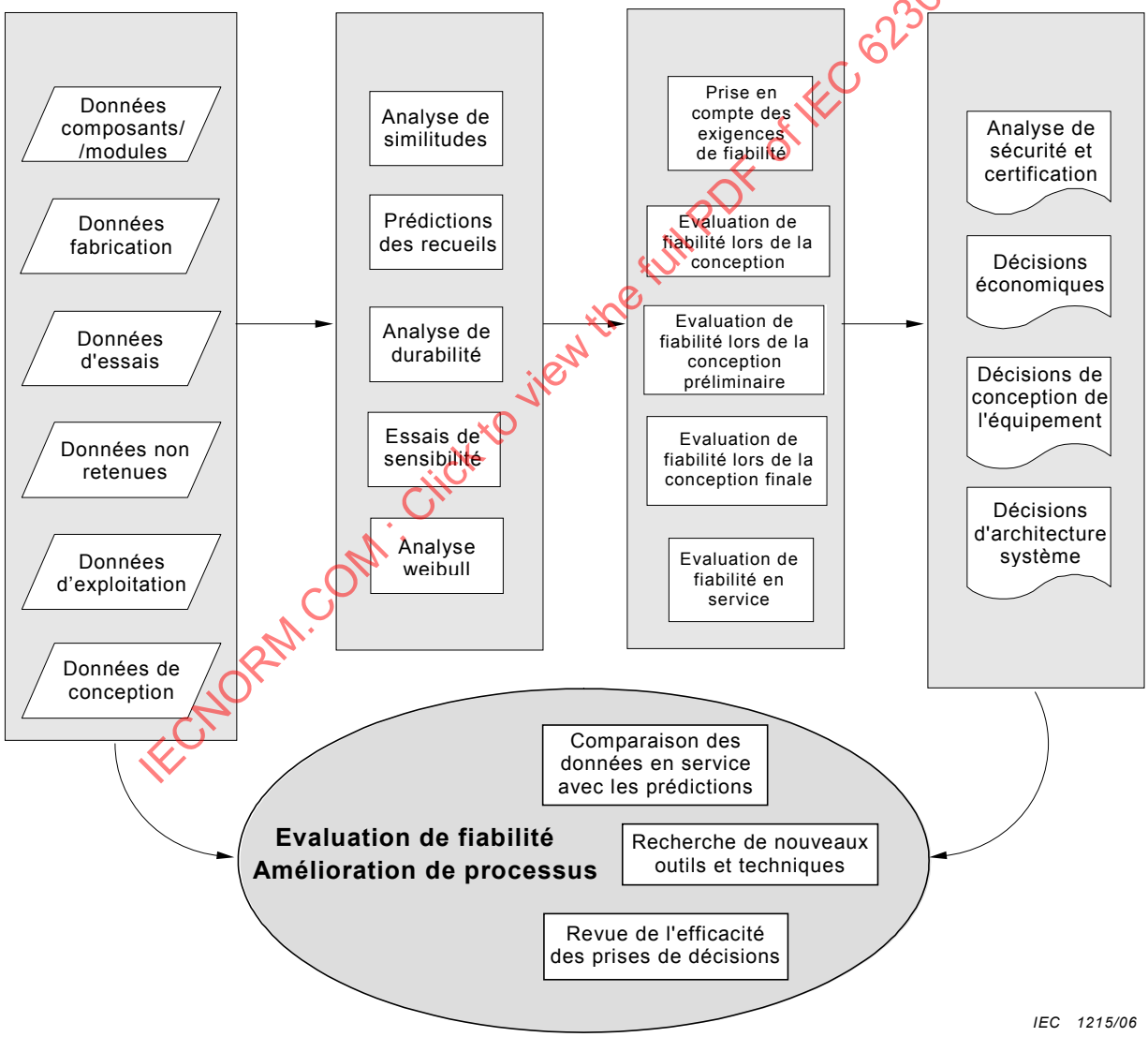

Figure 3 – Evaluation de fiabilité et amélioration de processus

particular reliability assessment activity. Continued validation of each assessment method will be available in the form of in-service data. Current correlation between predicted and actual reliability performance can be provided to justify the selection of a particular method for any subsequent assessment, taking credit for any proven process improvements. Guidelines for managing reliability assessment validation and improvement are detailed in 11.2.

More than one method may be applicable to an item. In fact, it may be advantageous to apply more than one method to a single product in order to establish a representative reliability assessment. Documentation of the justification for the selection of the particular assessment method(s) should be produced. The justification process should also be given, and it should include sound statistical evidence that can demonstrate that the data source and method are applicable to the assessment application in question. Figure 3 shows the reliability assessment process as well as the reliability assessment improvement process.

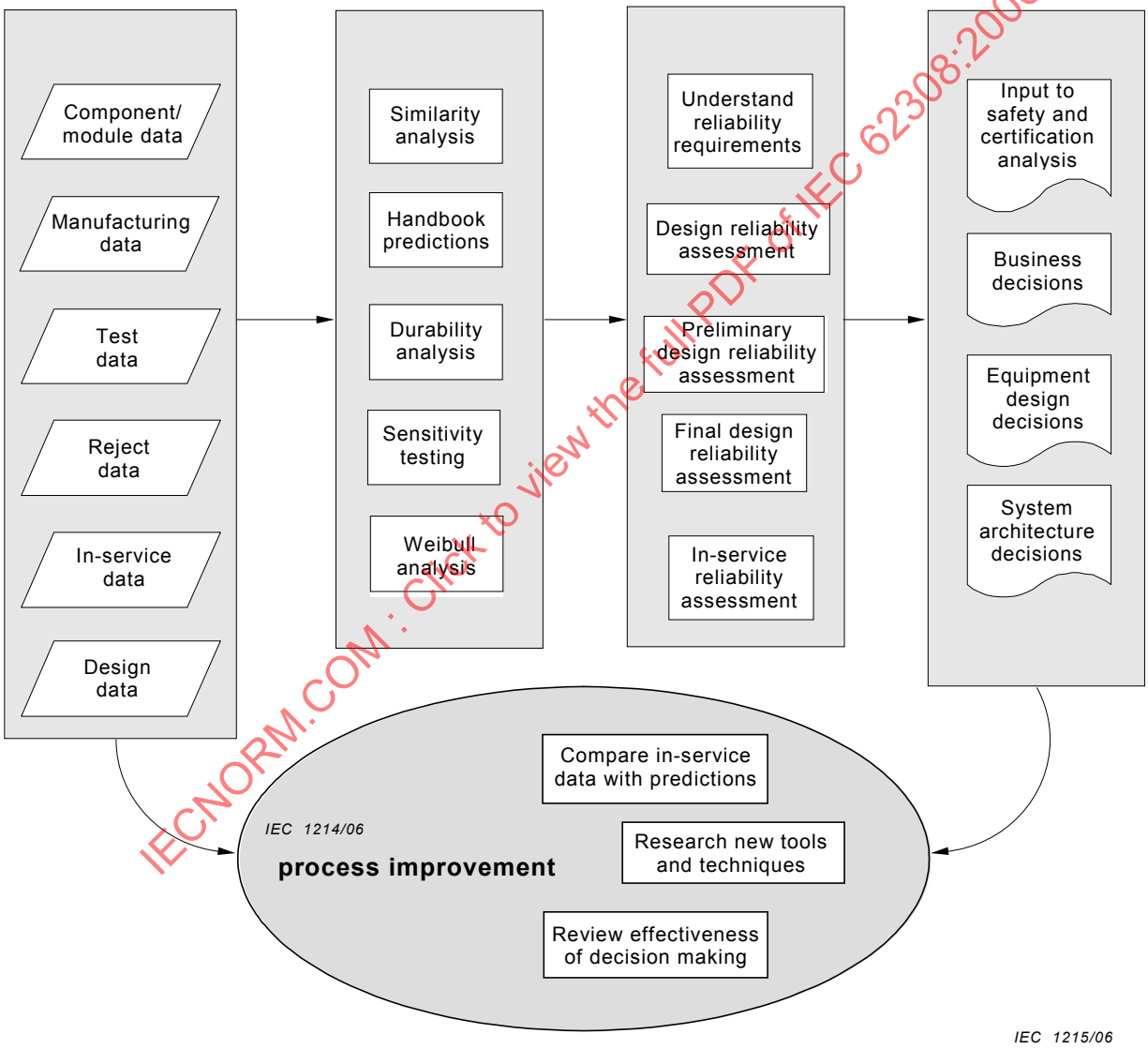

Figure 3 – Reliability assessment and improvement process

9.2 Analyse de similitudes

9.2.1 Aperçu de l'analyse de similitudes

L'analyse de similitudes comprend l'utilisation des données de performances de l'équipement en service, afin de comparer un équipement qui vient d'être conçu à un équipement antérieurement réalisé, pour estimer la fiabilité de l'entité finale lorsque les utilisations et les contraintes sont semblables. L'Annexe A présente des directives concernant cette méthode, sous forme d'exemples.

Bien que le concept de l'analyse de similitudes soit amplement basé sur la localisation d'une conception «semblable», elle met en évidence les 'différences' critiques entre elles, au niveau qui convient, ce qui rend la méthodologie efficace. Des analyses de similitudes faites lors de la définition des concepts ou à des étapes précoces de la conception permettent d'acquérir et d'introduire des connaissances à partir de produits semblables ou d'éliminer des problèmes dans un produit nouveau, ce qui conduit à une amélioration de la fiabilité.

Les comparaisons d'équipements semblables peuvent être faites au niveau de l'entité finale, du sous-ensemble ou du composant, en utilisant les mêmes données d'exploitation, mais en appliquant différents algorithmes et facteurs de calcul à divers attributs, décrits ci-dessous. La comparaison avec des équipements semblables peut également être faite au niveau fonctionnel afin de fournir des données de base de taux de défaillance pour l'analyse de sécurité ou la prise de décision architecturale.

Les attributs à comparer peuvent comprendre

a) les conditions opérationnelles et environnementales (mesurées et spécifiées);
b) les caractéristiques de conception;
c) les processus de conception;
d) l'expérience de l'équipe de concepteurs avec des conceptions similaires;
e) les procédés de fabrication, y compris la maîtrise de la qualité;
f) l'expérience du constructeur avec des composants et des processus similaires;
g) les caractéristiques des équipements d'essai intégrés et de localisation de panne;
h) les processus d'essai et de maintenance;
i) les composants et les matériaux;
j) la date ou toute autre mesure de maturité de la technologie; et
k) la qualité des processus d'évaluation de fiabilité.

Pour chacun des attributs ci-dessus, il convient de comparer un certain nombre d'attributs de niveau inférieur. Par exemple, les conditions opérationnelles et environnementales peuvent inclure la température en régime établi, l'humidité, les variations de température, la puissance électrique, le coefficient d'utilisation, les vibrations mécaniques, etc. Les caractéristiques de conception de l'équipement peuvent inclure le nombre de composants (scindés en grandes familles de composants), le nombre de cartes de circuits imprimés, la taille, le poids, les matériaux, etc.

Il convient que l'analyse de similitudes comprenne les algorithmes nécessaires ou les méthodes de calcul utilisées pour mesurer les similitudes et des différences entre l'équipement en cours d'évaluation et les équipements antérieurs.

Quand une analyse de similitudes relative à une entité finale n'est pas possible parce qu'aucun équipement antérieur n'est suffisamment similaire ou disponible pour une comparaison bi-univoque avec l'équipement nouvellement conçu en cours d'évaluation, une analyse de similitude peut alors être conduite à un niveau inférieur (par exemple au niveau sous-ensemble, module ou composant). L'analyse au niveau inférieur peut comprendre la comparaison structurée des éléments du nouvel équipement avec des éléments similaires d'autres équipements antérieurs, pour lesquels les données de fiabilité sont disponibles.

9.2 Similarity analysis

9.2.1 Overview of similarity analysis

Similarity analysis includes the use of in-service equipment performance data to compare newly designed equipment with predecessor equipment for estimating end-item reliability when the uses and stresses are similar. Annex A offers guidelines in the form of examples of this method.

Although the concept of similarity analysis is based very much on locating a 'similar' design, it is critical to identify 'differences' between them for further analysis and test. This makes the methodology effective. Similarity analysis done at concept or early design stages enables lessons learnt from similar products performance to be incorporated, or problems eliminated in the new product, leading to improved reliability.

Comparisons of similar equipment may be made at the end-item, sub-assembly, or component level using the same field data, but applying different algorithms and calculation factors to various attributes, described below. Comparison with similar equipment may also be made at the functional level to provide base failure rate data for safety analysis or architectural decision-making.

Attributes to be compared may include:

a) operating and environmental conditions (measured and specified);
b) design features;
c) design processes;
d) design team experience with similar designs;
e) manufacturing processes, including quality control;
f) manufacturer's experience with similar components and processes;
g) built-in test and fault isolation features;
h) test and maintenance processes;
i) components and materials;
j) date or other measure of technology maturity; and
k) quality of the reliability assessment processes.

For each of the above attributes, a number of lower level attributes should be compared. As examples, operating and environmental conditions may include steady-state temperature, humidity, temperature variations, electrical power, duty cycle, mechanical vibration, etc. Equipment design features may include number of components (separated according to major component family), number of circuit card assemblies, size, weight, materials, etc.

Similarity analysis should include necessary algorithms or calculation methods used to quantify the similarities and differences between the equipment being assessed and the predecessor equipment.

When an end-item similarity analysis is not possible because no predecessor equipment is sufficiently similar or available for a one-to-one comparison with the newly designed equipment being assessed, then a similarity analysis may be conducted at a lower level (e.g. sub-assembly, module or component level). The lower level analysis may include the structured comparison of elements of the new equipment with similar elements of a range of different predecessor equipment, for which reliability data are available.

Une liste de contrôle pouvant être utilisée pour faciliter une analyse efficace de similitude et un compte-rendu concis de résultats est donnée en 9.2.2.

9.2.2 Liste de contrôle pour l'analyse de similitudes

Il est recommandé d'inclure les points suivants dans un compte-rendu d'évaluation de fiabilité d'un produit qui met en oeuvre la méthode d'analyse de similitudes.

Informations générales

1) la date de l'analyse ;
2) le nom de l'analyse ;
3) les approbations – le cas échéant ;
4) la phase du programme ;
5) l'utilisation des résultats.

Références

6) le document relatif au plan d'évaluation de fiabilité applicable ;
7) le document relatif à la procédure d'évaluation de fiabilité ;

   (la procédure peut aussi être incluse dans la partie analyse du document de compte-rendu) ;

8) les archives de données des équipements antérieurs.

Identification du produit

9) le nom du nouveau produit ;
10) la référence (code article) du nouveau produit ;
11) le nom du ou des produits antérieurs ;
12) la référence (code article) du ou des produits antérieurs.

Analyse

13) le niveau de l'analyse (URL, SRU, Fonctionnel, etc.) ;
14) le ou les récapitulatifs des données du produit antérieur ;
15) les attributs comparés – considérer les profils d'utilisation et opérationnels ;
16) la base de la quantification des différences d'attributs ;
17) l'algorithme ou la les méthodes de calcul ;
18) l'identification des éléments de la nouvelle conception n'ayant pas de produit similaire et comment ces éléments ont été évalués.

Résultats

19) la ou les mesures d'évaluation de la fiabilité (MTTF, taux de défaillance, etc.) ;
20) la variabilité présumée de la ou des mesures de fiabilité ;
21) la ou les mesures de la fiabilité (si applicable).

A sample checklist that may be used to facilitate an effective similarity analysis and concise results report is given in 9.2.2.

9.2.2 Similarity analysis checklist

The following items are recommended for inclusion in a product reliability assessment report, which uses the similarity analysis method.

General information

1) analysis date;
2) analyst's name;
3) approvals – As required;
4) programme phase;
5) usage of results.

References

6) applicable reliability assessment plan document;
7) reliability assessment procedure document,

(alternatively, procedure may be included in the analysis portion of the report document.)

8) predecessor data archive.

Product identification

9) name of new product;
10) part number of new product;
11) name of predecessor product(s);
12) part number of predecessor product(s).

Analysis

13) level of analysis (LRU, SRU, functional, etc.);
14) predecessor product data summary(ies);
15) attributes compared – consider usage and operational profiles;
16) basis for quantifying attribute differences;
17) algorithm or calculation method(s);
18) identify elements of new design with no previous similar product and how this will be assessed.

Results

19) reliability assessment measure(s) (MTTF, failure rate, etc.);
20) expected variability of reliability measure(s);
21) reliability measure(s) (if applicable).

9.3 Analyse de durabilité

9.3.1 Aperçu de l'analyse de durabilité

L'évaluation de la durabilité est utilisée pour estimer la durée de vie (taux de défaillance constant) des composants à durée de vie limitée. L'évaluation de durabilité peut comprendre l'analyse, les essais ou une combinaison des deux. C'est un processus structuré incluant les étapes principales suivantes.

a) déterminer les contraintes opérationnelles et environnementales que l'équipement subira tout au long de sa vie, y compris lors de l'expédition, de la manutention, du stockage, de l'exploitation et de la maintenance (il convient de déterminer les extrêmes et les valeurs typiques et moyennes) ;

b) déterminer les fonctions de transfert entre les contraintes appliquées et les frontières de l'approche de la physique des défaillances, par exemple d'un boîtier à une carte de circuit imprimé, les résonances et l'amortissement des vibrations ;

c) déterminer les amplitudes et les localisations des efforts significatifs en utilisant, par exemple l'AEF ;

d) déterminer les emplacements des défaillances vraisemblables, les mécanismes et les modes, en utilisant, par exemple l'AEF ;

e) déterminer la durée pendant laquelle des efforts significatifs peuvent être supportés ou maintenus, en utilisant des modèles de physique des défaillances appropriés aux dégradations, par exemple les équations d'Arrhenius, les lois inverses de puissance, etc. (analyse des effets sous les charges extrêmes et analyse de l'usure sous les charges typique/moyenne) ;

f) consigner les résultats sous forme d'une liste d'emplacements, de mécanismes, et de modes de défaillance; ordonner cette liste en fonction du moment estimé auquel la défaillance va se produire.

Les résultats des méthodes d'essais accélérés sont recommandés comme sources de données d'essais, afin être utilisées comme informations d'entrée pour l'évaluation de durabilité ou une méthode d'évaluation pour les modèles de dégradation quand c'est possible.

Il convient que le processus d'évaluation de durabilité soit capable d'évaluer, au minimum, les effets à long terme des contraintes thermiques, de vibrations et électriques. Il convient d'inclure la possibilité d'autres contraintes telles que l'humidité, si nécessaire. Il est fortement souhaitable que l'évaluation soit capable d'estimer les effets d'un certain nombre de contraintes appliquées simultanément. La physique des modèles de défaillance peut être utile pour ce faire.

L'information nécessaire peut souvent être trouvée dans des résultats d'essai et des guides de conception des fournisseurs de composants et de modules.

Dans certains cas, il peut être difficile de donner une évaluation globale de fiabilité pour un équipement qui contient de nombreux dispositifs, chacun ayant plusieurs modes de défaillance. Dans ces cas, l'évaluation de durabilité peut être utilisée efficacement à un niveau inférieur, pour analyser des modes et des mécanismes de défaillance spécifiques de l'équipement ne pouvant pas être représentés par un taux de défaillance constant. Les résultats de cette analyse peuvent alors être utilisés en tant qu'éléments d'une analyse de plus haut niveau, afin d'évaluer les performances de fiabilité de l'équipement global. La durabilité est en premier lieu liée aux processus d'usure, et ainsi il ne sera pas attendu qu'elle prédise des taux de défaillance constants.

Une liste de contrôle pouvant être utilisée pour faciliter une analyse efficace de durabilité et un compte-rendu concis de résultats est donnée en 9.3.2; de plus amples informations sont données à l'Annexe B.

9.3 Durability analysis

9.3.1 Overview of durability analysis

Durability assessment is used for estimating the life time (time-dependent failure rate) of limited life components. Durability assessment may include analysis and testing, or a combination thereof. It is a structured process that may, as appropriate, include the following major steps.

a) determine operational and environmental loads that the equipment will experience throughout its life, including shipping, handling, storage, operation, and maintenance (extremes and typical or average values should be determined);

b) determine transfer functions between applied loads and boundaries of physics-of-failure approaches, for example box to circuit card, vibration resonances and damping;

c) determine the magnitudes and locations of significant stresses using for example FEA;

d) determine the likely failure sites, mechanisms and modes using for example FEA;

e) determine how long the significant stresses can be withstood or sustained using the appropriate physics-of-failure damage models, e.g. Arrhenius equations, inverse power laws, etc. (overstress analysis at extremes of loading and wear-out analysis at typical/average loadings);

f) report the results as a list of failure sites, mechanisms, and modes; rank-ordered according to the time expected for failure to occur.

Results from accelerated test methods are recommended as sources of test data for input to the durability assessment or a validation method for the damage model whenever possible.

The durability assessment process should be capable of evaluating, as a minimum, the long-term effects of thermal, vibration, and electrical stresses. Capability for other stresses, such as humidity, should be included as necessary. It is highly desirable that the assessment be capable of evaluating the effects of a number of stresses simultaneously. Physics-of-failure models can be useful for this purpose.

The necessary information can often be found from test results and design guidelines from suppliers of components and modules.

In some cases it may be difficult to provide an overall reliability assessment for equipment that contains many devices, each with multiple failure modes. In these cases, durability assessment may be used effectively at a lower level, to analyse specific failure modes and mechanisms within the equipment, which cannot be represented by a constant failure rate. The results of this analysis may then be used as part of a higher level analysis, to assess the reliability performance for the overall equipment. Durability is primarily concerned with wear out processes and so it will not be expected to predict constant failure rates.

A sample checklist that may be used to facilitate an effective durability assessment and concise result report is shown in 9.3.2; more information is provided in Annex B.

9.3.2 Liste de contrôle de l'évaluation de durabilité

Il est recommandé d'inclure les points suivants dans un compte-rendu d'évaluation de fiabilité d'un produit mettant en oeuvre la méthode d'analyse de durabilité.

Informations générales

1) la date de l'analyse ;

2) le nom de l'analyse ;

3) les approbations – le cas échéant ;

4) la phase du programme ;

5) l'utilisation des résultats.

Références

6) le document relatif au plan d'évaluation de fiabilité applicable ;

7) le document relatif à la procédure d'évaluation de durabilité ;

(la procédure peut être aussi incluse dans la partie analyse du document de compte-rendu).

Identification du produit

8) le nom du produit auquel l'évaluation s'applique ;

9) la référence (code article) du produit auquel l'évaluation s'applique.

Analyse

10) identifier les contraintes opérationnelles, d'utilisation et/ou environnementales applicables ;

11) identifier les fonctions de transfert et leur source (essai/analyse ou les deux) ;

12) identifier l'amplitude et les localisations des contraintes ;

13) identifier les emplacements des défaillances vraisemblables, les mécanismes et les modes ;

14) identifier la durée de vie attendue en utilisant le ou les modèles de dégradation appropriés.

Résultats

15) identifier comment les modes de défaillance analysés impacteront la ou les mesures globales de fiabilité ;

16) la variabilité présumée des résultats d'évaluation.

9.4 Essais et analyse de sensibilité

9.4.1 Aperçu des essais et de l'analyse de sensibilité

Lorsque les taux de défaillance d'une entité sont régis par quelques modes de défaillance bien compris, un processus structuré d'essais accélérés peut alors aider des évaluations de fiabilité.

Les essais sous contraintes échelonnées gagnent en popularité en tant qu'essais de sensibilité. Leur but est d'engendrer des défaillances en un temps court, afin de déterminer les mécanismes de défaillance vraisemblables. Ils fourniront également des informations relatives aux marges de conception vis-à-vis des contraintes opérationnelles et environnementales. Ils sont réalisés sur un petit échantillon du produit quasi terminé ou sur un sous-ensemble de celui-ci. Dans certains cas particuliers, les essais sous contraintes échelonnées

9.3.2 Durability assessment checklist

The following items are recommended for consideration for inclusion in a product reliability assessment report, which includes the durability analysis method.

General information

1) analysis date;
2) analysts name;
3) approvals – As required;
4) programme phase;
5) usage of results.

References

6) applicable reliability assessment plan document;
7) durability assessment procedure document;

(alternatively, procedure may be included in the analysis portion of the report document.).

Product identification

8) name of product to which assessment applies;
9) part number of product to which assessment applies.

Analysis

10) identify applicable operational, usage and/or environmental stresses;
11) identify transfer functions and their source (test/analytical or both);
12) identify magnitude and locations of stresses;
13) identify likely failure sites, mechanisms and modes;
14) identify expected life using appropriate damage model(s).

Results

15) identify how analysed failure modes will impact overall reliability measure(s);
16) expected variability in assessment results.

9.4 Sensitivity testing and analysis

9.4.1 Overview of sensitivity testing and analysis

When item failure rates are dominated by a few well understood failure modes, then a structured accelerated test process can support reliability assessments.

Step-stress testing is gaining popularity as a sensitivity test. Its goal is to produce failures in a short time in order to determine the likely failure mechanisms. It will also provide information about design margins with respect to operating and environmental stresses. It is performed on a small sample of the near-final product or a sub-assembly thereof. In some specialized

sont connus sous divers autres noms, tels que HALT («highly accelerated life testing» (essai de durée de vie fortement accélérée)), RET («reliability enhancement testing» (essais après amélioration de la fiabilité)), et autres.

Des marginalités de conception par rapport à des charges et des environnements peuvent être évaluées par des analyses de physique de défaillance ou par des essais, en particulier des essais sous contraintes échelonnées. Les deux méthodes assureront la sensibilité de la conception et identifieront les modes de défaillance probables, bien que toutes les défaillances doivent être évaluées pour leur pertinence, dans les conditions de service réelles. Ces analyses et essais ne peuvent pas toujours fournir une évaluation de la fiabilité mais elles peuvent être très utiles en aidant à l'évaluation et à l'amélioration de la fiabilité du produit.

Les essais sous contraintes échelonnées sont conduits en exposant les unités en essai à des niveaux de contraintes relativement faibles et en augmentant ensuite ces niveaux d'une façon contrôlée et par étapes, jusqu'à ce que l'un des événements suivants, au moins, se produise.

– les niveaux de contrainte sensiblement supérieurs à ceux prévus en service sont atteints ;
– toutes les unités en essais tombent en panne de manière irréversible ou ne peuvent pas être réparées ;
– des défaillances «exotiques» commencent à se produire ou à devenir prépondérantes, pendant que de nouveaux mécanismes de défaillance se manifestent à des niveaux de contrainte plus élevés. Les défaillances «exotiques» sont celles qui ne sont pas associées à la conception de l'unité en essais, telles que la défaillance d'un équipement d'essai, des dégradations de manutention ou des défauts lors de la production de l'unité en essais.

Des essais sous contraintes échelonnées peuvent ou non fournir des données quantitatives, mais ils identifieront les modes de défaillance et une estimation des marges de la conception. Les données de tels essais peuvent cependant être utilisées pour éliminer des modes de défaillance de l'évaluation de la fiabilité si l'essai a montré que ces modes de défaillance ne sont pas pertinents pour la conception ou si une marge de conception adéquate est atteinte.

Une liste de contrôle, pouvant être utilisée pour faciliter une analyse efficace de sensibilité et un compte-rendu concis de résultats, est donnée en 9.4.2.

9.4.2 Liste de contrôle des essais et de l'analyse de sensibilité

Si c'est approprié, il est recommandé d'inclure les points suivants dans un compte-rendu d'évaluation de fiabilité d'un produit qui met en oeuvre la méthode d'essais et d'analyse de sensibilité.

Informations générales

1) la date de l'analyse ;
2) le nom de l'analyse ;
3) les approbations – le cas échéant ;
4) la phase du programme ;
5) l'utilisation des résultats.

Références

6) le document relatif au plan d'évaluation de fiabilité applicable ;
7) le document relatif à la procédure d'essais et d'analyse de sensibilité ;

   (la procédure peut aussi être incluse dans la partie analyse du document de compte-rendu).

instances, step-stress testing is known by various other names such as HALT (highly accelerated life testing), RET (reliability enhancement testing), and others.

Design marginality to loads and environment can be assessed by use of physics-of-failure analysis or by testing, in particular step-stress testing. Both methods will give assurance to the sensitivity of the design and identify probable failure modes, although any failures may be assessed for relevance under actual service conditions. This analysis and testing cannot always provide a reliability assessment but can be very useful in supporting the assessment and in enhancing product reliability.

Step-stress tests are conducted by exposing the units under test to relatively low levels of stress, and then increasing those levels in a controlled, stepwise manner until at least one of the following occurs.

– stress levels are reached that are significantly higher than those expected in service;
– all the test units fail irreversibly or cannot be repaired;
– irrelevant failures begin to occur or dominate, as new failure mechanisms become evident at higher stress levels. Irrelevant failures are those which are not associated with the design of the test unit, such as test equipment failure, handling damage, or defects in the production of the test unit.

Step-stress tests may or may not supply quantitative data, but they will identify failure modes and estimate design margins. Data from such tests can however be used to remove failure modes from the reliability assessment if the test has shown that the failure mode is no longer relevant in the design, or if an adequate design margin has been achieved.

A sample checklist that may be used to facilitate an effective sensitivity analysis and concise result report is shown in 9.4.2.

9.4.2 Sensitivity testing and analysis checklist

The following items are recommended for inclusion in product reliability assessment reports, as appropriate, which use the sensitivity testing and analysis method.

General information

1) analysis date;
2) analyst's name;
3) approvals – As required;
4) programme phase;
5) usage of results.

References

6) applicable reliability assessment plan document;
7) sensitivity testing and analysis procedure document;

(Alternatively, procedure may be included in the analysis portion of the report document.)

Identification du produit

8) le nom du nouveau produit ;

9) la référence (code article) du nouveau produit.

Essais/analyse

10) les modes de défaillance étudiés ;

11) identifier le profil opérationnel et d'utilisation de l'entité ;

12) la méthodologie des essais et son fondement ;

13) les résultats d'essai ;

14) la méthode statistique de conversion des résultats d'essai pour utilisation dans la ou les mesures de fiabilité.

Résultats

15) l'impact des résultats sur la ou les mesures de fiabilité ;

16) la variabilité présumée de la ou des mesures de fiabilité.

9.5 Prévisions basées sur les recueils de données

9.5.1 Aperçu des prévisions basées sur les recueils de données

S'il n'est pas possible d'obtenir de meilleures données, les recueils de données peuvent être utilisés pour compléter les données. Il convient de noter que puisque les recueils de données sont basés sur l'exploitation et des essais dans un large éventail d'industries, ils constituent une sorte de moyenne. Du fait du temps nécessaire pour recueillir, analyser et publier, les données sont souvent basées sur des composants devenus obsolètes. Il faut donc porter attention à la pertinence du recueil comme à sa date de révision. De plus, les recueils de données ne prennent pas en compte les produits spécifiques, les environnements ou les méthodes de conception et les procédés d'assemblage de l'entité à évaluer. Ainsi, des données provenant de produits similaires et de fournisseurs de composant et de modules sont toujours préférables aux recueils de données.

Les prévisions basées sur les recueils sont faites en suivant les indications données dans ceux qui ont été choisis ou en suivant les indications des logiciels utilisés pour mettre en oeuvre les prévisions des recueils.

Il est prévu que le recueil approprié sera choisi en fonction de chaque application. Il convient que les utilisateurs des recueils s'assurent de leur applicabilité et de leur validité avant d'en faire usage.

La CEI 61709 présente des directives relatives à l'utilisation des données de taux de défaillance pour prévoir la fiabilité des composants dans les équipements électroniques.

La MIL-HDBK-217 est périmée et n'est plus mise à jour. Les groupements professionnels et les sociétés de toutes industries ont collecté et publié des sources de données, utiles pour entreprendre des évaluations de sûreté de fonctionnement et de risques[1].

L'exactitude de toute prévision est déterminée par la qualité des données et leur similitude avec la conception proposée, leur utilisation et leur environnement. Par conséquent, les sources de données génériques doivent être utilisées avec beaucoup de précautions et avec une confiance limitée. Une source des données de meilleure qualité peut être obtenue du fournisseur de l'entité. Une liste de contrôle, pouvant être utilisée pour faciliter une prévision

---

[1] Ces sources de données industrielles et génériques comprennent: TR332-Bellcore Issue 6, SR332-Telcordia 2001, CEI 61380, RDF 95 France Télécom, UTEC 80810 (CHET 2000), HRD – British Telecom, la norme chinoise GJB299, IRPH93 – Italtel, ALCATEL, RADC 85-91, NPRD-95 et NSWC-98.

Product identification

8) name of new product;

9) part number of new product.

Test/analysis

10) failure modes investigated;

11) identify item's operational and usage profile;

12) test methodology and its basis;

13) test results;

14) statistical method for conversion of test results for use in reliability measure(s).

Results

15) impact of results on reliability measure(s);

16) expected variability in reliability measure(s).

9.5 Handbook predictions

9.5.1 Overview of handbook predictions

If no other better data can be obtained, then handbook prediction may be used to supplement data collected by other means. It should be noted that since handbook data are based on industry-wide field and test data, they are an average over many different product fields, product types and applications. Due to the time delay in collecting, analysing and publishing, the data are often based on components that have become obsolete. Attention must therefore be given to the appropriateness of the handbook as well as its revision date. Furthermore, handbook data does not take into account the specific product area, environment or the design methodology and assembly processes for the item to be assessed. Therefore similarity data from similar products and from the components or module suppliers are always preferable to handbook data.

Handbook predictions are made by following the directions in the handbooks chosen for use, or in the software used for implementing handbook predictions.

It is expected that the appropriate handbook will be selected for each application. Handbook users should ensure the applicability and currency prior to use.

IEC 61709 provides guidance on the use of failure rate data for predicting the reliability of components in electronic equipment.

MIL-HDBK-217 is outdated and no longer updated. Industrial associations and companies from all industries have collected and issued data sources, which are useful for undertaking dependability and risk assessments[1].

The accuracy of any prediction is determined by the quality of the data and their similarities to the proposed design, its usage and the environment. Therefore, generic data sources need to be used with great caution and with lower confidence. A better source of data may be obtained from the item supplier. A sample checklist that may be used to facilitate an effective handbook prediction and concise results report is shown in 9.5.2. Note that it is generally

---

[1] These industry and generic data sources include; TR332-Bellcore Issue 6, SR332-Telcordia 2001, IEC 61380, RDF 95 French Telecom, UTEC 80810 (CHET 2000), HRD – British Telecom, GJB299 Chinese Standard, IRPH93 – Italtel, ALCATEL, RADC 85-91, NPRD-95, and NSWC-98.

efficace issue des recueils de données et un compte-rendu concis des résultats, est donnée en 9.5.2. À noter qu'il est généralement plus utile de faire une analyse de contrainte sur des pièces plutôt qu'une analyse par comptage de pièces puisque l'analyse de contrainte sur des pièces prend en compte les assignations de la conception et l'environnement prévu pour l'entité à évaluer.

9.5.2 Liste de contrôle des prévisions avec les recueils de données

Il est recommandé d'inclure les points suivants dans un compte-rendu d'évaluation de fiabilité d'un produit qui met en oeuvre la méthode des prévisions avec les recueils de données :

Informations générales

1) la date de l'analyse ;
2) le nom de l'analyse ;
3) les approbations – le cas échéant ;
4) la phase du programme ;
5) l'utilisation des résultats.

Références

6) le document relatif au plan d'évaluation de fiabilité applicable ;
7) le recueil de données pour les prévisions de fiabilité ;
8) le document relatif à la procédure de prévision de fiabilité ;
    8a) l'applicabilité ;
    8b) la validité ;
    8c) les modifications par rapport à la méthode du recueil de données (si applicable) ;

    (la procédure peut être aussi incluse dans la partie analyse du document de compte-rendu.) ;
9) les outils utilisés pour mettre en oeuvre la prévision du recueil (si applicable).

Identification du produit

10) le nom du nouveau produit ;
11) la référence (code article) du nouveau produit.

Analyse

12) le niveau auquel la prévision est effectuée ;
13) les données d'entrée applicables pour la méthode du recueil de données ;
14) le profil opérationnel et d'utilisation de l'entité.

Résultats

15) la ou les mesures de prévision de la fiabilité (MTTF, taux de défaillance, etc.) ;
16) la variabilité présumée de la ou des mesures de fiabilité ;
17) la ou les mesures de la fiabilité (si applicable) ;
18) la liste des hypothèses faites pour la prédiction (assignation, facteurs d'environnement, cycles d'utilisation, facteurs de qualité, etc.).

more useful to do a part stress analysis rather than a parts count analysis since the part stress analysis takes into account design rating and expected environment for the item being assessed.

9.5.2 Handbook prediction checklist

The following items are recommended for inclusion in a product reliability assessment report, which uses handbook prediction method:

General information

1) analysis date;
2) analyst's name;
3) approvals – As required;
4) programme phase;
5) usage of results.

References

6) applicable reliability assessment plan document;
7) reliability prediction handbook;
8) reliability prediction procedure document;
    8a) applicability;
    8b) currency;
    8c) changes from handbook method (if applicable);
    (alternatively, procedure may be included in the analysis portion of the report document.)
9) tools used to implement handbook prediction (if applicable);

Product identification

10) name of new product;
11) part number of new product.

Analysis

12) level at which prediction is performed;
13) applicable input data for handbook method;
14) the item's usage and operational profile.

Results

15) reliability prediction measure(s) (MTTF, failure rate, etc.);
16) expected variability in reliability measure(s);
17) reliability measure(s) (if applicable);
18) list all assumptions made for the prediction (rating, environmental factors, duty cycles, quality factors, etc.).

9.6 Limites des résultats de l'évaluation de fiabilité

Il convient, si possible, de quantifier les limites et les incertitudes. Il convient que la signification statistique, basée sur la population des données sources et incluant les intervalles de confiance appropriés, soit détaillée pour mettre en évidence toute incertitude et limite des résultats d'évaluation de fiabilité. Si les limites et les incertitudes ne peuvent pas être quantifiées, il convient qu'elles soient décrites de manière concise, avec suffisamment de détails pour que l'utilisateur en prenne connaissance et qu'il les applique convenablement.

Pour les applications où un taux de défaillance absolu revêt une importance primordiale, comme pour les données d'entrée d'une analyse de sécurité d'un système ou un modèle de coût, il convient de n'utiliser que des données quantifiées.

Les incertitudes apparaissent lorsque les résultats sont sujets à des évolutions dans les procédés de fabrication, à des variations dans les composants et les matériaux, par exemple les variations de la sortie d'un composant ou d'une propriété d'un matériau, qui peuvent affecter la susceptibilité de l'équipement à une défaillance. Les incertitudes apparaissent également lorsque les relations entre les facteurs ne sont pas complètement connues; par exemple si le nombre réel d'heures d'exploitation relatif à une estimation de MTTF n'est pas connu et doit être en partie estimé, le niveau de confiance statistique du résultat sera réduit.

Si une évaluation de fiabilité diffère de manière significative des performances en service mesurées d'un équipement similaire dans des applications semblables, la mesure d'incertitude du résultat sera alors consignée comme étant un élément du processus de validation décrit en 11.2. Les informations de sortie provenant de cette activité de validation continue peuvent alors être utilisées pour sélectionner la méthode d'évaluation la plus appropriée pour toute analyse ultérieure, basée sur les connaissances les plus actuelles.

10 Considérations relatives à la sélection des méthodes d'évaluation de fiabilité

Les données d'entrée constituent un critère important dans la sélection des méthodes d'évaluation de fiabilité appropriées, mais les facteurs suivants peuvent également influencer le choix :

– la technologie

  la technologie peut influencer le choix d'une méthode de prévision de fiabilité de plusieurs manières. Si la technologie du produit est semblable à celle utilisée dans des produits précédents, les méthodes d'évaluation de la fiabilité faisant usage de données ou d'analyses historiques peuvent convenir. Si la technologie du produit est nouvelle, il peut être nécessaire de développer de nouveaux modèles ;

– les conséquences d'une défaillance du système

  la précision de l'évaluation de fiabilité souhaitée est une fonction des conséquences sociales ou économiques d'une défaillance du système. En général, plus le risque est élevé, plus le souhait de prévisions précises est fort; le risque incluant le risque économique, technique et social. Les risques concernent les pertes financières dues aux retards d'acceptation, les amendes provenant des exigences réglementaires, les retards dans les temps de mise sur le marché, la perte de confiance du client, les coûts et les résultats de contentieux, la sûreté, la confidentialité et la sécurité des informations. Le risque social se rapporte à d'éventuelles lésions humaines ou à des dommages environnementaux ;

– la criticité de défaillance

  la panne d'une entité d'un système n'implique pas nécessairement la défaillance du système. Les conséquences des modes de défaillance de chaque entité peuvent, selon les conditions, varier entre une défaillance du système et un événement non perceptible. La probabilité d'occurrence de chaque mode de défaillance peut également être variable.

9.6 Limitations of reliability assessment results

Limitations and uncertainties should be quantified, if possible. The statistical significance, based upon the population of the source data and including appropriate confidence intervals, should be detailed to highlight any uncertainty and limitation of reliability assessment results. If limitations and uncertainties cannot be quantified, they should be described concisely, in sufficient detail for the user to understand them and to apply them appropriately.

For those applications where an absolute failure rate is essential, such as for input to a system safety analysis or cost model, only quantified data should be used.

Uncertainties arise when the results are subject to variations in manufacturing processes, components and materials, e.g. variations in a component output or a material property that may affect the equipment's susceptibility to failure. Uncertainties also arise when relationships among factors are not completely known; e.g. if the actual number of operating hours for an MTTF estimate are not known, and have to be in part estimated, then the statistical level of confidence in the result will be reduced.

If a reliability estimate differs significantly from the measured in-service performance of similar equipment in similar applications, then the measure of uncertainty in the result will be recorded as part of the validation process described in 11.2. The output from this ongoing validation activity can then be used in the selection of the most appropriate assessment method for any subsequent analysis, based upon the most current understanding.

10 Considerations for selecting reliability assessment methods

Input data is an important criterion for selecting appropriate reliability assessment methods, but there are also the following factors that may influence the choice:

– technology

  technology may influence the selection of a reliability assessment method in several ways. If the product technology is similar to that used in previous products, reliability assessment methods that make use of historical data or analyses may be appropriate. If the product technology is new, it may be necessary to develop new models;

– consequences of system failure

  the desired reliability assessment precision is a function of the social or business consequences of a system failure. In general, the higher the risk, the higher is the desire for accurate predictions, where risk includes business, technical and social risk. The risks refer to: financial losses caused by delays in acceptance, fines emanating from regulatory requirements, delay in time to market, loss of customer confidence, costs and results of litigation, safety, information privacy, and security. Social risk refers to the potential for human injury or environmental disruption;

– failure criticality

  Fault of an item contained in a system does not necessarily imply system failure. The consequences of the failure modes of each items can, depending on the conditions, be variable, ranging from system failure to unnoticeable. The probability of occurrence of each failure mode can also be variable. It is important to spend more resources evaluating those failure modes with the most severe consequences of failure and/or the highest probability of occurrence;

il sera important de mettre en oeuvre plus de ressources lors de l'évaluation de ces modes de défaillance, dont les conséquences, en termes de défaillance, sont les plus graves et/ou dont la probabilité d'occurrence est la plus élevée ;

– les ressources disponibles

le choix de la méthode de prévision de fiabilité peut être affecté par les ressources disponibles, y compris le temps, le budget et les informations. Certaines méthodes de prévision de fiabilité peuvent nécessiter des informations ou des données techniques non disponibles, par exemple des données historiques ou d'essai. Les limitations de temps ou de budget peuvent entraver le recueil des données nécessaires. Les niveaux de compétence et le fait que le personnel disponible soit familier ou non avec certains types de prévision peuvent influencer le choix de la méthode de prévision de fiabilité ;

– les influences externes

les influences externes peuvent impacter le choix d'une méthode de prévision de fiabilité. Un organisme peut avoir une méthode de prévision de fiabilité spécifiée, utilisée pour tous les produits ou pour tous ceux d'un certain type. Ou au contraire, les clients et les autorités de réglementation peuvent dicter le type de méthode de prévision de fiabilité utilisée ou peuvent exiger une précision qui ne peut être obtenue que par certaines méthodes. En outre, une orientation pour ou contre certains types de méthodes de prévision de la part des clients ou d'un organisme de développement peut influencer le choix de la méthode de prévision de fiabilité. Les informations disponibles sur l'environnement et le profil opérationnel peuvent limiter les méthodes de prévision de fiabilité applicables. Le choix d'une mesure de fiabilité peut également limiter les méthodes de prévision de fiabilité applicables, car certaines d'entre elles ne sont utiles que pour certains types de mesures, par exemple un taux de défaillance constant. Les informations techniques rendues disponibles par un fournisseur peuvent uniquement appuyer certains types de méthodes de prévision de fiabilité, ou bien un fournisseur peut uniquement avoir la capacité de mettre en oeuvre certains types de méthodes de prévision de fiabilité ;

– la qualité et la disponibilité des données

les données de fiabilité sont souvent imprécises parce que les informations historiques ne sont pas toujours connues avec précision et les données recueillies pour un système ou pour un équipement particulier peuvent, par exemple, ne pas être applicables à d'autres cas, pour lesquels diffèrent l'environnement, la qualité de fabrication, la définition d'une défaillance ou bien un autre facteur ou une combinaison de facteurs. Cette inexactitude potentielle doit être identifiée et prise en compte pour le choix de la méthode d'évaluation de fiabilité ;

– l'exigence contractuelle

les exigences de fiabilité, dans les contrats, comportent souvent des pénalités pour les cas où ces objectifs ne seraient pas atteints. Les fournisseurs d'équipements de haute fiabilité sont souvent aptes à atteindre ces objectifs avec peu d'efforts de conception ou de fabrication, mais engagent des dépenses et font face à des difficultés pour démontrer la tenue des exigences au client. Il n'est souvent pas possible de mettre sur pied une démonstration de fiabilité combinant des risques tangibles pour les deux parties avec une durée d'essai raisonnable. Dans ces situations, l'acceptation de la fiabilité peut être basée sur un usage cumulé de systèmes semblables précédemment installés ou peut-être sur une période de garantie pendant laquelle les coûts des défaillances et/ou les coûts de reprise de conception sont supportés par le fournisseur. Une évaluation de fiabilité est souvent requise en tant qu'élément de ce type de démonstration. Il est souhaitable que la source de données et que la méthode d'évaluation de fiabilité aient été convenues entre les deux parties, plutôt que différentes négociations du taux de défaillance s'ensuivent, chaque partie cherchant à orienter le résultat en sa faveur.

– available resources

the choice of reliability prediction method may be affected by available resources, including time, budget and information. Some reliability prediction methods may require engineering information or data that is unavailable, e.g. historical or test data. Time or budget limitations may prevent necessary data from being gathered. The skill levels and familiarity of the available personnel with certain prediction types may influence reliability prediction method selection;

– external influences

external influences may impact the selection of a reliability prediction method. An organization may have a specified reliability prediction method used for all products or all products of a certain type. Alternatively, customers and regulators may dictate the type of reliability prediction method used or may require a precision that can only be obtained by certain methods. In addition, a bias for or against certain types of prediction methods on the part of the customers or the development organization may influence the selection of reliability prediction method. The available information on operating environment and profile may limit the applicable reliability prediction methods. The selection of a reliability measure may also limit the applicable reliability prediction methods since some methods are useful for only certain types of measures, e.g. constant failure rate. The engineering information available from a supplier may only support certain types of reliability prediction methods, or a supplier may only have the capability to perform certain types of reliability prediction methods;

– quality and availability of data

reliability data is often imprecise because historical information is not always known accurately, and because the data gathered for a particular system or equipment may not be applicable to other cases for example, where environment, manufacturing quality, failure definition or some other factor or combination of factors differ. This potential inaccuracy has to be recognized and allowed for in the selection of the reliability assessment method;

– contractual requirement

reliability requirements in contracts often carry penalties for failing to meet these objectives. Suppliers of highly reliable equipment are often able to satisfy these objectives with little design or manufacturing effort, but incur difficulty and expense demonstrating the requirements to the customer. It is often not possible to construct a reliability demonstration which combines sensible risks for both parties with a reasonable length of test. In these situations acceptance of reliability may be based on the accumulated usage of previously installed similar systems or perhaps a guaranteed period where failure costs and/or redesign costs are borne by the supplier. A reliability assessment is often required as part of this type of demonstration. It is desirable that the data source and the reliability assessment method are agreed between the two parties or else various failure rate negotiations will ensue, each party seeking to turn the result in their favour.

11 Perfectionnement du processus d'évaluation de fiabilité

11.1 Généralités

Les résultats d'évaluation de fiabilité précédents peuvent être utilisés pour perfectionner les processus d'évaluation de fiabilité ultérieurs et sont une source d'informations pour améliorer les équipements tout au long de leur cycle de vie.

11.2 Validation des résultats d'évaluation de fiabilité

Les types de validation comprennent ce qui suit:

a) une comparaison entre les résultats des évaluations de fiabilité calculés, par exemple, le MTTF, le MTBUR, les intervalles de confiance, les durées de fonctionnement avant défaillance, etc., et les données des équipements en service;

b) une comparaison entre les emplacements des défaillances, les modes et les mécanismes prévus par les évaluations de fiabilité et ceux obtenus à partir des données des équipements en service;

c) un contrôle pour assurer que toutes les défaillances enregistrées ont bien été «légitimées»; et

d) une comparaison entre les conditions d'environnement, d'exploitation et de maintenance des équipements en service et celles prises comme hypothèse lors des évaluations de fiabilité.

A noter qu'il faut que a) et d) soient pris en considération. En ce qui concerne a), il se pourrait qu'une pointe soudaine de tension sur une ligne d'alimentation en énergie (une défaillance primaire), provenant de la défaillance d'un composant unique, conduise à de nombreuses autres défaillances (défaillances secondaires). Sauf si pour certaines raisons particulières les défaillances secondaires doivent être consignées, ces défaillances seront normalement décomptées. D'autres types de défaillance pourraient également devoir être décomptés. Par exemple, si la température ambiante d'un équipement s'élève ou s'abaisse bien au-delà des limites assignées et que cela provoque la défaillance de l'équipement, cette dernière pourrait bien devoir être décomptée. Il convient de noter que dans certains équipements de haute fiabilité, il peut être possible de remonter aux causes de la grande majorité des prétendues défaillances de l'équipement, causes qui n'ont pas de rapport avec la conception ou la non-fiabilité de l'équipement.

En ce qui concerne b), il convient d'être prudent en comparant les prévisions aux résultats observés. Il est presque certain que les prévisions et les observations ne seront jamais exactement ou même approximativement en accord, malgré le fait que les résultats de la prévision puissent être proches de la réalité. Cela est dû au fait que les prévisions sont basées principalement sur des valeurs *moyennes*, alors que les observations le sont rarement. Par exemple, si une pièce de monnaie non biaisée est lancée en l'air 10 fois, la chance pour que le résultat de la moitié des jets soit «faces» et l'autre moitié soit «piles» sera assez petite (moins de 25 %). Il va de soit que pour les lancements répétés de chacun des 10 jets, la proportion des lancements se composant exactement de cinq faces et cinq piles approchera les 50 %.

Il convient de décrire et de documenter le programme relatif aux résultats consignés issus de l'activité de validation.

11.3 Amélioration du processus d'évaluation de fiabilité

Afin d'améliorer le processus d'évaluation de fiabilité en utilisant les résultats d'évaluation de fiabilité, il convient de considérer les points suivants (voir la Figure 3):

11 Reliability assessment process improvement

11.1 General

Previous reliability assessment results could be used to improve the later reliability assessment processes, and are a source of information for improvement of the equipment throughout the equipment life cycle.

11.2 Validating reliability assessment results

Types of validation include:

a) comparing calculated results from reliability assessments, e.g. MTTF, MTBUR, confidence intervals, time to failure, etc., with in-service data;

b) comparing failure sites, modes, and mechanisms predicted by reliability assessments with those obtained from in-service data;

c) checking to ensure that all failures recorded are what might be termed 'legitimate'; and

d) comparing in-service environmental, operating, and maintenance conditions with those assumed in reliability assessments.

Note that a) and d) must be taken account of. With regard to a), it might be that a sudden surge in voltage on a power supply line (a primary failure) arising from the failure of a single component, might lead to many other failures (secondary failures). Unless there was some special reason to record secondary failures, such failures would normally be discounted. Other types of failure might also need to be discounted. For example if the ambient temperature of a piece of equipment rises or falls well beyond design limits, and this in turn gives rise to failure of the equipment, such a failure might well need to be discounted. It should be noted that in some highly reliable pieces of equipment, the vast majority of so-called equipment failures could be traced to causes that had nothing to do with the design or reliability of the equipment.

With regard to b), care should be taken when comparing predictions with observed results. It is almost certain that predictions and observations will never agree exactly or even approximately in spite of the fact that the results of the prediction might be close to reality. This is because predictions are based mainly on *mean* values whereas observations seldom are. For example if an unbiased coin is tossed 10 times, the chance that half the tosses will result in heads and the other half in tails, will be quite small (less than 25 %). Needless to say in repeated runs each of 10 tosses, the proportion of runs consisting of exactly five heads and five tails, will approach 50 %.

The schedule for reporting results from the validation activity should be described and documented.

11.3 Improving the reliability assessment process

In order to improve the reliability assessment process using reliability assessment results, the following should be considered (see Figure 3):

– améliorations du processus de collecte de données;
– améliorations du choix de la source de données appropriée et de la méthode, pour une application d'évaluation donnée;
– modification des équations, des algorithmes et des méthodes de calcul;
– adoption de méthodes d'évaluation de fiabilité en cours de développement, issues de l'industrie, des établissements de recherches et des milieux universitaires, en utilisant ce qui convient à l'application relative à l'entité;
– identification de plus nombreux équipements antérieurs pour la modélisation de l'analyse de similitude;
– directives améliorées pour interpréter les résultats d'évaluation, en vue d'une prise de décision efficace.

Il convient que les processus soient en place pour la collecte des données et l'analyse ou que les systèmes soient en place pour utiliser les données du constructeur, les données non retenues par le client, et des données des équipements en service pour faire progresser la conception et les procédés de fabrication, afin d'améliorer les équipements, par exemple le LTIAC, la croissance de fiabilité, l'amélioration de fiabilité et la maîtrise du processus statistique. Il convient que les processus documentés se basent sur ces processus et ajoutent des informations afin d'améliorer le processus d'évaluation de fiabilité, plutôt que de les remplacer ou de les abolir.

– improvements to the data collection process;
– improvements in the selection of appropriate data source and method for a given assessment application;
– modifying the equations, algorithms, and calculation methods;
– adoption of developing reliability assessment methods from both industry and research establishments and academia provided that they are applicable for the item's application;
– identifying further predecessor equipment for similarity analysis modelling; and
– improved guidance for interpreting assessment results for effective decision making.

Processes should be in place for data collection and analysis, or systems in place to use factory data, customer reject data, and in-service data to improve the design and manufacturing processes for equipment improvement, e.g. FRACAS, reliability growth, reliability enhancement, and statistical process control. The processes that are documented should build on those processes and add information for improving the reliability assessment process, rather than replace or supersede them.

Annexe A
(informative)

Exemples d'analyse de similitudes

NOTE Cette annexe donne des informations destinées à faciliter la compréhension de la méthode d'analyse de similitude relative à l'évaluation de fiabilité. Elle présente des exemples de mise en œuvre de la méthode d'analyse de similitude.

A.1 Comment utiliser cette annexe

Le choix de la méthode d'évaluation de fiabilité la plus appropriée pour une application donnée dépend du type de produit, des objectifs de fiabilité et des données disponibles. En outre, il y a de nombreuses manières de mettre en oeuvre l'analyse de similitudes, et il convient de choisir la méthode et l'implémentation qui conviennent le mieux.

Cette annexe inclut les descriptions des données requises (voir A.2.2), un exemple de méthode (voir A.2.3), l'utilisation et les limitations des résultats (voir A.2.4), et l'amélioration du processus d'évaluation de fiabilité (voir A.2.5).

Bien que l'exemple de cette annexe concerne le calcul du MTTF, il pourrait également être utilisé pour d'autres mesures de fiabilité.

A.2 Exemples d'analyse de similitudes

A.2.1 Généralités

Deux options de mise en oeuvre d'analyse de similitudes sont décrites. Ces deux options sont désignées par les termes «analyse de similitudes de haut niveau» et «analyse de similitudes de bas niveau». La différence fondamentale entre ces deux options est le fait qu'un niveau de similitude plus élevé est requis pour l'analyse de similitude de haut niveau. Pour montrer la polyvalence de la méthode d'analyse de similitudes, l'exemple de haut niveau sera appliqué au niveau URL et l'exemple de bas niveau le sera au niveau fonctionnel, bien que les deux méthodes puissent être appliquées à n'importe quel niveau.

A.2.2 Données

A.2.2.1 Données de fiabilité des équipements en service

Le recueil et l'analyse des données des équipements en service sont les bases de la méthodologie d'analyse de similitude. Les données de fiabilité des équipements en service comprennent habituellement le nombre de défaillances en service, des informations sur les causes ou les modes de défaillance et le nombre d'heures d'exploitation.

Les deux premiers types d'informations sont disponibles dans la base de données de la société, contenant les informations relatives à toute l'activité de réparation. Il convient que la base de données identifie l'équipement spécifique (entité finale ou ensemble) ayant été réparé, ainsi que les remplacements de composants et comporte un champ narratif pour que le personnel de maintenance précise les types de défaillance de l'entité finale. Les défaillances de l'entité finale peuvent résulter de défaillances du matériel, de défaillances du logiciel, de dégradations du fait du client, d'erreurs de conception, d'erreurs de fabrication, et d'autres causes. Ces données sont utilisées pour calculer les distributions des modes de défaillance d'un produit ou d'un ensemble.

Annex A
(informative)

Similarity analysis examples

NOTE This annex provides information to aid in understanding the similarity analysis method for reliability assessment. It presents example implementations of the similarity analysis method.

A.1 How to use this annex

The choice of the most appropriate reliability assessment method for any given application depends on product type, reliability objectives and available data. In addition, there are many ways to implement similarity analysis, and the most appropriate method and implementation should be selected.

This annex includes descriptions of the data required (see A.2.2), an example of the method (see A.2.3), use and limitations of results (see A.2.4), and reliability assessment process improvement (see A.2.5).

Although the example in this annex addresses calculation of MTTF, it also could be used for other reliability measures.

A.2 Example similarity analysis

A.2.1 General

Two implementation options for similarity analysis are described. These two options are referred to as: high-level and low-level similarity analyses. The primary difference between the two options is that a higher level of similarity is required for the high-level similarity analysis. To show the versatility of the similarity analysis method, the high-level example will be performed at the LRU level and the low-level example will be performed at the functional level, though either method can be applied at any level.

A.2.2 Data

A.2.2.1 In-service reliability data

In-service data collection and analysis are foundations of the similarity analysis methodology. The in-service reliability data typically includes the number of in-service failures, information on failure causes or failure modes, and operating hours.

The first two pieces of information are available from the company database that contains information on all repair activity. The database should identify the specific equipment (end-item or assembly) being repaired, as well as component replacements and a narrative field for maintenance personnel to identify end-item failure types. End-item failures may result from hardware failures, software failures, customer abuse, design errors, manufacturing errors, and other causes. These data are used to calculate failure mode distributions for a product or assembly.

Les données relatives aux heures d'exploitation sont recueillies à partir des enregistrements du client ou sont estimées à partir des taux d'utilisation typiques. Ces enregistrements sont maintenus selon les pratiques de la société. Ces données, combinées avec les informations de défaillance décrites ci-dessus, sont utilisées pour calculer les taux de défaillance en exploitation et les MTTF des produits ou des ensembles.

A.2.2.2 Données caractéristiques du produit

Les données caractéristiques du produit sont obtenues à partir des entités finales en service et des entités en cours de développement. Les données se composent de toute la documentation qui définit l'entité finale, ainsi que des informations définissant le processus de conception, le procédé de fabrication et l'environnement d'exploitation. On peut citer comme exemples de documentation de l'entité finale, les documents d'exigences, les nomenclatures des pièces électriques et mécaniques et les plans d'implantation. Ces données sont utilisées pour identifier les différences de caractéristiques entre les nouvelles entités finales et les entités finales antérieures. Une liste des différences de caractéristiques potentielles est présentée au Tableau A.1.

A.2.3 Méthodes

NOTE Les étapes du processus, les feuilles de calcul et les calculs utilisés dans l'exemple de méthodes d'analyse de similitudes sont décrits aux paragraphes suivants. Un organigramme global de ce processus est donné à la Figure A.1.

A.2.3.1 Catégories de modèles physiques

L'analyse de similitudes utilise des catégories de modèles physiques décrites dans cet article pour comparer les nouvelles entités finales ou les ensembles et les entités finales ou les ensembles antérieurs.

Les cinq premières catégories citées ci-dessous sont des catégories au niveau des composants, de type pièce élémentaire, qui quantifient les défaillances en exploitation dues aux composants. Les deux catégories suivantes sont relatives aux processus de conception et de fabrication. Des catégories supplémentaires peuvent être ajoutées pour des entités spécifiques à un équipement, sans rapport avec les catégories concernant le type de pièce ou un processus. Dans l'exemple ci-dessous, les défaillances de composants induites par la fabrication sont classées dans la catégorie des procédés de fabrication (catégorie 6); la mauvaise utilisation et la surcharge d'un composant sont classées dans la catégorie des processus de conception (catégorie 7). Les catégories suivantes sont citées comme étant des exemples d'un modèle physique:

catégorie 1 composants passifs de faible complexité (résistances, condensateurs et inducteurs);

catégorie 2 composants passifs de complexité élevée (transformateurs, oscillateurs à cristal et filtres passifs);

catégorie 3 interconnexions (connecteurs, câbles en nappe, cartes électroniques et soudures/brasures);

catégorie 4 semi-conducteurs de faible complexité (discrets, CI linéaires et numériques);

catégorie 5 semi-conducteurs de complexité élevée (processeurs, mémoires et réseaux prédiffusés programmables par l'utilisateur, circuits intégrés d'application spécifique (ASICs));

catégorie 6 procédés de fabrication;

catégorie 7 processus de conception; et

Operating hour data are collected from customer records or estimated from typical utilization rates. These records are maintained in accordance with company practices. These data combined with the failure information, described above, are used to calculate the field failure rates and MTTFs of products or assemblies.

A.2.2.2 Product characteristic data

Product characteristic data are obtained from both in-service end-items and end-items that are under development. The data consist of all the documentation that defines the end-item, as well as information defining the design process, manufacturing process and end-use environment. Examples of end-item documentation are requirement documents, electrical and mechanical parts lists, and layout drawings. These data are used to identify characteristic differences between new and predecessor end-items. A listing of potential characteristic differences is shown in Table A.1.

A.2.3 Methods

NOTE The process steps, spreadsheets, and calculations used in the example similarity analysis methods are described in the following subclauses. Figure A.1. contains an overall flowchart for this process.

A.2.3.1 Physical model categories

Similarity analysis uses the physical model categories described in this clause to compare new and predecessor end-items or assemblies.

The first five categories cited below are part type component level categories that quantify the field failures due to components. The next two categories are design and manufacturing processes. Additional categories may be added for equipment-specific items not related to part type or process categories. In the example below, manufacturing-induced component failures are categorized under manufacturing processes (category 6), and component misapplication and overstress are categorized under the design processes (category 7). The following categories are cited as examples of a physical model:

category 1 low complexity passive parts (resistors, capacitors and inductors);

category 2 high complexity passive parts (transformers, crystal oscillators and passive filters);

category 3 interconnections (connectors, flex tape, printed wiring boards and solder joints);

category 4 low complexity semiconductors (discretes, linear ICs and digital ICs);

category 5 high complexity semiconductors (processors, memory and field programmable gate arrays, application-specific integrated (ASICs) circuits);

category 6 manufacturing process;

category 7 design process; and

catégorie 8 autres causes de défaillance, spécifiées par l'utilisateur, pour décrire les mécanismes de défaillance ne rentrant pas dans les catégories 1 à 7, ou que l'analyste souhaite traiter séparément en raison de la forte fréquence d'occurrence. On peut citer comme exemples les modes de défaillance de composants à durée de vie limitée, tels que la durée de vie d'une lampe ou d'un commutateur, et les modifications spécifiques de matériel ou de logiciel effectuées en tant qu'action corrective ou préventive.

A.2.3.2 Etapes du processus

A.2.3.2.1 Généralités

La Figure A.1 représente l'organigramme des étapes du processus d'analyse de similitude. Les descriptions de chaque étape du processus avec les références applicables aux feuilles de calcul exemples des Tableaux A.2 et A.3 sont données ci-après.

a) **Etape 1:** Comparer le nouvel équipement à l'équipement pour lequel les données en service existent. Cela peut être fait au niveau de l'entité finale ou au niveau de l'ensemble. Si cela est fait avec plusieurs entités finales antérieures ou au niveau de l'ensemble, les étapes restantes peuvent alors devoir être réalisées individuellement pour chaque entité finale antérieure ou pour chaque ensemble.

   Le résultat de cette étape est l'identification d'une ou de plusieurs entités finales ou ensembles, suffisamment semblables au nouvel équipement ou à ses ensembles, pour que des niveaux comparables de fiabilité soient envisagés. Une similitude suffisante est déterminée par la connaissance que l'analyste a de l'équipement concerné, des facteurs de fiabilité appropriés et de l'expérience des procédés. L'expérience des procédés peut conduire à indiquer que, si le nombre de différences excède une valeur spécifiée, les résultats d'évaluation de fiabilité ne sont plus utilisables.

b) **Bloc décisionnel:** Si un degré de similitude élevé est trouvé entre la nouvelle entité et l'entité antérieure, au niveau du dispositif ou de l'ensemble, une analyse de similitudes de haut niveau serait alors le bon choix. Dans ce cas, poursuivre avec les étapes 2H-5H (voir ci-dessous). Les étapes restantes du processus et les équations relatives à l'analyse de similitude de haut niveau sont décrites en A.2.3.2.2.

   Si une similitude insuffisante est trouvée pour effectuer une analyse de similitude de haut niveau, une approche d'analyse de similitudes de bas niveau peut encore être utilisée. Poursuivre avec les étapes 2L-5L pour effectuer une analyse de similitudes de bas niveau, si la comparaison de l'étape 1 a montré que les données d'exploitation d'un groupe de produits antérieurs ont une similitude suffisante avec le nouveau produit. Un haut niveau de similitude n'est pas requis pour conduire une analyse de similitudes de bas niveau, mais de forts niveaux de similitude amélioreront l'exactitude de l'évaluation, en réduisant la variabilité. Les étapes restantes du processus et les équations relatives à l'analyse de similitudes de bas niveau sont décrites en A.2.3.2.3.

A.2.3.2.2 Etapes du processus d'analyse de similitude de haut niveau

Etape 2H: Identifier toutes les différences de caractéristiques entre la nouvelle entité finale ou le nouvel ensemble et l'entité finale antérieure ou l'ensemble antérieur. Une description et une liste de différences de caractéristiques sont données à titre d'exemple en A.2.3.1. Chaque différence de caractéristique est saisie dans la première colonne de la feuille de calcul exemple, présentée au Tableau A.2.

L'utilisation de la feuille de calcul du Tableau A.2 est affectée par le nombre d'entités finales antérieures utilisées ou, si l'analyse est effectuée au niveau d'une URL, d'un ensemble ou au niveau fonctionnel. Si plusieurs entités finales antérieures sont analysées, il convient de remplir une feuille de calcul séparée pour chacune d'elle. Si une analyse au niveau ensemble ou au niveau fonctionnel est effectuée, il convient de remplir une feuille de calcul séparée pour chaque ensemble ou fonction.

category 8 other failure causes, which are specified by the user to describe failure mechanisms that do not fit into categories 1 to 7, or which the analyst wishes to track separately due to high frequency of occurrence. Examples are life-limited failure modes such as lamp or switch life, and specific hardware or software modifications performed as a corrective or preventive action.

A.2.3.2 Process steps

A.2.3.2.1 General

Figure A.1 contains a flowchart of the process steps for similarity analysis. Descriptions of each process step with applicable references to the example spreadsheets of Tables A.2 and A.3 follow.

a) **Step 1:** Compare the new equipment with equipment for which in-service data exist. This can be done at the end-item or the assembly level. If it is done with multiple predecessor end-items or at the assembly level, then the remaining steps may need to be performed individually for each predecessor end-item or assembly.

   The output of this step is the identification of one or more end-items or assemblies, which are sufficiently similar to the new equipment, or its assemblies, that comparable levels of reliability are anticipated. Sufficient similarity is determined on the basis of the analyst's knowledge of the equipment involved, the relevant reliability drivers, and experience with the process. Process experience may indicate that, if the number of differences exceeds a specified number, reliability assessment results are no longer usable.

b) **Decision block:** If a high degree of similarity is found between the new and predecessor item, either at the device or assembly level, then a high-level similarity analysis would be the appropriate choice. In this case continue with steps 2H-5H (see below). The remaining process steps and equations for the high-level similarity analysis are described in A.2.3.2.2.

   If insufficient similarity is found to perform a high-level similarity analysis, a low-level similarity analysis approach may still be used. Proceed with steps 2L-5L to perform a low-level similarity analysis if the comparison in step 1 has identified that field data for a group of predecessor products have sufficient similarity to the new product. A high level of similarity is not required for conducting a low-level similarity analysis but greater levels of similarity will improve the assessment accuracy by reducing variability. The remaining process steps and equations for the low-level similarity analysis are described in A.2.3.2.3.

A.2.3.2.2 High-level similarity analysis process steps

Step 2H: Identify all characteristic differences between the new and predecessor end-item or assemblies. A description and example list of characteristic differences is provided in A.2.3.1. Each characteristic difference is entered into the first column of the example spreadsheet shown in Table A.2.

Use of the spreadsheet in Table A.2 is affected by the number of predecessor end-items used, or if the analysis is being performed at an LRU, assembly or functional level. If multiple predecessor end-items are analysed, a separate spreadsheet should be completed for each predecessor end-item. If an assembly or functional level analysis is performed, a separate spreadsheet should be completed for each predecessor assembly or function.

Etape 3H: Evaluer chaque différence de caractéristique, identifiée à l'étape 2H ci-dessus, concernant la différence de fiabilité attendue entre la nouvelle entité et l'entité antérieure. Cette évaluation est quantifiée par rapport aux différentes catégories de modèles physiques définies en A.2.3.1.

Dans cette étape, une entrée est faite pour chaque catégorie de chaque différence de caractéristique, comme cela est présenté par le Tableau A.2. Si aucun impact n'est attendu pour une différence de caractéristique particulière dans une catégorie donnée, alors aucune entrée n'est nécessaire (un «1» est pris par hypothèse). Les entrées supposées améliorer la fiabilité sont inférieures à un et les entrées supposées dégrader la fiabilité sont supérieures à un.

L'entrée «A2 combiné en ASIC» de la colonne «Différences de caractéristiques» du Tableau A.2 signifie qu'un certain nombre de composants différents ont été intégrés en un seul ASIC.

Etape 4H: Incorporer les données de défaillance en service, concernant l'entité finale antérieure ou l'ensemble, dans la feuille de calcul du Tableau A.2. Les données de défaillance en service, décrites en A.2.2.1, doivent être compilées sous forme de pourcentages, pour quantifier la distribution du mode de défaillance par catégorie de modèles physiques et par un taux de défaillance global.

Pour ce qui concerne la distribution du mode de défaillance, les causes relatives à toutes les défaillances en service de l'entité finale ou de l'ensemble sont affectées aux catégories de modèles physiques. La quantité de défaillances dans chaque catégorie est alors divisée par le nombre total de défaillances, pour mesurer la contribution en pourcentage de chaque catégorie à la quantité totale de défaillances de l'entité finale ou de l'ensemble. Ces pourcentages sont saisis dans la ligne du Tableau A.2 libellée «Distribution du mode de défaillance du produit antérieur». Le taux de défaillance global de l'entité finale ou de l'ensemble est saisi dans l'espace approprié dans la partie inférieure du Tableau A.2.

Etape 5H: Compiler les résultats dans la feuille de calcul du Tableau A.2 pour calculer les données de fiabilité prévisionnelles. Les calculs effectués dans la feuille de calcul sont les suivants :

a) calculer les valeurs dans la ligne libellée «Produits des impacts des modèles physiques» pour chaque catégorie de modèle physique, comme étant le produit des entrées pour toutes les différences de caractéristiques ;

b) calculer les valeurs dans la ligne libellée «Impact du taux de défaillance par catégorie» pour chaque catégorie de modèle physique, comme étant le produit de «Produits des impacts des modèles physiques» et de «Distribution du mode de défaillance du produit antérieur» ;

c) calculer le «Rapport du taux de défaillance» comme étant la somme de toutes les entrées de la ligne libellée «Impact du taux de défaillance par catégorie» ;

d) calculer le «Taux de défaillance projeté» pour la nouvelle entité finale ou pour l'ensemble, comme étant le produit du «Taux de défaillance antérieur» et du «Rapport du taux de défaillance».

La feuille de calcul décrivant l'analyse de similitude de haut niveau met en jeu l'équation A.1:

$$\text{Taux de défaillance du nouveau produit } (\lambda) = \lambda_P \sum_{N=1}^{7} (D_N F_N) \qquad \text{(A.1)}$$

où

λ_P est le taux de défaillance en exploitation relatif à l'entité finale antérieure ou à l'ensemble;

D_N est le pourcentage de la distribution du mode de défaillance pour la catégorie N;

Step 3H: Evaluate each characteristic difference, identified in step 2H above, relative to the expected reliability difference between the new and predecessor item. This evaluation is quantified relative to the individual physical model categories defined in A.2.3.1.

In this step an entry is made for each category of each characteristic difference, as shown in Table A.2. If no impact is expected for a particular characteristic difference in that category, then no entry is necessary (a "1" is assumed). Entries that are expected to improve reliability are less than one, and entries that are expected to degrade reliability are greater than one.

To clarify the entry for the characteristic difference in Table A.2 further, "combined A2 into ASIC" describes the combination of a number of individual components into a single ASIC.

Step 4H: Incorporate the in-service failure data for the predecessor end-item or assembly into the spreadsheet of Table A.2. The in-service failure data, described in A.2.2.1, have to be compiled in the form of percentages to quantify the failure mode distribution, by physical model category and an overall failure rate.

For the failure mode distribution, the causes for all in-service failures, of the end-item or assembly, are assigned to the physical model categories. The failure quantity in each category is then divided by the total failure count to quantify the percent contribution of each category to the total end-item or assembly failure quantity. These percentages are entered into the row in Table A.2 labelled "Predecessor product failure mode distribution". The overall failure rate for the end-item or assembly is entered into the appropriate space in the lower section of Table A.2.

Step 5H: Compile the results in the spreadsheet of Table A.2 to calculate the predicted reliability data. Calculations performed in the spreadsheet are as follows.

a) calculate the values in the row labelled "Products of physical model impacts" for each physical model category, as the product of the entries for all characteristic differences;

b) calculate the values in the row labelled "Failure rate impact per category" for each physical model category, as the product of the "Products of physical model impacts" and "Predecessor product failure mode distribution";

c) calculate the "Failure rate ratio" entry as the sum of all entries in the row labelled "Failure rate impact per category";

d) calculate the "Projected failure rate" for the new end-item or assembly as the product of the "Predecessor failure rate" and the "Failure rate ratio";

The spreadsheet depicting the high-level similarity analysis implements equation A.1:

$$\text{New product failure rate } (\lambda) = \lambda_P \sum_{N=1}^{7} (D_N F_N) \qquad \text{(A.1)}$$

where

λ_P is the field failure rate for the predecessor end-item or assembly;

D_N is the failure mode distribution percentage for category N;

F_N est le facteur de différence entre la nouvelle entité finale ou le nouvel ensemble et l'entité finale antérieure ou l'ensemble antérieur pour la catégorie N;

N est l'identifiant de la catégorie de modèle physique, qui est numéroté de 1 à 7.

L'équation (A.1) ci-dessus s'appuie sur l'hypothèse qu'il n'y a pas de catégorie de modèle physique supplémentaire définie par l'utilisateur. S'il y a des catégories supplémentaires, la valeur maximale de N augmente alors en fonction du nombre de catégories définies par l'utilisateur.

Bien que cela ne soit pas montré par la feuille de calcul, les taux de défaillance par catégorie individuelle peuvent être calculés. Cela est effectué en normalisant les entrées «Impact du taux de défaillance par catégorie» pour donner un total de 1,0 et en multipliant une valeur normalisée de la catégorie par le «Taux de défaillance projeté».

A.2.3.2.3 Etapes du processus d'analyse de similitudes de bas niveau

Etape 2L: Après avoir sélectionné le ou les groupes de produits en exploitation, les taux de défaillance par catégorie sont déterminés. D'une façon générale, ces taux de défaillance par catégorie peuvent être appliqués directement au nouveau produit; toutefois il peut y avoir des cas où les taux de défaillance doivent être factorisés, par exemple un nouveau produit dans un environnement différent de celui du produit antérieur. Dans de tels cas, le taux de défaillance peut être factorisé, avec une description de la factorisation et de son fondement incluse dans le compte-rendu d'évaluation.

Les résultats de cette étape sont les taux de défaillance par catégorie, avec application des factorisations. Ils sont introduits dans la feuille de calcul du Tableau A.3, dans la ligne libellée «Taux de défaillance attendus par catégorie».

Si différentes données relatives à des équipements antérieurs sont utilisées pour différentes nouvelles fonctions du produit, une feuille de calcul séparée sera requise pour chaque jeu de données relatif à ces équipements. D'une façon similaire, si plusieurs produits antérieurs sont utilisés, les données peuvent être compilées dans une même feuille de calcul, ou bien une analyse distincte, avec des feuilles de calcul séparées, peut être utilisée pour chaque produit antérieur.

Etape 3L: Quantifier le nombre de composants, par type, pour chacun des niveaux fonctionnels identifiés dans la première colonne de la feuille de calcul du Tableau A.3. Les quantités de composants sont placées dans la catégorie de composant appropriée et saisies dans la feuille de calcul.

Etape 4L: Quantifier et lister les différences de procédés de fabrication et de conception entre le ou les nouveaux équipements et le ou les équipements en exploitation. Le Tableau A.1 présente une liste de différences potentielles à considérer, relatives aux procédés de fabrication et de conception.

Les facteurs individuels de différence (multiplicateurs) sont eux-mêmes multipliés pour déterminer un facteur de taux de défaillance composite relatif au taux de défaillance de fabrication et un facteur de taux de défaillance composite relatif au taux de défaillance de conception. Le Tableau A.4 présente les facteurs de processus identifiés et leur produit pour l'analyse exemple.

La totalité des facteurs de processus sont saisis dans les premiers espaces vierges des colonnes de la catégorie 6 (procédés de fabrication) et de la catégorie 7 (processus de conception) du Tableau A.3.

F_N is the difference factor between the new and predecessor end-item or assembly for category N;

N is the physical model category identifier, which ranges from 1 to 7.

The above equation (A.1) is based on the assumption that there are no additional user-defined physical model categories. If there are additional categories, then the maximum value of N increases by the number of user-defined categories.

Though not shown in the spreadsheet, individual category failure rates can be computed. This is accomplished by normalizing the "Failure rate impact per category" entries to total 1,0 and multiplying a category normalized value by the "Projected failure rate".

A.2.3.2.3 Low-level similarity analysis process steps

Step 2L: After the field-exposed product group(s) are selected, the category failure rates are determined. Generally, these category failure rates can be applied directly to the new product; however there may be instances where the failure rates have to be multiplied, e.g. a new product in an environment different from that of the predecessor. In such instances, the failure rates may be multiplied, with a description of the multiplier and its basis included in the assessment report.

The outputs of this step are the category failure rates with any multiplication applied. They are entered into the spreadsheet of Table A.3 in the row labelled "expected category failure rates".

If different predecessor data are being used for different new product functions, a separate spreadsheet will be required for each set of predecessor data. In a similar manner, if multiple predecessor products are used, the data can either be compiled into a single spreadsheet, or a separate analysis with separate spreadsheets can be used for each predecessor product.

Step 3L: Quantify the number of components, by type, for each of the functional levels identified in the first column of the spreadsheet of Table A.3. The component quantities are put into the appropriate component category, and entered into the spreadsheet.

Step 4L: Quantify and list the manufacturing and design process differences between the new and fielded equipment(s). Table A.1 shows a list of potential differences to be considered for the manufacturing and design processes.

The individual difference factors (multipliers) are themselves multiplied to determine a composite failure rate factor for the manufacturing failure rate, and a composite failure rate factor for the design failure rate. Table A.4 shows the identified process factors and their product for the example analysis.

The total process factors are entered into the first open spaces under the category 6 (Manufacturing process) and category 7 (Design process) columns of Table A.3.

La description ci-dessus suppose que les taux de défaillance sont constants (exponentiel). Si ces taux de défaillance ne sont pas constants, le taux de défaillance constant peut être remplacé par un autre type, par exemple Weibull. Dans ce cas, la probabilité $F(t)$ doit être calculée en prenant en compte les risques en présence. Une autre méthode est d'utiliser une simulation de Monte-Carlo. Voir CEI 60300-3-5, CEI 61649 et [22].

Etape 5L: Effectuer les calculs d'évaluation avec la feuille de calcul présentée au Tableau A.3. Les calculs utilisent les équations (A.2) et (A.3) indiquées ci-dessous et sont décrits par ce qui suit:

- calculer la ligne libellée «somme du comptage par catégorie» pour les catégories 1 à 5, en ajoutant les valeurs saisies pour chaque niveau identifié dans la première colonne ;
- calculer la ligne libellée «taux de défaillance total par catégorie» pour
  - les catégories 1 à 5, en multipliant les valeurs de la ligne «somme du comptage par catégorie» par les valeurs de la ligne «taux de défaillance attendu par catégorie»;
  - les catégories 6 à 7, en multipliant les valeurs de la ligne «facteurs de processus» par les valeurs de la ligne «taux de défaillance attendu par catégorie» ;
- calculer le «taux de défaillance total du produit» en ajoutant toutes les valeurs de la ligne libellée «taux de défaillance total par catégorie». Ce taux de défaillance peut alors être utilisé pour calculer le MTTF ou d'autres mesures de fiabilité appropriées.

$$\text{Taux de défaillance total du produit } (\lambda) = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}\lambda_C + F_M\lambda_6 + F_D\lambda_7 \qquad \text{(A.2)}$$

$$\text{Taux de défaillance total de la fonction } = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}\lambda_C + \left(\sum_{L=1}^{5} Q_{L,C}/P_T\right)(F_M\lambda_6 + F_D\lambda_7) \qquad \text{(A.3)}$$

où

$Q_{L,C}$ sont les quantités de pièces relatives au nombre de fonctions "L" et à la catégorie composant "C";

P_T est le nombre total de pièces du dispositif, calculé par

$$P_T = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}$$

L représente un des niveaux de l'ensemble listé dans la première colonne de la feuille de calcul du Tableau A.3;

C représente une des catégories de modèle physique indiquée au Tableau A.3;

n est le nombre de niveaux fonctionnels de l'évaluation;

λ_C représente le taux de défaillance attendu par catégorie, pour la catégorie "C";

F_M représente le facteur de processus, pour le procédé de fabrication;

F_D représente le facteur de processus, pour le processus de conception;

λ_6 représente le taux de défaillance attendu par catégorie, pour le procédé de fabrication – catégorie 6;

λ_7 représente le taux de défaillance attendu par catégorie, pour le processus de conception – catégorie 7.

Les équations ci-dessus s'appuient sur l'hypothèse qu'il n'y a pas de catégorie de modèle physique supplémentaire définie par l'utilisateur. Les catégories supplémentaires définies par l'utilisateur sont traitées de la même manière que les catégories de composants (catégories 1 à 5).

The above description assumes that the failure rates are assumed to be constant (exponential). If these failure rates are not constant, the constant failure rate may be replaced with a distribution of another type, e.g. Weibull. In that case the probability $F(t)$ has to be computerised and summarised, taking into account competing risks. Another method is to use Monte Carlo simulation. Refer to IEC 60300-3-5, IEC 61649 and [22].

Step 5L: Perform the assessment calculations with the spreadsheet shown in Table A.3. The calculations use equations (A.2) and (A.3) shown below and are described as follows:

- calculate the row labelled "sum of category counts" for categories 1 to 5 by adding the entries for each level identified in column 1;
- calculate the row labelled "total category failure rate" for
  - categories 1 to 5, by multiplying the "sum of category counts" row by the "expected category failure rate" row;
  - categories 6 and 7, by multiplying the "process factors" row by the "expected category failure rate" row;
- calculate the "total product failure rate" entry by adding all entries in the row labelled "total category failure rate". This failure rate could then be used to calculate MTTF or other appropriate reliability measures.

$$\text{Total product failure rate } (\lambda) = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}\lambda_C + F_M\lambda_6 + F_D\lambda_7 \qquad \text{(A.2)}$$

$$\text{Total function failure rate } = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}\lambda_C + \left(\sum_{L=1}^{5} Q_{L,C} / P_T \right) (F_M\lambda_6 + F_D\lambda_7) \qquad \text{(A.3)}$$

where

$Q_{L,C}$ are the part quantities for function number "L" and component category "C";

P_T is the total number of parts in the device, calculated by:

$$P_T = \sum_{C=1}^{5} \sum_{L=1}^{n} Q_{L,C}$$

L denotes one of the assembly levels listed in the first column of the Table A.3 spreadsheet;

C denotes one of the physical model categories as shown in Table A.3;

n is the number of function levels in the assessment;

λ_C represents the expected category failure rate for component category "C";

F_M represents the process factor for the manufacturing process;

F_D represents the process factor for the design process;

λ_6 represents the expected category failure rate for the manufacturing process – category 6;

λ_7 represents the expected category failure rate for the design process – category 7.

The above equations are based on the assumption that there are no additional user-defined physical model categories. Additional user-defined categories are treated in the same manner as the component categories (categories 1 to 5).

Les taux de défaillance au niveau fonctionnel, mentionnés dans le Tableau A.3, n'englobent pas les taux de défaillance de processus relatifs aux catégories 6 et 7. Bien que non présenté par la feuille de calcul, cela peut être réalisé en distribuant les taux de défaillance de processus entre les fonctions. Pour ce faire, deux méthodes sont possibles et sont données ci-dessous.

a) Distribution basée sur la complexité, c'est-à-dire comptage de pièces, comptage des broches de sortie ou taux de défaillance total par catégorie de composant.
b) Distribution basée sur la connaissance antérieure des zones à problèmes mises en évidence dans des produits semblables.

La méthode de distribution du taux de défaillance de procédés peut être différente entre le procédé de fabrication et le processus de conception. Une combinaison des deux méthodes peut également être utilisée, c'est-à-dire distribution basée sur un comptage de pièces, ajustée ensuite en fonction de la connaissance antérieure.

A.2.4 Utilisation et limitations

Les résultats de la méthode d'évaluation de fiabilité basée sur l'analyse de similitudes peuvent être directement appliqués aux décisions de conception des équipements, aux décisions économiques, aux décisions d'architecture du système et aux décisions d'évaluation de sécurité. L'applicabilité, comme entrée à l'évaluation de sécurité dépend des objectifs de l'analyse de sécurité et également du niveau auquel l'évaluation de fiabilité a été effectuée.

A.2.5 Amélioration du processus

Après avoir obtenu un historique satisfaisant pour le produit en service, les données en exploitation sont comparées aux résultats d'évaluation de fiabilité. Les contradictions/ incohérences sont évaluées pour envisager d'éventuelles modifications au processus. Ces modifications peuvent affecter le processus de collecte et d'analyse des données ou directement avoir un impact sur le processus décrit par le document relatif au plan d'évaluation de fiabilité.

The functional level failure rates shown in Table A.3 do not incorporate the process failure rates for categories 6 and 7. Though not shown in the spreadsheet, this can be accomplished by distributing the process failure rates between the functions. Two possible methods to accomplish this are listed as follows.

a) Distribute based on complexity, i.e. parts count, lead count or component category total failure rate.

b) Distribute based on prior knowledge of problem areas encountered in similar products.

The method for distributing the process failure rate can be different between manufacturing and design. A combination of the two methods can also be used, i.e. distribute based on parts count, then adjust for prior knowledge.

A.2.4 Use and limitations

Results from the similarity analysis reliability assessment method can be directly applied to equipment design decisions, business decisions, system architecture decisions and safety assessment decisions. Applicability as input to safety assessment depends on the safety analysis objectives, and also on the level at which the reliability assessment was performed.

A.2.5 Process improvement

After adequate in-service history has been attained for the product, the field data are compared to the reliability assessment results. Inconsistencies are evaluated for potential process changes. These changes may affect the data collection and analysis process or directly impact the process contained in the plan document.

Tableau A.1 – Exemple de différences de caractéristiques

PHYSIQUE	PROCESSUS	ENVIRONNEMENTAL
Composants critiques	Utilisation de la CAO	Dispositions de refroidissement
Fonctionnement dégradé	Utilisation de la FAO	Facteurs de latence
Non-conformités et dérogations	Contrôle des documents	Taux d'utilisation
Durabilité	Formation client	Susceptibilité aux ESD
Contraintes électriques	Analyse des taux de charge et des contraintes	Application sur le terrain
Durée de vie attendue	ESS, HASS	Environnement de réparation
Fausses alarmes	Représentants sur le terrain	Environnement d'utilisation
Localisation de panne	AMPE	
Modifications fonctionnelles	LTIAC/CRD	
Modes de fonctionnement	Analyse par arbre de panne	
Nouveau logiciel	Essais de vérification de la fiabilité	
Proportion de logiciels réutilisables	Composition des matériaux	
Dissipation de puissance	Qualité des matériaux	
Facteurs de sécurité	Obsolescence de composant	
Maintenance programmée	Qualité des composants	
Maturité technologique	Déverminage des composants	
Points de test	Prototypage	
Volume	Fournisseurs en seconde source	
Poids	Simulation	
	Logiciel	
	CSP	
	Analyse de synchronisation	
	Analyse du pire des cas	

CAO Conception assistée par ordinateur
FAO Fabrication assistée par ordinateur
ESD Décharge électrostatique
ESS Déverminage sous contrainte
HASS Déverminage sous contrainte fortement accéléré
AMDE Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
FRACA Analyse de compte-rendu de défaillances et mesures correctives
CRD Commission de revue de défaillances
CSP Contrôle statistique du processus

Table A.1 – Example characteristic differences

PHYSICAL	PROCESS	ENVIRONMENTAL
Critical components	CAD usage	Cooling provisions
Degraded operation	CAM usage	Dormancy factors
Deviations and waivers	Document control	Duty cycle
Durability	Customer training	ESD susceptibility
Electrical stress	Derating and stress analysis	Field application
Expected life	ESS, HASS	Repair environment
False alarms	Field representatives	Use environment
Fault isolation	FMEA	
Functional changes	FRACA/FRB	
Modes of operation	Fault tree analysis	
New software	Reliability development testing	
Percentage reusable SW	Material composition	
Power dissipation	Material quality	
Safety factors	Part obsolescence	
Scheduled maintenance	Part quality	
Technology maturity	Part screening	
Test points	Prototyping	
Volume	Second source suppliers	
Weight	Simulation	
	Software	
	SPC	
	Timing analysis	
	Worst case analysis	

CAD	Computer aided design	FMEA	Failure mode and effects analysis
CAM	Computer aided manufacturing	FRACA	Failure reporting analysis and corrective action
ESD	Electrostatic discharge	FRB	Failure review board
ESS	Environmental stress screening	SPC	Statistical process control
HASS	Highly accelerated stress screening		

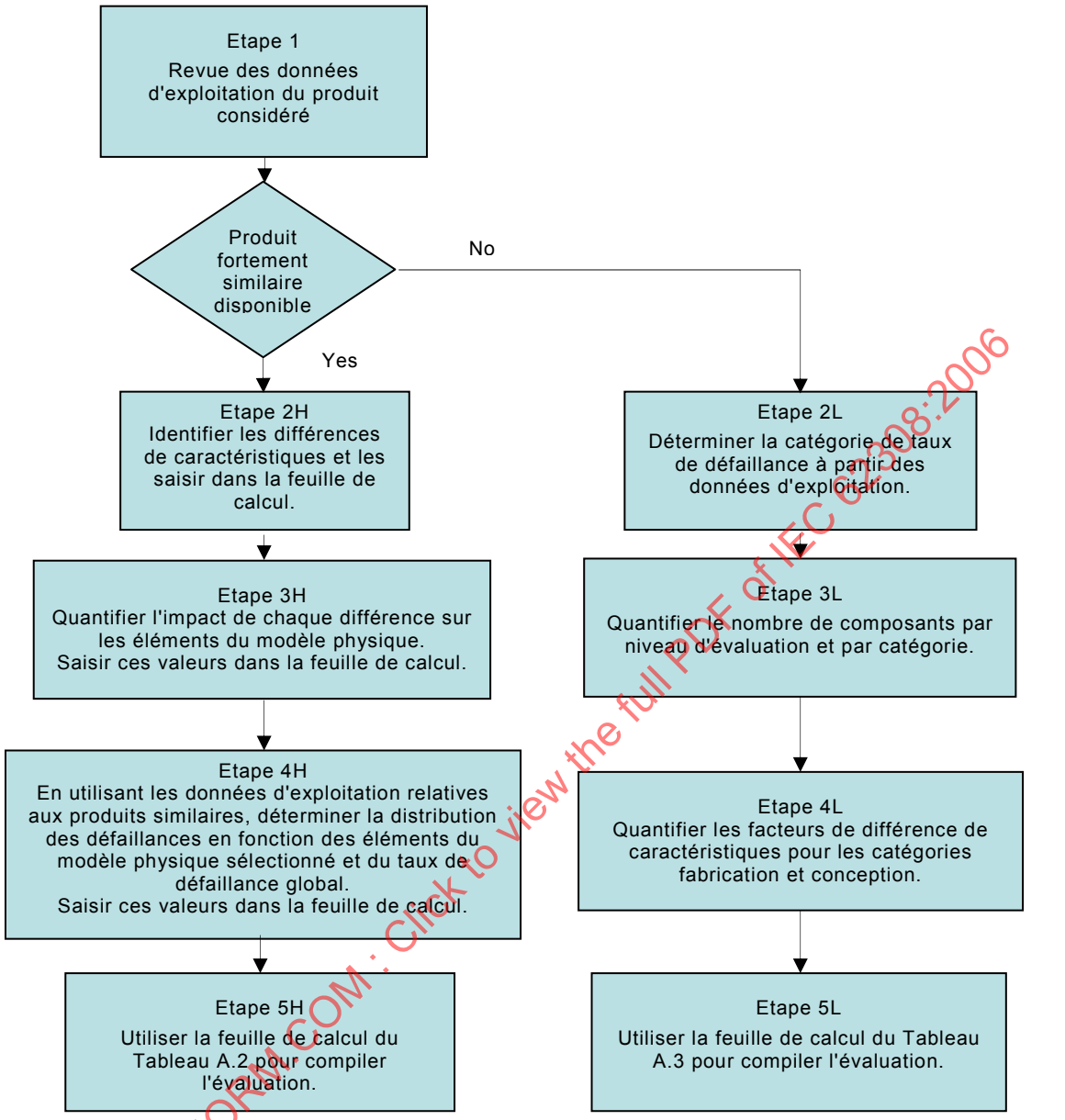

Figure A.1 – Organigramme d'analyse de similitudes – Exemple

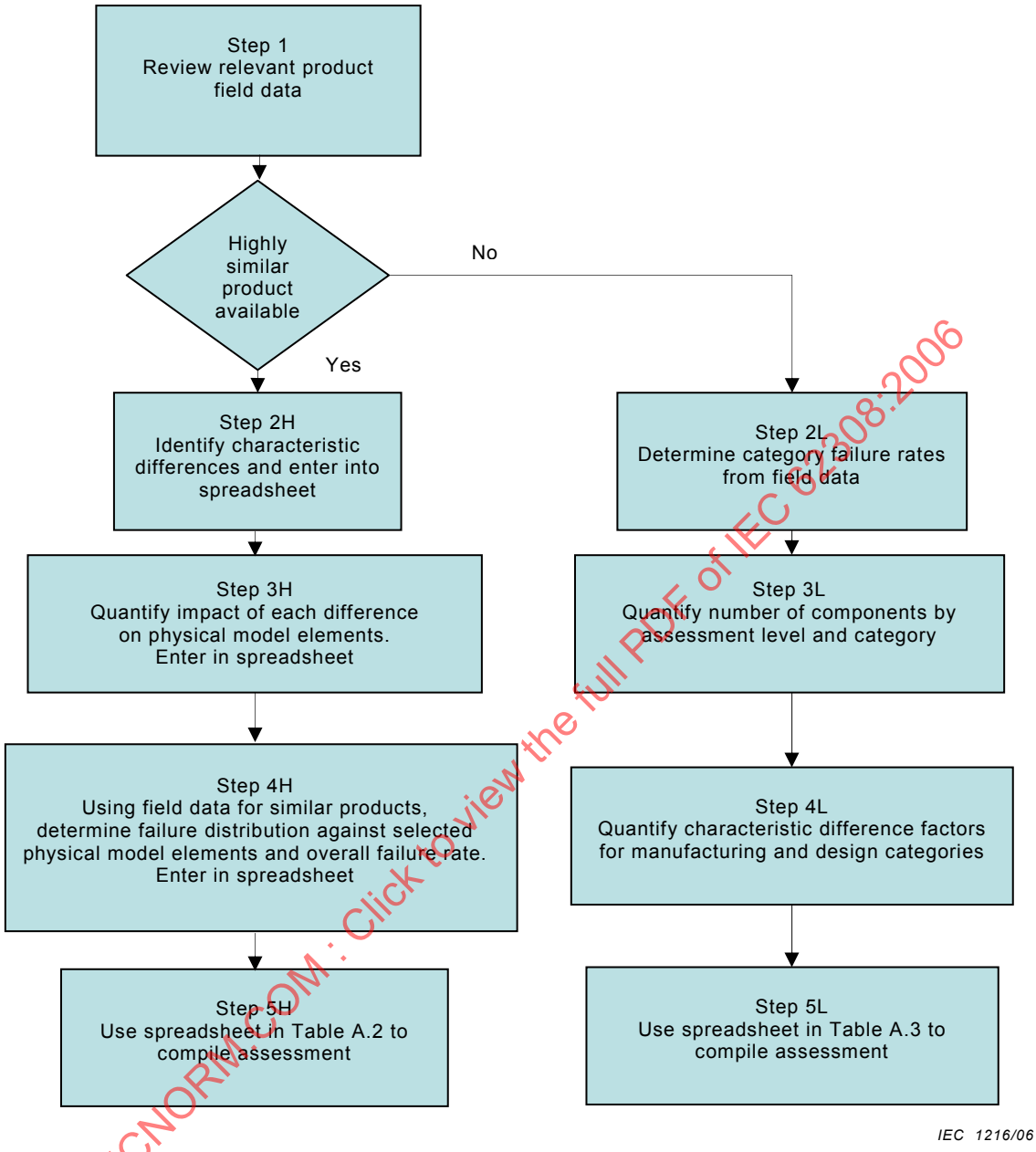

Figure A.1 – Example similarity analysis flowchart

Tableau A.2 – Feuille de calcul d'analyse de similitudes de haut niveau – Exemple

Identification produit : Modèle YYY	CATÉGORIES DE MODÈLE PHYSIQUE									Identification produit antérieur : Modèle ZZZ
Différences de caractéristiques (Catégorie - Description)	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5	Catégorie 6	Catégorie 7	Catégorie 8		Commentaires
1. 2 Circuits impr. combinés en 1			0,9							
2.) Population réduite sur A4	0,8			0,6						
3.) Carte A1 en montage en surface						0,8				
4.) RET effectué sur nouveau produit							0,8			
5.) A2 intégrée en ASIC	0,89		0,98	0,85	1,2					
6.)										
7.)										
8.)										
9.)										
10										
PRODUITS DES IMPACTS DES MODÈLES PHYSIQUES	0,712	1	0,882	0,51	1,2	0,8	0,8	1		
DISTRIBUTION DU MODE DE DÉFAILLANCE DU PRODUIT ANTÉRIEUR =	10,0%	10,0%	10,0%	20,0%	20,0%	20,0%	10,0%	0,0%		
IMPACT DU TAUX DE DÉFAILLANCE PAR CATÉGORIE =	0,0712	0,1	0,0882	0,102	0,24	0,16	0,08	0		
RPT DU TAUX DE DÉFAILLANCE	0,8414									

Taux de défaillance antérieur (/million heures op.) = 50,77
Taux de défaillance projeté (/million heures op.) = 42,718

MTBF antérieure (heures op.) = 19 697
MTBF projetée (heures op.) = 23 409

Table A.2 – Example high-level similarity analysis spreadsheet

Product identification: Model YYY	PHYSICAL MODEL CATEGORIES									Predecessor product identification: Model ZZZ
Characteristic differences (Category - Description)	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5	Category 6	Category 7	Category 8		Comments
1.) Two PWB's combined into one			0,9							
2.) Reduced parts count on A4	0,8			0,6						
3.) A1 card moved to surface mount						0,8				
4.) Performing RET on new product							0,8			
5.) Combined A2 into ASIC	0,89		0,98	0,85	1,2					
6.)										
7.)										
8.)										
9.)										
10.)										
PRODUCTS OF PHYSICAL MODEL IMPACTS=	0,712	1	0,882	0,51	1,2	0,8	0,8	1		
PREDECESSOR PRODUCT FAILURE MODE DISTRIBUTION=	10,0%	10,0%	10,0%	20,0%	20,0%	20,0%	10,0%	0,0%		
FAILURE RATE IMPACT PER CATEGORY=	0,0712	0,1	0,0882	0,102	0,24	0,16	0,08	0		
FAILURE RATE RATIO=	0,8414									

Precedessor failure rate (/million op. hrs.) = 50,77 **Predecessor MTBF (op. hrs.) =** 19 697

Projected failure rate (/million op. hrs.) = 42,718 **Projected MTBF (op. hrs.) =** 23 409

Tableau A.3 – Feuille de calcul d'analyse de similitude de bas niveau – Exemple

Identification produit : Modèle YYY	CATÉGORIES DE MODÈLE PHYSIQUE								Tx déf. de la fonction (/million hrs. op.)	Identification produit antérieur : Modèle ZZZ
Ident. LRU, Ensemble ou Fonctionnel	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5	Catégorie 6	Catégorie 7	Catégorie 8		Commentaires
1.) A1 Fonction processeur	12	1	3	6	2				2,204	
2.) A1 Fonction mémoire processeur	5		1	2	3				2,36	
3.) A2 Fonction récepteur RS-422	28		3	6					0,806	
4.) A2 Fonction UART	12		1	3					0,374	
5.) A2 Fonction transmetteur RS-422	22		3	6					0,794	
6.) A3 Fonction filtre/redresseur 115 VAC	36	4	2						0,292	
7.) A3 Fonction régulateur 5 VDC	25	1	1	2					0,33	
8.) A3 Fonction régulateur +/-15VDC	48	1	1	5					0,676	
9.) Fonction filtre signal châssis	16	8							0,272	
10.) Niv. sup. (Facteurs de processus)						0,8	0,9		8,6	
SOMME DU COMPT. PAR CATÉGORIE	204	15	15	30	5					
FACTEUR DE TX DE DÉFAILLANCE =	1	1	1	1	1					
TX DE DÉFAILLANCE ATTENDU PAR CATÉGORIE (/million hrs. op.)=	0,002	0,03	0,05	0,1	0,7	4	6			
TX DE DÉFAILLANCE TOTAL PAR CATÉGORIE (/million hrs. op.)=	0,408	0,45	0,75	3	3,5	3,2	5,4			
TX DE DÉFAILLANCE TOTAL DU PRODUIT (/million hrs. op.)=	16,708									
MTBF PROJETÉE (hrs. op.)=	59,852									

Table A.3 – Example low-level similarity analysis spreadsheet

Product identification: Model YYY	PHYSICAL MODEL CATEGORIES								Function FR (/million op. hrs.)	Predecessor product identification: Model ZZZ
LRU, Assy. or functional level ID	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4	Category 5	Category 6	Category 7	Category 8		Comments
1.) A1 Processor function	12	1	3	6	2				2,204	
2.) A1 Processor memory function	5		1	2	3				2,36	
3.) A2 RS-422 Receiver function	28		3	6					0,806	
4.) A2 UART Function	12		1	3					0,374	
5.) A2 RS-422 Transmitter function	22		3	6					0,794	
6.) A3 115VAC Filter/rectifier function	36	4	2						0,292	
7.) A3 5VDC Regulator function	25	1	1	2					0,33	
8.) A3 +/-15VDC Regulator function	48	1	1	5					0,676	
9.) Chassis signal filter function	16	8							0,272	
10.) Top level (process factors)						0,8	0,9		8,6	
SUM OF CATEGORY COUNTS=	204	15	15	30	5					
FAILURE RATE FACTOR=	1	1	1	1	1					
EXPECTED CATEGORY FAILURE RATE (/million op. hrs.)=	0,002	0,03	0,05	0,1	0,7	4	6			
TOTAL CATEGORY FAILURE RATE (/million op. hrs.)=	0,408	0,45	0,75	3	3,5	3,2	5,4			
TOTAL PRODUCT FAILURE RATE (/million op. hrs.)=	16,708									
PROJECTED MTBF (op. hrs.)=	59 852									

Tableau A.4 – Tableaux de facteurs de différences de processus – Exemples

Différences de caractéristiques		Impact sur le taux de défaillance de fabrication
1.	Montage en surface par rapport au montage à fils	0,8
2.	Introduction du HASS	0,8
3.	Population de + 25 % par rapport à la moyenne	1,25
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
total		0,8

Différences de caractéristiques		Impact sur le taux de défaillance de conception
1.	Introduction du HALT	0,8
2.	Pas de revue de conception interne	1,125
3.		
4.		
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		
total		0,9