

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

62059-41

Première édition
First edition
2006-03

**Equipements de comptage de l'électricité –
Sûreté de fonctionnement –**

**Partie 41:
Prévision de fiabilité**

**Electricity metering equipment –
Dependability –**

**Part 41:
Reliability prediction**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 62059-41:2006

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**

62059-41

Première édition
First edition
2006-03

**Equipements de comptage de l'électricité –
Sûreté de fonctionnement –**

**Partie 41:
Prévision de fiabilité**

**Electricity metering equipment –
Dependability –**

**Part 41:
Reliability prediction**

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

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

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

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

S

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION.....	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives.....	10
3 Termes, définitions et abréviations	10
4 Informations générales	18
5 Méthodes d'analyse de fiabilité.....	20
6 Prévion de fiabilité en utilisant la méthode de contrainte des composants.....	22
6.1 Vue d'ensemble.....	22
6.2 Valeur du taux de défaillance d'un composant.....	24
6.3 Modèles de contraintes	24
6.4 Prévion du taux de défaillance utilisant la méthode de contrainte des composants.....	26
6.5 Etapes du processus de prévion du taux de défaillance	26
6.6 Présentation des résultats	28
7 Autres considérations sur la sûreté de fonctionnement.....	28
8 Durée de vie des composants dégradables	30
Annexe A (normative) Prévion de fiabilité – Diagramme de la procédure	32
Annexe B (informative) Aperçu des autres méthodes d'analyse et de prévion de la fiabilité.....	34
Bibliographie.....	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62059-41:2006

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	11
2 Normative references	11
3 Terms, definitions and abbreviations	11
4 General information	19
5 Reliability analysis methods	21
6 Reliability prediction using the parts stress method	23
6.1 Overview	23
6.2 Component failure rate data	25
6.3 Stress models	25
6.4 Failure rate prediction using the parts stress method.....	27
6.5 Phases of the failure rate prediction process	27
6.6 Presentation of results	29
7 Other dependability considerations.....	29
8 Life time of life limited components.....	31
Annex A (normative) Reliability prediction – Procedural flow	33
Annex B (informative) Overview of other reliability analysis and prediction methods	35
Bibliography.....	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EQUIPEMENTS DE COMPTAGE DE L'ÉLECTRICITÉ – SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 41: Prévision de 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 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. 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 62059-41 a été établie par le comité d'études 13 de la CEI: Equipements de mesure de l'énergie électrique et de commande des charges.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
13/1348/FDIS	13/1359/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

**ELECTRICITY METERING EQUIPMENT –
DEPENDABILITY –****Part 41: Reliability prediction**

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 62059-41 has been prepared by Technical Committee 13: Equipment for electrical energy measurement and load control.

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

FDIS	Report on voting
13/1348/FDIS	13/1359/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.

La CEI 62059 est composée des parties suivantes, sous le titre général *Equipements de comptage de l'électricité – Sûreté de fonctionnement*:

Partie 11: Concepts généraux

Partie 21: Collecte des données de sûreté de fonctionnement des compteurs à partir du terrain

Partie 41: Prévion de fiabilité

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62059-41:2006

IEC 62059 consists of the following parts, under the general title *Electricity metering equipment – Dependability*:

Part 11: General concepts

Part 21: Collection of meter dependability data from the field

Part 41: Reliability prediction

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62059-41:2006

INTRODUCTION

L'objectif principal de la présente norme est de fournir un outil de prévision du taux de défaillance des appareils de comptage de l'électricité en utilisant la méthode de contrainte des composants. Elle fournit également un aperçu des méthodes d'analyse et de prévision de la fiabilité.

Le résultat de la prévision peut être utilisé dans la phase de conception pour soutenir les décisions de conception, par rapport à l'homologation de type pour soutenir les décisions concernant la période de certification, et dans la phase de fonctionnement pour déterminer la performance de la maintenance nécessaire pour obtenir la disponibilité requise.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62059-41:2006

INTRODUCTION

The main objective is to provide a tool for predicting the failure rate of electricity metering equipment using the parts stress method. It also provides an overview of reliability analysis and prediction methods.

The result of the prediction can be used in the design phase to support design decisions, in relation with type approval to support decisions concerning the certification period and in the operation phase to determine the necessary maintenance performance to obtain the required availability.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62059-41:2006

EQUIPEMENTS DE COMPTAGE DE L'ÉLECTRICITÉ – SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 41: Prévion de fiabilité

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62059 s'applique à tous les types d'appareils de comptage statiques pour la mesure de l'énergie et la commande des charges.

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 (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

Amendement 1(1999)

Amendement 2 (2002)

CEI 61709:1996, *Composants électroniques – Fiabilité – Conditions de référence pour les taux de défaillance et modèles d'influence des contraintes pour la conversion*

CEI 62059-11:2002, *Equipements de comptage de l'électricité – Sûreté de fonctionnement – Partie 11: Concepts généraux*

CEI 62059-21:2002, *Equipements de comptage de l'électricité – Sûreté de fonctionnement – Partie 21: Collecte des données de sûreté de fonctionnement des compteurs à partir du terrain*

3 Termes, définitions et abréviations

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

NOTE Seuls les termes relatifs à ce sujet et n'ayant pas déjà été définis dans la CEI 62059-11 sont définis.

3.1

essai accéléré

essai au cours duquel le niveau des contraintes appliquées à une entité est choisi au-delà du niveau qui correspond aux conditions de référence en vue de réduire la durée nécessaire pour observer les réponses de l'entité aux contraintes ou en vue d'accentuer ces réponses pour une durée donnée

NOTE Pour être valable, un essai accéléré ne doit altérer ni les mécanismes de défaillance, ni les modes de panne, ni leur fréquence relative.

[VEI 191-14-07]

ELECTRICITY METERING EQUIPMENT – DEPENDABILITY –

Part 41: Reliability prediction

1 Scope

This part of IEC 62059-41 is applicable to all types of static metering equipment for energy measurement and load control.

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 (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*
Amendment 1(1999)
Amendment 2 (2002)

IEC 61709:1996, *Electronic components – Reliability – Reference conditions for failure rates and stress models for conversion*

IEC 62059-11:2002, *Electricity metering equipment – Dependability – Part 11: General concepts*

IEC 62059-21:2002, *Electricity metering equipment – Dependability – Part 21: Collection of meter dependability data from the field*

3 Terms, definitions and abbreviations

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

NOTE Only those terms relevant to the subject, which have not already been included in IEC 62059-11, are given here.

3.1 accelerated test

test in which the applied stress level is chosen to exceed that stated in the reference conditions in order to shorten the time duration required to observe the stress response of the item, or to magnify the response in a given time duration

NOTE To be valid, an accelerated test shall not alter the basic fault modes and failure mechanisms, or their relative prevalence.

[IEV 191-14-07]

3.2

délai administratif (pour la maintenance corrective)

ensemble des intervalles de temps pendant lesquels les opérations de maintenance corrective ne peuvent pas être effectuées pour des raisons administratives sur une entité en panne

[VEI 191-08-09]

3.3

défaillance par vieillissement, défaillance par usure

défaillance dont la probabilité d'occurrence augmente avec le temps, par suite de processus inhérents à l'entité

[VEI 191-04-09]

3.4

période d'intensité constante de défaillance

période éventuelle dans la vie d'une entité réparée pendant laquelle l'intensité instantanée de défaillance est approximativement constante

[VEI 191-10-08]

3.5

période de taux constant de défaillance

période éventuelle dans la vie d'une entité non réparée pendant laquelle le taux instantané de défaillance est approximativement constant

[VEI 191-10-09]

3.6

équipement à prédire

ASP

appareils de comptage de l'électricité statiques pour lesquels la prévision de fiabilité est réalisée

3.7

cause de défaillance

ensemble des circonstances associées à la conception, la fabrication ou l'emploi qui ont entraîné une défaillance

[VEI 191-04-17]

3.8

facteur d'accélération de l'intensité de défaillance

rapport des nombres de défaillances de deux entités réparées identiques soumises à des ensembles différents de contraintes, pendant des intervalles de temps de même durée commençant au bout d'une même durée de fonctionnement dans les mêmes conditions depuis la première mise en fonctionnement de chaque entité

[VEI 191-14-12]

3.9

taux (instantané) de défaillance

$\lambda(t)$

limite, si elle existe, du quotient de la probabilité conditionnelle pour que l'instant d'une défaillance d'une entité non réparée soit compris dans un intervalle de temps donné, $(t, t + \Delta t)$ par la durée Δt de l'intervalle de temps, lorsque cette durée tend vers zéro, en supposant que l'entité n'ait pas subi de défaillance avant le début de l'intervalle de temps

3.2**administrative delay (for corrective maintenance)**

accumulated time during which an action of corrective maintenance on a faulty item is not performed due to administrative reasons

[IEV 191-08-09]

3.3**ageing failure, wearout failure**

failure whose probability of occurrence increases with the passage of time, as a result of processes inherent in the item

[IEV 191-04-09]

3.4**constant failure intensity period**

that period, if any, in the life of a repaired item during which the failure intensity is approximately constant

[IEV 191-10-08]

3.5**constant failure rate period**

that period, if any, in the life of a non-repaired item during which the failure rate is approximately constant

[IEV 191-01-09]

3.6**equipment under prediction****EUP**

static electricity metering equipment for which a reliability prediction is being made

3.7**failure cause**

circumstances during design, manufacture or use which have led to a failure

[IEV 191-04-17]

3.8**failure intensity acceleration factor**

in a time interval of given duration, whose beginning is specified by a fixed age of a repaired item, ratio of the number of failures obtained under two different sets of stress conditions

[IEV 191-14-12]

3.9**(instantaneous) failure rate**

$\lambda(t)$

limit, if it exists, of the quotient of the conditional probability that the instant of a failure of a non-repaired item falls within a given time interval $(t, t + \Delta t)$ and the duration of this time interval, Δt , when Δt tends to zero, given that the item has not failed up to the beginning of the time interval

NOTE 1 Le taux instantané de défaillance est donné par la formule:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

où $F(t)$ et $f(t)$ sont respectivement la fonction de répartition et la densité de probabilité de l'instant de défaillance, et où $R(t)$ est la fonction de fiabilité, liée à la fiabilité $R(t_1, t_2)$ par la relation $R(t) = R(0, t)$.

NOTE 2 Une valeur estimée de taux instantané de défaillance est le quotient du rapport du nombre d'entités ayant subi une défaillance pendant un intervalle de temps donné au nombre d'entités non défaillantes au début de l'intervalle, par la durée de l'intervalle.

NOTE 3 En anglais, le taux instantané de défaillance est parfois appelé « hazard function ».

[VEI 191-12-02]

3.10

facteur d'accélération du taux de défaillance

rapport du taux instantané de défaillance en essai accéléré au taux instantané de défaillance dans les conditions de l'essai de référence

NOTE Les deux valeurs de taux se rapportent à la même période de la vie des entités essayées.

[VEI 191-14-11]

3.11

panne

état d'une entité inapte à accomplir une fonction requise, à l'exclusion de l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou bien due à un manque de moyens extérieurs

NOTE 1 Une panne est souvent la conséquence d'une défaillance de l'entité elle-même, mais elle peut exister sans défaillance préalable.

NOTE 2 Applicable pour le texte anglais seulement.

[VEI 191-05-01]

3.12

maintenance

combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les opérations de surveillance, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise

[VEI 191-07-01]

3.13

politique de maintenance

description des relations entre les échelons de maintenance, les niveaux d'intervention et les niveaux de maintenance qui interviennent dans la maintenance d'une entité

[VEI 191-07-03]

3.14

temps de maintenance

intervalle de temps pendant lequel une opération de maintenance est effectuée sur une entité, manuellement ou automatiquement, y compris les délais techniques et les délais logistiques

NOTE La maintenance peut s'effectuer pendant que l'entité accomplit une fonction requise.

[VEI 191-08-01]

NOTE 1 The instantaneous failure rate is expressed by the formula:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\Delta t} \frac{F(t + \Delta t) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

where $F(t)$ and $f(t)$ are respectively the distribution function and the probability density of the failure instant, and where $R(t)$ is the reliability function, related to the reliability $R(t_1, t_2)$ by $R(t) = R(0, t)$.

NOTE 2 An estimated value of the instantaneous failure rate can be obtained by dividing the ratio of the number of items which have failed during a given time interval to the number of non-failed items at the beginning of the time interval, by the duration of the time interval.

NOTE 3 In English, the instantaneous failure rate is sometimes called "hazard function".

[IEV 191-12-02]

3.10

failure rate acceleration factor

ratio of the failure rate under accelerated testing conditions to the failure rate under stated reference test conditions

NOTE Both failure rates refer to the same time period in the life of the tested items.

[IEV 191-14-11]

3.11

fault

state of an item characterized by inability to perform a required function, excluding the inability during preventive maintenance or other planned actions, or due to lack of external resources

NOTE 1 A fault is often the result of a failure of the item itself, but may exist without prior failure.

NOTE 2 In English, the term "fault" is also used in the field of electric power systems with the meaning as given in 604-02-01: then the corresponding term in French is "défaut".

[IEV 191-05-01]

3.12

maintenance

combination of all technical and administrative actions, including supervision actions, intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform a required function

[IEV 191-07-01]

3.13

maintenance policy

description of the interrelationship between the maintenance echelons, the indenture levels and the levels of maintenance to be applied for the maintenance of an item

[IEV 191-07-03]

3.14

maintenance time

time interval during which a maintenance action is performed on an item either manually or automatically, including technical delays and logistic delays

NOTE Maintenance may be carried out while the item is performing a required function.

[IEV 191-08-01]

3.15

durée moyenne de réparation

MRT (en anglais *mean repair time*)

espérance mathématique de la durée du temps de réparation

[VEI 191-13-05]

3.16

moyenne de temps de bon fonctionnement

MTBF (en anglais *mean operating time between failures*)

espérance mathématique de la durée de bon fonctionnement

[VEI 191-12-09]

3.17

durée moyenne de fonctionnement avant défaillance

MTTF (en anglais *mean time to failure*)

espérance mathématique de la durée de fonctionnement avant défaillance

[VEI 191-12-07]

3.18

temps de fonctionnement

intervalle de temps pendant lequel une entité est en état de fonctionnement

[VEI 191-09-01]

3.19

prédiction/prévision

opération ayant pour but le calcul de la valeur prévue d'une grandeur

NOTE Les termes "prédiction" et "prévision" désignent aussi la valeur prévue d'une grandeur.

[VEI 191-16-01]

3.20

redondance (de moyens)

existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise

[VEI 191-15-01]

3.21

données de référence; valeur de référence

valeur qui, par accord général, peut être utilisée pour des prévisions ou des comparaisons avec des valeurs observées

[VEI 191-14-18]

3.22

modèle de fiabilité

modèle mathématique destiné à la prévision ou à l'estimation des caractéristiques de fiabilité d'une entité

[VEI 191-16-02]

3.15**mean repair time****MRT**

expectation of the repair time

[IEV 191-13-05]

3.16**mean operating time between failures****MTBF**

expectation of the operating time between failures

[IEV 191-12-09]

3.17**mean time to failure****MTTF**

expectation of the time to failure

[IEV 191-12-07]

3.18**operating time**

time interval during which an item is in an operating state

[IEV 191-09-01]

3.19**prediction**

process of computation used to obtain the predicted value(s) of a quantity

NOTE The term “prediction” may also be used to denote the predicted value(s) of a quantity.

[IEV 191-16-01]

3.20**redundancy**

in an item, existence of more than one means for performing a required function

[IEV 191-15-01]

3.21**reference data**

data which, by general agreement, may be used as a standard or as a basis for prediction and/or comparison with observed data

[IEV 191-14-18]

3.22**reliability model**

mathematical model used for prediction or estimation of reliability performance measures of an item

[IEV 191-16-02]

3.23

taux (instantané) de réparation/densité (instantanée) de réparation

$\mu(t)$

limite, si elle existe, du quotient de la probabilité conditionnelle d'achèvement d'une opération de maintenance corrective pendant un intervalle de temps donné, $(t, t + \Delta t)$, par la durée Δt de l'intervalle de temps, lorsque Δt tend vers 0, en supposant que l'opération soit en cours au début de l'intervalle de temps

[VEI 191-13-02]

3.24

temps de réparation

partie du temps de maintenance corrective active pendant laquelle des opérations de réparation sont effectuées sur une entité

[VEI 191-08-16]

3.25

fonction requise

fonction ou ensemble de fonctions d'une entité dont l'accomplissement est considéré comme nécessaire pour la fourniture d'un service donné

[VEI 191-01-05]

3.26

disponibilité en régime établi

moyenne, en régime établi, de la disponibilité instantanée sur un intervalle de temps donné

NOTE Dans certaines conditions, par exemple un taux de défaillance et un taux de réparation constants, la disponibilité en régime établi peut être exprimée par le rapport du temps moyen de disponibilité à la somme des temps moyens de disponibilité et d'indisponibilité. Dans ces conditions, la disponibilité en régime établi est identique à la disponibilité asymptotique et on emploie plus simplement le terme "disponibilité".

[VEI 191-11-06]

3.27

modèle de contraintes

modèle mathématique qui décrit l'influence des contraintes appliquées à une entité sur les caractéristiques de fiabilité et d'autres propriétés de l'entité

[VEI 191-16-10]

4 Informations générales

Les méthodes de prévision de fiabilité sont utilisées pour déterminer la probabilité pour que, pendant un certain intervalle de temps, un ASP fonctionne normalement, ou soit hors service ou en procédure de maintenance. Les résultats de ces méthodes de prévision peuvent également donner les pourcentages d'appareils dans une population donnée qui fonctionnent correctement, sont en panne ou en réparation et les durées moyennes de ces intervalles.

La prévision de fiabilité est un procédé statistique décrivant le futur, et elle est basée sur des informations fournies par le passé. Le résultat est donc toujours une probabilité de certaines variables. Pour réaliser des prévisions de fiabilité, une connaissance détaillée du système et des données de fiabilité sur les composants sont nécessaires.

Il est important de distinguer les entités réparables et non réparables parce que les variables qui les caractérisent sont assez différentes, bien qu'il y ait une relation entre ces variables.

3.23**(instantaneous) repair rate** $\mu(t)$

limit, if this exists, of the ratio, of the conditional probability that the corrective maintenance action terminates in a time interval, $(t, t + \Delta t)$ and the duration of this time interval, Δt , when Δt tends to zero, given that the action had not terminated at the beginning of the time interval

[IEV 191-13-02]

3.24**repair time**

that part of active corrective maintenance time during which repair actions are performed on an item

[IEV 191-08-16]

3.25**required function**

function or a combination of functions of an item, which is considered necessary to provide a given service

[IEV 191-01-05]

3.26**(steady-state) availability**

the mean of the instantaneous availability under steady-state conditions over a given time interval

NOTE Under certain conditions, for instance constant failure rate and constant repair rate, the steady-state availability may be expressed by the ratio of the mean up time to the sum of the mean up time and mean down time. Under these conditions, asymptotic and steady state availability are identical and are often referred to as "availability".

[IEV 191-11-06]

3.27**stress model**

mathematical model used to describe the influence of relevant applied stresses on a reliability performance measure or any other property of an item

[IEV 191-16-10]

4 General information

Reliability prediction methods are used to determine the probability that in a certain time interval, an EUP will be in the operating state, will be out of service or will be in the maintenance process. Results of such prediction methods can also indicate the percentage of equipment in a given population operating correctly, failed or being repaired, and the mean length of these intervals.

Reliability prediction is a statistical process reaching into the future, and it is based on information known from the past. The result therefore is always a probability of certain variables. To perform reliability predictions, detailed system knowledge and component reliability data are necessary.

It is important to distinguish between repairable and non-repairable items because the variables characterizing them are quite different, although there is a relationship between these variables.

Dans un système non réparable, la durée de fonctionnement avant défaillance (TTF; en anglais *Time To Failure*) des composants du système détermine la durée d'utilisation, durant laquelle les appareils effectuent les fonctions requises avec une probabilité estimée.

Pour un système réparable, sa disponibilité en régime établi est l'élément le plus important, et la durée moyenne de réparation ou la maintenabilité deviennent également des variables importantes car le coût de maintenance et la fréquence des interruptions de fonctionnement sont liés.

Cette distinction doit aussi être faite car les exigences doivent s'appliquer à un ensemble adéquat de variables. Par exemple, il n'est pas possible de rédiger des exigences de disponibilité ou de réaliser un équipement conforme à ces exigences en s'attachant seulement à observer ou prédire la fiabilité seule, sans tenir compte de la maintenabilité, y compris en incluant la politique de maintenance de l'opérateur.

Avant de pouvoir réaliser toute prévision, les ASP doivent être modélisés. Un ASP est habituellement constitué de plusieurs sous-systèmes ou composants. Les composants sont les plus petits éléments qui forment le système. Les composants sont par définition non réparables, sinon ils sont considérés comme des sous-systèmes. Les méthodes de prévision pour les systèmes non réparables s'appliquent donc aussi aux composants. La prévision de fiabilité pour un système dépend de la fiabilité de ses composants, et les calculs de fiabilité du système utilisent les données de fiabilité des composants. Pour obtenir de bons résultats de prévision, la fiabilité des composants doit être connue aussi exactement que possible.

Il est également important de connaître les conditions opérationnelles des composants, car celles-ci influencent la fiabilité des composants. Certaines méthodes de prévision nécessitent également une connaissance structurelle du système.

Les prévisions sont valables seulement si:

- aucun événement imprévu ne se produit à l'intérieur ou à l'extérieur des ASP (par exemple l'ASP est endommagé);
- les caractéristiques de l'ASP ne changent pas, mis à part la cause du vieillissement;
- les conditions d'environnement sont constantes ou prévisibles;
- les conditions de fonctionnement (par exemple la tension de secteur) sont constantes ou prévisibles;
- les exigences détaillées de la performance de l'ASP ou les critères de panne existent;
- aucune défaillance de conception n'est présente.

Les critères ci-dessus constituent l'échelle unique par rapport à laquelle le fonctionnement correct des ASP peut être jugé.

Par conséquent, les résultats de prévision de fiabilité doivent toujours être présentés accompagnés des hypothèses et des conditions dans lesquelles la prévision a été faite. Voir également 6.6.

5 Méthodes d'analyse de fiabilité

Pour n'importe quel modèle de fiabilité, il est essentiel de réaliser une analyse de l'ASP afin de confirmer que le modèle choisi permet bien d'atteindre le résultat souhaité. Les techniques pour réaliser cette analyse sont décrites en Annexe B.

In a non-repairable system, the Time To Failure (TTF) of the system components determines the useful life, during which the equipment performs its required functions with an estimated probability.

For a repairable system, its steady-state availability is the most important, and the mean repair-time or maintainability also become important variables since the cost of maintenance and the frequency of functional interruptions depend on each other.

This distinction shall also be made because requirements must be set for the correct set of variables. For example, it is not possible to set or meet requirements for availability by observing or predicting only the reliability function, without considering maintainability, including the maintenance policy of the utility.

Before any prediction can be made, the EUP shall be modelled. An EUP usually consists of several subsystems or components. Components are the smallest units, which form the system. Components are defined to be non-repairable otherwise they are regarded as subsystems. Prediction methods for non-repairable systems are therefore also applicable to components. System reliability prediction depends on the reliability of the components, and system reliability calculations use component reliability data. To obtain good prediction results, the reliability of components must be known as exactly as possible.

It is also important to know the operating conditions of the components, as these have influence on the reliability of the components. Some prediction methods also require the structural knowledge of the system.

Predictions are only valid if:

- no unforeseen events in or outside the EUP occur (for example the EUP is damaged);
- the EUP does not change its characteristics except from ageing;
- environmental conditions are constant or predictable;
- functional conditions (e.g. mains voltage) are constant or predictable;
- detailed performance requirements or failure criteria of the EUP exist;
- no design failures are present.

The above criteria are the only scale by which the correct functioning of the EUP can be judged.

Therefore, reliability prediction results shall always be presented together with the assumptions and conditions for which the prediction was made. See also 6.6.

5 Reliability analysis methods

For any reliability model, it is essential to perform an analysis of the EUP to confirm that the model chosen is suitable to achieve the desired result. Techniques to make this analysis are outlined in Annex B.

Les méthodes d'analyse de fiabilité fournissent en général des informations sur la fiabilité d'un système à un instant particulier du présent ou pour un intervalle de temps du passé. Pour l'analyse et la prévision de fiabilité, les variables significatives, les caractéristiques et les paramètres sont pour la plupart les mêmes. De plus, l'analyse de fiabilité peut fournir, et il convient qu'elle fournisse des informations sur les causes des défaillances.

Si l'ASP est considéré comme réparable, les informations sur la réintroduction sur le terrain après la réparation (fin de l'intervalle de temps d'indisponibilité) doivent également être connues très précisément.

6 Prévision de fiabilité en utilisant la méthode de contrainte des composants

6.1 Vue d'ensemble

La méthode de contrainte des composants est utilisée pour prédire le taux de défaillance d'un système d'après le taux de défaillance de ses composants dans les conditions de fonctionnement rencontrées au cours de l'utilisation du système.

L'hypothèse de base est que la même importance est attribuée à tous les composants en ce qui concerne la fiabilité du système, c'est-à-dire que la défaillance de n'importe quel composant est supposée mener à la défaillance du système (modèle simple avec des composants en série). Cette hypothèse, bien sûr, n'est pas vraie dans de nombreux cas réels. Pour de tels cas, cette méthode peut donner des résultats très pessimistes.

De plus, tous les taux de défaillances sont par hypothèse constants pour l'intervalle de temps considéré, c'est-à-dire que l'hypothèse est faite d'une distribution exponentielle des défaillances. Au cours de la durée de fonctionnement d'un ASP, ceci est une approximation acceptable.

Les données suivantes sont nécessaires:

- le nombre de composants dans chaque catégorie de composant;
- le taux de défaillance de chaque composant dans des conditions de référence;
- les facteurs de contrainte et les modèles de conversion pour chaque composant;
- des informations sur la structure des circuits qui ne sont pas intrinsèquement connectés en série.

Le taux de défaillance du système est calculé en additionnant les taux de défaillance de chaque composant dans chaque catégorie dans leurs conditions de fonctionnement respectives.

La fonction inverse de ce taux de défaillance est la moyenne de temps de bon fonctionnement (MTBF), qui est le temps moyen entre deux défaillances. La fin de la vie utile est déterminée par ailleurs par l'usure des composants et ne peut pas être estimée en se basant sur le modèle exponentiel.

Si la redondance de moyens faisait partie de la conception, alors, du fait du nombre plus important de composants, la méthode de contrainte des composants aurait pour résultat une moins bonne fiabilité pour de meilleurs systèmes. Pour de tels cas, il est nécessaire de combiner la méthode de contrainte des composants avec d'autres méthodes d'analyse et de prévision de fiabilité. Les sous-systèmes redondants doivent être traités comme des éléments simples afin que le taux de défaillance résultant puisse être inclus dans le modèle des composants pour des connexions en série. Ce taux de défaillance peut être calculé par d'autres méthodes, par exemple par calcul de probabilité combinatoire (approche à plusieurs niveaux).

Reliability analysis methods usually provide information on system reliability at a particular instant of time at present or for a time interval in the past. For reliability analysis and prediction the relevant variables, characteristics, and parameters are mostly the same. Additionally, reliability analysis can and should provide information on the failure causes.

If the EUP is considered repairable, then information on the reintroduction into the field after repair (end of down time interval) will also be known precisely.

6 Reliability prediction using the parts stress method

6.1 Overview

The parts stress method is used for predicting the failure rate of a system based on the failure rate of its components under the operating conditions experienced during the use of the system.

The basic assumption is that equal importance is placed on all components concerning system reliability, i.e. failure of any component is assumed to lead to a system failure (simple series model). In many practical cases, this assumption is of course not true. In such cases, this method may lead to pessimistic results.

Additionally, all failure rates are assumed to be constant for the time period considered, i.e. an exponential failure distribution is assumed. During the operating life of an EUP this is an acceptable approximation.

The following data are needed:

- the number of components in each component category;
- failure rate of each component under reference conditions;
- stress factors and conversion models for each component;
- structural information for the circuits, which are not intrinsically series connected.

The failure rate of the system is calculated by totalling the failure rate of each component in each category under their respective operating conditions.

The inverse function of this failure rate is the MTBF, which is the average time between two failures. The end of the useful life on the other hand is determined by the wear out of the components and cannot be estimated based on the exponential model.

If redundancy were built in, then due to the higher number of components, the parts stress method would indicate lower reliability for better systems. In such cases, it is necessary to combine the parts stress method with other reliability prediction and analysis methods. Redundant subsystems shall be treated as single elements in order that the resulting failure rate can be included in the series connected parts model. This failure rate can be calculated by other methods, for example combinatorial probability computation (multi-level approach).

6.2 Valeur du taux de défaillance d'un composant

La valeur du taux de défaillance d'un composant peut être obtenue par des manuels appropriés (voir Bibliographie). L'avantage lié à l'utilisation de données issues de manuels réside dans le fait que les conceptions de systèmes provenant de différents fabricants peuvent être facilement comparées. Cependant, les données fournies par les fournisseurs de composants et les données sur les entités et les composants obtenues à partir des retours du terrain peuvent fournir des résultats plus précis, et par conséquent l'utilisation de telles données est préférentielle. Pour les composants non compris dans la base de données choisie, les données ne peuvent être obtenues que par le fournisseur d'entités ou des retours du terrain provenant de conceptions précédentes.

La CEI 61709 fournit des lignes directrices sur l'utilisation de la valeur du taux de défaillance pour la prévision de la fiabilité des composants dans les équipements électroniques. Elle présente les conditions de référence et les modèles de contraintes génériques ainsi que spécifiques à une catégorie de composant pour convertir le taux de défaillance dans les conditions de référence en taux de défaillance dans les conditions opérationnelles.

6.3 Modèles de contraintes

Les composants peuvent ne pas toujours fonctionner dans les conditions de référence. Dans de tels cas, les conditions opérationnelles entraîneront des taux de défaillance différents de ceux donnés pour les conditions de référence. Par conséquent, les modèles pour les facteurs de contrainte par lesquels les taux de défaillance dans les conditions de référence peuvent être convertis en des valeurs s'appliquant aux conditions de fonctionnement (température ambiante réelle et contrainte électrique réelle sur les composants) peuvent être requis.

L'Article 7 de la CEI 61709 inclut les modèles de contraintes spécifiques et les valeurs pour les catégories de composants et il convient qu'il soit utilisé pour convertir les taux de défaillance de référence en taux de défaillance opérationnels sur le terrain. Cependant, si des modèles qui sont plus spécifiques sont applicables à des types de composants particuliers, il convient alors d'utiliser ces modèles et d'indiquer leur utilisation.

La conversion des taux de défaillance n'est possible que dans les limites fonctionnelles spécifiées des composants.

L'équation générale pour calculer le taux de défaillance dans les conditions de fonctionnement est la suivante:

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_U \times \pi_I \times \pi_T$$

où

λ_{ref} est le taux de défaillance dans les conditions de référence;

π_U est le facteur de dépendance de la tension;

π_I est le facteur de dépendance du courant;

π_T est le facteur de dépendance de la température.

Pour certaines catégories de composants, tous les facteurs π énumérés ci-dessus ne sont pas utilisés ou des facteurs π différents s'appliquent. Exemples:

π_D est le facteur de sensibilité de dérive, utilisé avec certains composants à semiconducteurs dans les circuits sensibles à la dérive;

π_{ES} est le facteur de dépendance de contrainte électrique, par exemple avec les relais et les interrupteurs (également connu sous le nom de facteur de dépendance de charge, π_L);

6.2 Component failure rate data

Component failure rate data may be obtained from appropriate handbooks (see Bibliography). The advantage of using handbook data is that system designs from different manufacturers can be readily compared. However, data provided by component suppliers and data on items and components obtained from field feedback may provide results that are more accurate hence use of such data is preferred. For components not included in the database chosen, data may only be obtained from the item supplier or field feedback from previous designs.

IEC 61709 provides guidance on the use of failure rate data for predicting the reliability of components in electronic equipment. It presents reference conditions and generic and component category specific stress models for converting failure rates under reference conditions to failure rates under operating conditions.

6.3 Stress models

Components may not always operate under the reference conditions. In such cases, operational conditions will result in failure rates different from those given for reference conditions. Therefore, models for stress factors by which failure rates under reference conditions can be converted to values applying for operating conditions (actual ambient temperature and actual electrical stress on the components) may be required.

Clause 7 of IEC 61709 includes specific stress models and values for component categories and should be used for converting reference failure rates to field operational failure rates. However, if models that are more specific are applicable for particular component types then these models should be used and their usage noted.

The conversion of failure rates is only possible within specified functional limits of the components.

The general equation for calculating the failure rate under operating conditions is:

$$\lambda = \lambda_{\text{ref}} \times \pi_U \times \pi_I \times \pi_T$$

where

λ_{ref} is the failure rate under reference conditions;

π_U is the voltage dependence factor;

π_I is the current dependence factor;

π_T is the temperature dependence factor.

For certain component categories, not all the π factors listed above are used or different π factors apply. Some examples are:

π_D is the drift sensitivity factor, used with certain semiconductor components in drift sensitive circuits;

π_{ES} is the electrical stress dependence factor, for example with relays and switches (also known as load dependence factor, π_L);

- π_E est le facteur de dépendance d'environnement, applicable par exemple aux relais et aux interrupteurs;
- π_W est le facteur de modèle de contraintes, applicable aux composants non soumis à des contraintes de façon continue, par exemple avec les relais.

Pour chaque catégorie de composants, la CEI 61709 contient les équations appropriées pour le calcul du taux de défaillance dans les conditions de fonctionnement et pour le calcul des facteurs π correspondants.

Les bases de données contiennent les taux de défaillance aux conditions de référence et les équations et les constantes pour le calcul de la défaillance dans les conditions de fonctionnement.

NOTE La CEI 61709 n'inclut pas les facteurs π pour prendre en compte l'effet de l'humidité, de la pression et les contraintes mécaniques. L'effet de telles conditions peut être évalué en utilisant des méthodes d'essais accélérés et des modèles de dommages appropriés. Pour des informations plus détaillées, voir la CEI 62308, Annexe B.

Les valeurs « typiques » des taux de défaillance de référence et des constantes utilisées dans les équations pour calculer les facteurs π sont les moyennes des valeurs typiques des composants spécifiées par les différents fabricants à partir des spécifications et des résultats d'essais. Ces valeurs peuvent être fiables mais, dans certains cas, les valeurs ne sont pas spécifiées ou ne sont pas obtenues directement à partir de données du terrain. Par conséquent, la prévision du taux de défaillance est souvent différente des données d'exploitation et il est toujours conseillé d'utiliser les données du terrain dès lors que cela est possible. En introduisant un facteur π_{FD} supplémentaire, il est possible d'étalonner les prévisions utilisant des données relevées sur le terrain. Voir aussi B.2.5.

De plus, certains composants, comme les piles et les composants LCD, sont difficiles à modéliser et il peut être nécessaire pour les fabricants de fournir des données séparées sur la fiabilité et l'espérance de vie lorsque ces composants sont utilisés dans certaines conditions opérationnelles.

6.4 Prévision du taux de défaillance utilisant la méthode de contrainte des composants

Comme indiqué en 6.1, dans l'hypothèse d'un modèle simple de systèmes en série et avec un taux de défaillance constant, le taux de défaillance du système est la somme des taux de défaillance de ses composants, c'est-à-dire:

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n$$

La fiabilité d'un ASP peut donc être prédite à partir du taux de défaillance de ses composants.

6.5 Etapes du processus de prévision du taux de défaillance

Le processus de prévision du taux de défaillance est constitué des étapes suivantes:

- identifier l'ASP et les fonctions à couvrir par la prévision;
- définir les défaillances;
- spécifier les conditions de fonctionnement de l'ASP, selon lesquelles les conditions de fonctionnement de chaque composant peuvent être déterminées. Celles-ci doivent inclure la tension à travers les circuits de tension, la tension d'alimentation si elle est différente, le courant de charge dans les circuits de courant, la température ambiante et toute autre condition pertinente;
- analyser la structure de l'appareil pour examiner les redondances;
- déterminer le modèle de contraintes pour chaque composant;

- π_E is the environment dependence factor, relevant, for example for relays and switches;
- π_W is the stress profile factor, relevant for components not continually stressed, for example with relays.

For each component category, IEC 61709 contains the appropriate equations for the calculation of the failure rate under operating conditions and for the calculation of the relevant π -factors.

The databases contain the failure rates at reference conditions and the equations and constants for calculating the failure under operating conditions.

NOTE IEC 61709 does not include π factors for taking into account the effect of humidity, pressure and mechanical stress. The effect of such conditions may be evaluated using accelerated test methods and appropriate damage models. For more information, see IEC 62308, Annex B.

The “typical” values of the reference failure rates and the constants used in the equations to calculate the π factors are the average of typical component values specified by various manufacturers specifications and test results. These data can be quite reliable, but in some cases, the data are not specified or not obtained directly from field data. Consequently, failure rate predictions often differ from field data and it is always advisable to use field data wherever possible. By introducing an extra π_{FD} factor, it is possible to calibrate the prediction using data collected from the field. See also B.2.5.

Furthermore, certain components, like batteries and LCDs are difficult to model and it may be necessary for the manufacturer to provide separate information about reliability and expected lifetime when such components are used in certain operating conditions.

6.4 Failure rate prediction using the parts stress method

As outlined in 6.1, assuming a simple series system model and constant failure rates, the system failure rate is the sum of the failure rates of its components i.e.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n$$

The reliability of the EUP can therefore be predicted from the failure rate of its components.

6.5 Phases of the failure rate prediction process

The failure rate prediction process consists of the following phases:

- identify EUP and functions to be covered by prediction;
- define failures;
- specify the operating conditions of the EUP, based on which the operating conditions of each component can be determined. These shall include the voltage across the voltage circuits, supply voltage if different, load current in the current circuits, ambient temperature and any other relevant conditions;
- analyse equipment structure for redundancy;
- determine stress profile for each component;

- choisir le taux de défaillance de référence pour chaque composant à partir de la base de données ou de toute autre source pertinente;
- calculer le taux de défaillance pour chaque composant en utilisant les facteurs de contraintes appropriés;
- additionner les taux de défaillance des composants.

NOTE Le calcul peut être effectué par un logiciel disponible dans le commerce.

6.6 Présentation des résultats

Lorsque des prévisions de fiabilité utilisant la présente norme sont données, les informations suivantes, doivent au minimum être fournies:

- le but de la prévision, par exemple décisions commerciales, décisions relatives à l'architecture du système, décisions relatives à la conception des appareils;
- l'objet de la prévision (ASP);
- les fonctions de l'ASP couvertes et toutes les fonctions qui sont exclues de la prévision doivent être énumérées avec les raisons de leur exclusion;
- l'indication du fait que la prévision est basée sur le modèle et la méthode de fiabilité présentées dans la CEI 61709 et dans la CEI 62059-41 (la présente norme);
- l'indication du fait que la prévision s'applique pour un intervalle où le taux de défaillance est constant;
- les définitions des défaillances: défaillances au sens de la CEI 62059-21;
- les conditions d'environnement et de fonctionnement pour lesquelles la prévision est réalisée;
- les caractéristiques assignées et facteurs π supposés;
- la source des valeurs des taux de défaillance des composants, (voir Bibliographie, Siemens Norm 29500). Si des sources de données autres que les manuels sont utilisées, les sources et la justification de leur utilisation doivent être présentées;
- le résultat de la prévision: taux de défaillance en %/an.

7 Autres considérations sur la sûreté de fonctionnement

La prévision du taux de défaillance peut également être utilisée pour les calculs d'autres indicateurs de fiabilité. La fiabilité d'un système R peut être exprimée mathématiquement par:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

où

$e = 2,71828...$

t = intervalle de temps

λ = taux de défaillance

La fiabilité peut être exprimée également en termes de nombre cumulé de défaillances $F(t)$ pendant un intervalle de temps spécifié t :

$$F(t) = 1 - R(t)$$

Comme indiqué dans la CEI 62059-11, en Annexe A, il existe une relation entre les chiffres de fiabilité et de disponibilité par l'intermédiaire du temps maximal entre l'occurrence et la découverte d'une défaillance.

- select reference failure rate for each component from the database or other relevant source;
- calculate failure rate for each component using the relevant stress factors;
- sum up the component failure rates.

NOTE The calculation can be performed by commercially available software.

6.6 Presentation of results

When reporting reliability predictions according to this standard, at least the following information shall be provided:

- purpose of the prediction, like business decisions, system architecture decisions, equipment design decisions;
- object of prediction (EUP);
- EUP functions covered and any functions that are excluded from the prediction shall be listed together with the reasons for their exclusion.
- a statement that the prediction is based on the reliability model and method presented in IEC 61709 and IEC 62059-41 (this standard);
- a statement that the prediction applies for the constant failure rate interval;
- failure definitions: relevant failures according to IEC 62059-21;
- environmental and operating conditions for which the prediction is made;
- ratings and π factors assumed;
- component failure rate data source, (see Bibliography, Siemens Norm 29500). If data sources other than handbooks are used, the sources and the justification of using them shall be presented;
- prediction result: failure rate in %/year.

7 Other dependability considerations

The predicted failure rate can also be used for the calculation of other reliability functions. The system reliability R can be mathematically expressed as:

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

where

$e = 2,71828$;

t is the time period;

λ is the failure rate.

Reliability can be expressed also in terms of cumulative number of failures $F(t)$ during a specified time period t :

$$F(t) = 1 - R(t)$$

As shown in IEC 62059-11, Annex A, there is a relationship between the reliability and availability figures through the maximum time between the occurrence and the discovery of the failure.

Pour garantir un niveau de service approprié, l'exigence principale est faite sur la disponibilité (A; en anglais *Availability*) des appareils de comptage fonctionnant dans l'installation du client.

A partir de la valeur de disponibilité requise, figure (A), la fiabilité nécessaire des appareils de comptage (λ ou MTBF) peut être calculée en prenant en compte la politique de maintenance de l'opérateur du parc de compteurs, par exemple la recherche de panne sur la lecture de compteur une fois par an, chaque mois, etc. Par ailleurs, si les chiffres de fiabilité pour un type d'appareil de comptage donné sont connus, la politique de maintenance peut être conçue en fonction des exigences de disponibilité.

Si la performance sur le terrain des appareils de comptage est différente du taux de défaillance prédit, alors la disponibilité requise peut être maintenue en adaptant la politique de maintenance.

8 Durée de vie des composants dégradables

Afin de valider la fin de la période de taux constant de défaillance, l'espérance de vie pour les composants à durée de vie limitée doit être estimée. Les composants qui ont une durée de vie limitée (usure) sont généralement (voir CEI 62380):

- les soudures (cycles de vibrations et thermiques);
- les transistors de puissance (cycles à la température de jonction);
- les optocoupleurs, les DEL, les diodes laser;
- les condensateurs à électrolite non solide;
- les relais, les relais Reed, les relais thermiques;
- les interrupteurs, les connecteurs;
- les varistances
- les piles.

Il convient d'utiliser les données provenant des fournisseurs de composants ou d'un retour de champ. La CEI 62380 comporte également des équations pour prévoir l'espérance de vie des composants à durée de vie limitée.

To ensure an appropriate level of service, the main requirement is set for the Availability (A) of the metering equipment operating at the customer's premises.

From the required availability figure (A), the necessary reliability of the metering equipment (λ or MTBF) can be calculated taking into account the maintenance policy of the operator of the meter park, for example discovering a fault at yearly, monthly meter reading, etc. On the other hand, if the reliability figure for a given metering equipment type is known, then the maintenance policy can be tailored to the availability requirements.

If the field performance of the metering equipment is different from the failure rate predicted, then the required availability can be maintained by adapting the maintenance process.

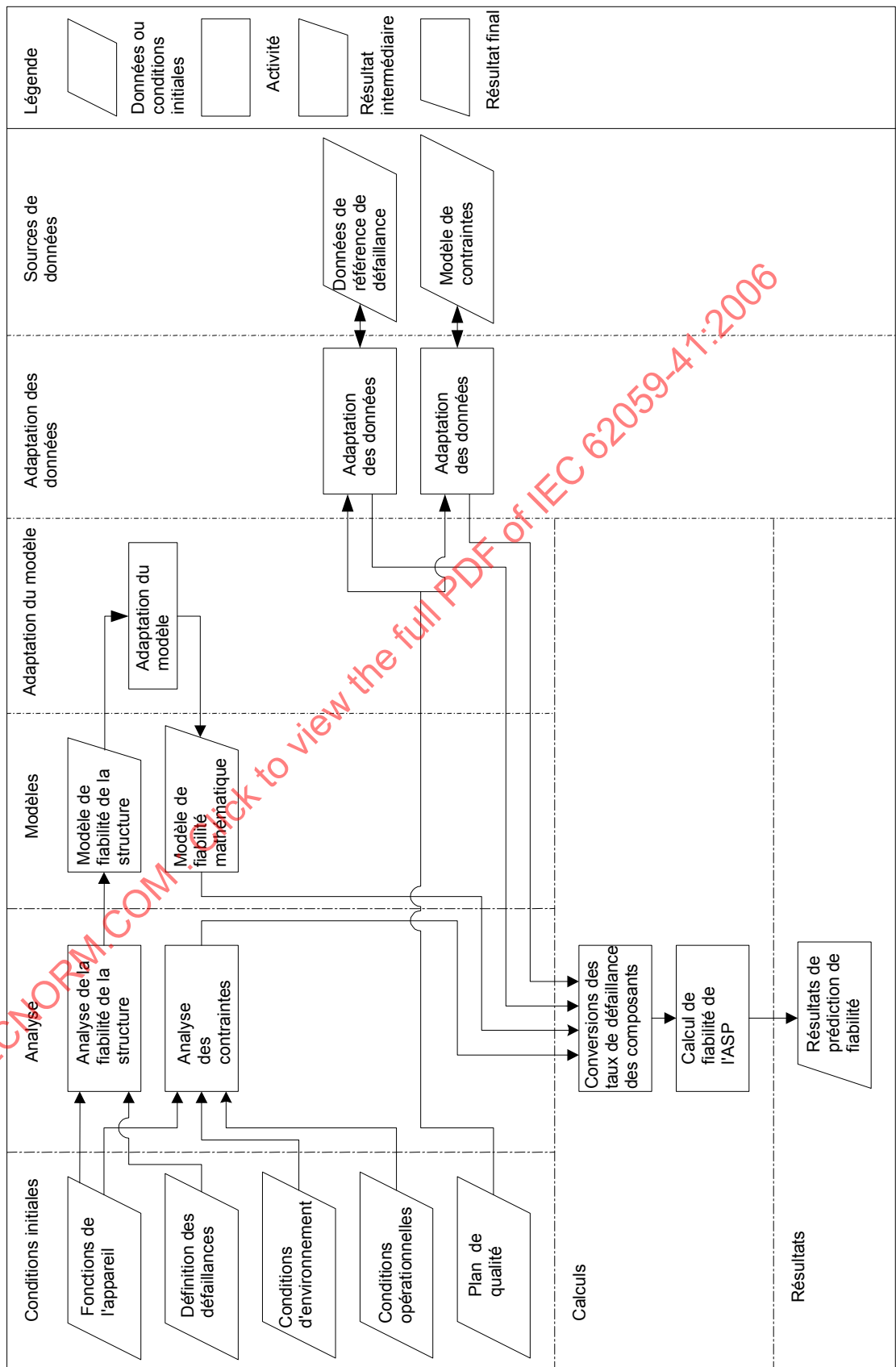
8 Life time of life limited components

In order to validate the end of the constant failure rate period, the life expectancy for life limited components shall be estimated. Components that have limited life (wear out) are typically (see IEC 62380):

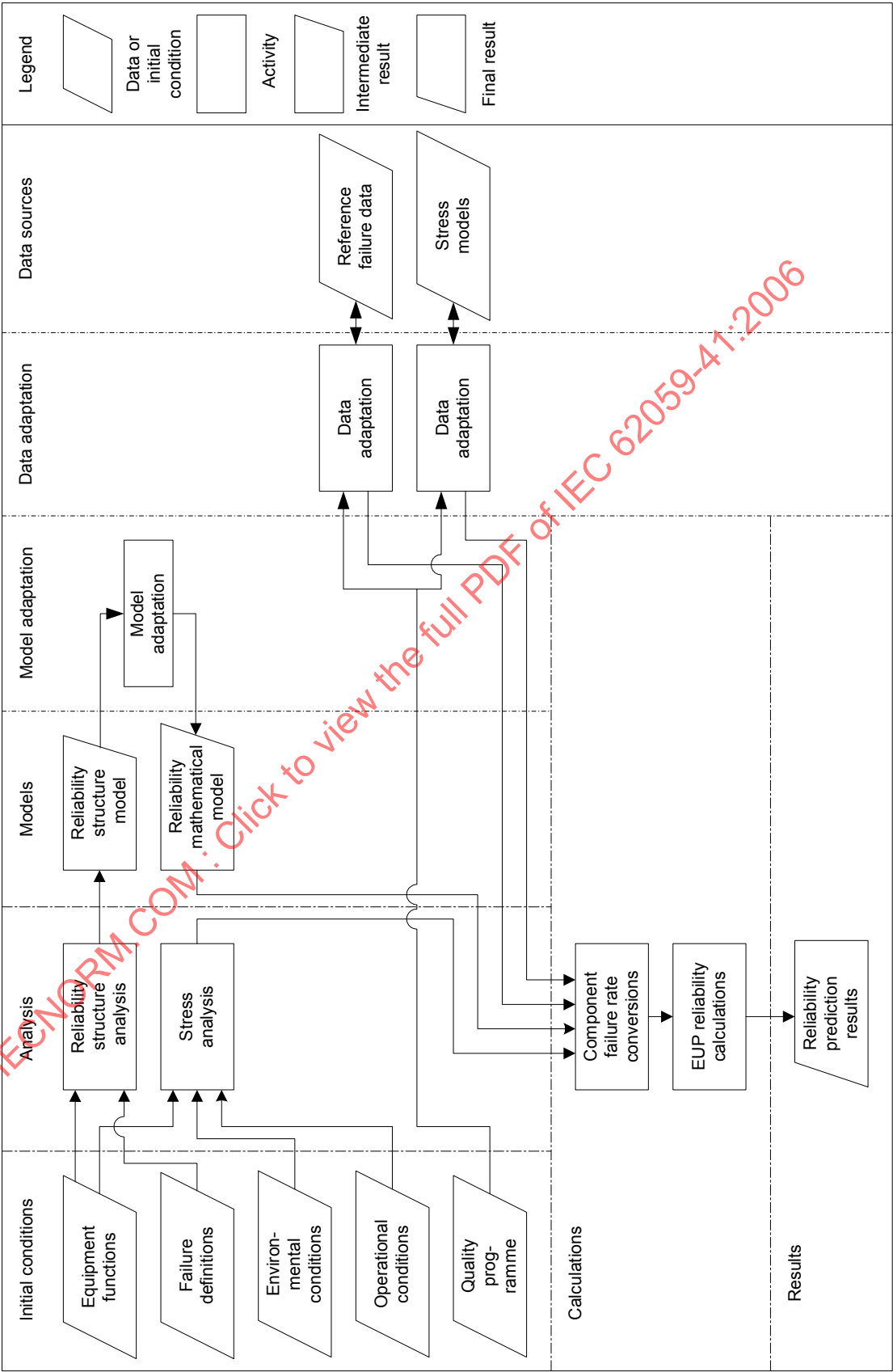
- solderings (vibration and thermal cycles);
- power transistors (cycles at junction temperature);
- optocouplers, LED's, laser diodes;
- non-solid electrolytic capacitors;
- relays, reed relays, thermal relays;
- switches, connectors;
- varistors, and
- batteries.

Data from component suppliers or from field feed back should be used. IEC 62380 also contains equations to predict life expectancy for life limited components.

Annexe A (normative) Prévision de fiabilité – Diagramme de la procédure



Annex A
(normative)
Reliability prediction – Procedural flow



Annexe B (informative)

Aperçu des autres méthodes d'analyse et de prévision de la fiabilité

B.1 Méthodes d'analyse de fiabilité

B.1.1 Techniques en réseau

Le modèle sous-jacent est une condition de Boole à deux états seulement (en fonctionnement/ en panne) pour tous les composants ainsi que pour les systèmes. C'est dans la plupart des cas une simplification grossière, mais l'analyse de systèmes de grande taille peut ainsi se faire avec des capacités de calcul très simples. Les résultats sont le cas le plus défavorable, c'est-à-dire qu'il ne reste aucun risque caché. De nombreux progiciels sont disponibles pour mettre en œuvre ces méthodes.

Pour calculer la fiabilité d'un système, les techniques suivantes peuvent être utilisées:

- règles combinatoires pour les états des composants;
- systèmes logiques simples en série ou en parallèle, calculs simples de fiabilité comme ci-dessus;
- schémas de principe de fiabilité: décomposition du système en blocs séparés de fiabilité (et non en blocs fonctionnels) qui sont statistiquement indépendants les uns des autres, et calcul de la fiabilité d'un système. Pour des systèmes de grande taille, complexes ou maillés, cette méthode devient trop fastidieuse, par conséquent une estimation de l'intervalle de fiabilité d'un système peut être obtenue en utilisant des groupes de coupures et des groupes de liaison:
 - Groupes de liaison minimum: recherche de tous les sous-ensembles minimaux qui relient les entrées et les sorties de façon à ce que le système fonctionne correctement. La limite haute sur la fiabilité d'un système est alors donnée par:

$$R_{s\text{-supérieure}} = \sum_{j=1}^T \prod_{k=1}^{n_j} R_k$$

où T est le nombre d'ensembles de liens, n_j est le nombre de blocs dans le $j^{\text{ème}}$ ensemble de liens et R_k est la fiabilité du $k^{\text{ème}}$ bloc.

- Ensembles de coupes minimales: recherche de tous les sous-ensembles minimaux qui coupent tous les liens (chemins) entre les entrées et les sorties de façon que le système tombe en panne. La borne inférieure sur la fiabilité d'un système est alors donnée par:

$$R_{s\text{-inférieure}} = 1 - \sum_{j=1}^C \prod_{k=1}^{n_j} (1 - R_k)$$

où C est le nombre d'ensembles de coupes, n_j est le nombre de blocs dans le $j^{\text{ème}}$ ensemble de coupe et R_k est la fiabilité du $k^{\text{ème}}$ bloc.

NOTE Pour des blocs à fiabilité élevée, $R_s \rightarrow R_{s\text{-inférieure}}$, alors que "par calcul" $R_{s\text{-supérieure}} > 1$, c'est-à-dire $R_{s\text{-supérieure}} = 1$. Pour des blocs à fiabilité basse, $R_s \rightarrow R_{s\text{-supérieure}}$, alors que "par calcul" $R_{s\text{-inférieure}} < 0$, c'est-à-dire $R_{s\text{-inférieure}} = 0$.

Annex B (informative)

Overview of other reliability analysis and prediction methods

B.1 Reliability analysis methods

B.1.1 Network techniques

The underlying model is a Boole's condition of only two states (operating/failed) for all components as well as for the system. This is in many cases a coarse simplification, but it needs only very simple mathematical skills to analyse large systems. Results are worst-case, i.e. no hidden risks remain. Many software packages exist for these methods.

In order to calculate system reliability, the following techniques can be used:

- combinatorial rules for components states;
- simple logical series/parallel systems: basic reliability calculation as above;
- reliability block diagrams: decompose the system into separate reliability blocks (not functions) that are statistically independent from one another, and calculate the system reliability. For large, complex or meshed systems this method becomes too laborious, hence an interval estimate of system reliability may be obtained using cut and tie sets:
 - min-tie (path) sets: find all the minimum subsets that tie together the inputs and outputs to make the system function. Then the upper bound on system reliability is

$$\text{given by: } R_{s-\text{upper}} = \sum_{j=1}^T \prod_{k=1}^{n_j} R_k$$

where T is the number of tie sets, n_j is the number of blocks in the j^{th} tie set and R_k is the reliability of the k^{th} block.

- min-cut sets: find all the minimum subsets that cut all ties (paths) between the inputs and the outputs to make the system fail. Then the lower bound on system reliability is given by

$$R_{s-\text{lower}} = 1 - \sum_{j=1}^C \prod_{k=1}^{n_j} (1 - R_k)$$

where C is the number of cut sets, n_j is the number of blocks in the j^{th} cut set and R_k is the reliability of the k^{th} block.

NOTE For high block reliabilities, $R_s \rightarrow R_{s-\text{lower}}$ whilst "calculated" $R_{s-\text{upper}} > 1$, i.e. $R_{s-\text{upper}} = 1$. For low block reliabilities, $R_s \rightarrow R_{s-\text{upper}}$ whilst "calculated" $R_{s-\text{lower}} < 0$, i.e. $R_{s-\text{lower}} = 0$.

B.1.2 Techniques d'espace d'état

Le modèle sous-jacent est le processus de Markov. L'hypothèse de base est un modèle à deux états (binaire) pour tous les composants, mais un vecteur d'espace état, dont les éléments sont tous les états des composants, est utilisé dans la caractérisation du système. Etant donné que le résultat obtenu est 2^n états possibles pour le système à partir de n composants, cette caractérisation du système est, dans de nombreux cas pratiques, beaucoup trop détaillée.

Pour une approche de l'analyse de fiabilité basée sur le modèle de Markov, les connaissances suivantes sont nécessaires:

- nombre et états de tous les composants;
- degré d'indépendance de tous les composants les uns par rapport aux autres;
- degré d'indépendance par rapport à des états précédents (est-ce un processus de Markov ?);
- (très important) taux de transition entre les états, en général constant et indépendant du temps (au moins en partie);
- classification de chaque état et son influence sur le système.

Cette approche a pour résultat une description complète du comportement du système dans le futur. C'est la méthode la plus courante pour calculer les variables de fiabilité des systèmes réparables. Les éléments de la matrice doivent demeurer constants pendant un intervalle de temps.

Sans informations détaillées sur les taux de transition entre tous les états, la matrice du système, qui est l'élément clé du système d'équations différentielles, ne peut être calculée, c'est-à-dire qu'aucun calcul n'est possible et qu'aucun résultat ne peut être obtenu. Il est essentiel que chacun des éléments de la matrice soit estimé.

B.1.3 Essais

De la même façon que dans un calcul de probabilité, il est également possible d'évaluer les variables de fiabilité à l'aide d'essais sur des échantillons. Les normes de base pour les essais sont la CEI 60300-3-5 et la CEI 60605-2.

Obtenir confirmation de certains paramètres peut prendre du temps si l'équipement est conçu pour avoir une fiabilité élevée (faible taux de défaillance), parce que la défaillance peut survenir seulement après un temps d'essai assez long. Par conséquent, il faut utiliser des essais accélérés.

Afin d'identifier les points faibles et les modes de défaillance dans la conception, un essai sous contrainte échelonnée (essai de durée de vie fortement accéléré) peut être utilisé.

B.2 Méthodes de prévision et de modélisation de fiabilité

B.2.1 Vue d'ensemble

La prévision et la modélisation de fiabilité sont des méthodes pour évaluer de façon quantitative la fiabilité d'un système à la fois durant la phase de conception et durant l'utilisation en conditions réelles. Au cours de la conception et du développement, la prévision sert de guide pour évaluer les alternatives de conception. Pendant l'utilisation en conditions réelles, la prévision est utile pour l'identification des entités susceptibles de tomber en panne pendant un intervalle de temps donné, permettant ainsi une estimation des exigences de l'entretien nécessaire sur le terrain.