

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61703

Première édition
First edition
2001-09

**Expressions mathématiques pour les termes
de fiabilité, de disponibilité, de maintenabilité
et de logistique de maintenance**

**Mathematical expressions for reliability,
availability, maintainability and
maintenance support terms**

© IEC 2001 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://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

AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
3 Définitions	12
4 Glossaire des symboles et abréviations	14
4.1 Entités non réparées	14
4.2 Entités réparées à temps de panne nul	16
4.3 Entités réparées à temps de panne non nul	18
5 Hypothèses	24
5.1 Remarques générales	24
5.2 Hypothèses pour entités non réparées	24
5.3 Hypothèses pour entités réparées	26
6 Expressions mathématiques	32
6.1 Entités non réparées	32
6.1.1 Présentation	32
6.1.2 Fiabilité [191-12-01]	32
6.1.3 Taux instantané de défaillance [191-12-02]	34
6.1.4 Taux moyen de défaillance [191-12-03]	36
6.1.5 Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance [191-12-07] MTTF (abréviation)	38
6.2 Entités réparées à temps de panne nul	40
6.2.1 Présentation	40
6.2.2 Fiabilité [191-12-01]	40
6.2.3 Intensité instantanée de défaillance [191-12-04]	42
6.2.4 Intensité moyenne de défaillance [191-12-05]	44
6.2.5 Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance [191-12-07] MTTF (abréviation)	46
6.2.6 Temps moyen entre défaillances [191-12-08]	46
6.2.7 Moyenne des temps de bon fonctionnement [191-12-09] MTBF (abréviation)	48
6.2.8 Temps moyen de disponibilité [191-11-11] TMD (abréviation)	48
6.3 Entités réparées à temps de panne non nul	48
6.3.1 Présentation	48
6.3.2 Fiabilité [191-12-01]	50
6.3.3 Intensité instantanée de défaillance [191-12-04]	52
6.3.4 Intensité moyenne de défaillance [191-12-05]	58
6.3.5 Durée moyenne de fonctionnement avant défaillance [191-12-07] MTTF (abréviation)	60
6.3.6 Temps moyen entre défaillances [191-12-08]	62
6.3.7 Moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF (abréviation) [191-12-09] ...	62
6.3.8 Disponibilité instantanée [191-11-01]	64
6.3.9 Indisponibilité instantanée [191-11-02]	66

CONTENTS

FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 Glossary of symbols and abbreviations	15
4.1 Non-repaired items	15
4.2 Repaired items with zero time to restoration	17
4.3 Repaired items with non-zero time to restoration	19
5 Assumptions	25
5.1 General remarks	25
5.2 Assumptions for non-repaired items	25
5.3 Assumptions for repaired items	27
6 Mathematical expressions	33
6.1 Non-repaired items	33
6.1.1 Presentation	33
6.1.2 Reliability [191-12-01]	33
6.1.3 Instantaneous failure rate [191-12-02]	35
6.1.4 Mean failure rate [191-12-03]	37
6.1.5 Mean time to failure [191-12-07]	39
6.2 Repaired items with zero time to restoration	41
6.2.1 Presentation	41
6.2.2 Reliability [191-12-01]	41
6.2.3 Instantaneous failure intensity [191-12-04]	43
6.2.4 Mean failure intensity [191-12-05]	45
6.2.5 Mean time to failure [191-12-07]	47
6.2.6 Mean time between failures [191-12-08]	47
6.2.7 Mean operating time between failures [191-12-09]	49
6.2.8 Mean up time [191-11-11]	49
6.3 Repaired items with non-zero time to restoration	49
6.3.1 Presentation	49
6.3.2 Reliability [191-12-01]	51
6.3.3 Instantaneous failure intensity [191-12-04]	53
6.3.4 Mean failure intensity [191-12-05]	59
6.3.5 Mean time to failure [191-12-07]	61
6.3.6 Mean time between failures [191-12-08]	63
6.3.7 Mean operating time between failures [191-12-09]	63
6.3.8 Instantaneous availability [191-11-01]	65
6.3.9 Instantaneous unavailability [191-11-02]	67

6.3.10 Disponibilité moyenne [191-11-03]	68
6.3.11 Indisponibilité moyenne [191-11-04].....	70
6.3.12 Disponibilité asymptotique [191-11-05].....	72
6.3.13 Indisponibilité asymptotique [191-11-07]	74
6.3.14 Temps moyen de disponibilité [191-11-11] TMD (abréviation)	74
6.3.15 Temps moyen d'indisponibilité [191-11-12] TMI (abréviation)	76
6.3.16 Maintenabilité [191-13-01].....	78
6.3.17 Taux moyen de réparation [191-13-03].....	80
6.3.18 Durée moyenne de réparation [191-13-05] MRT (abréviation)	82
6.3.19 Durée moyenne de maintenance corrective active [191-13-07] MACMT (abréviation)	84
6.3.20 Durée moyenne de panne [191-13-08] MTTR (abréviation)	86
6.3.21 Durée moyenne du délai administratif [191-13-11] MAD (abréviation)	88
6.3.22 Durée moyenne du délai logistique [191-13-13] MLD (abréviation)	88
Annexe A (informative) Aptitudes et descripteurs	92
Annexe B (informative) Résumé des caractéristiques liées à la durée de fonctionnement avant défaillance	94
Annexe C (informative) Comparaison de quelques caractéristiques de sûreté de fonctionnement pour des entités à fonctionnement continu	98
Annexe D (informative) Sûreté de fonctionnement du logiciel	100
Bibliographie	102
Figure 1 – Exemple représentatif d'entité non réparée.....	26
Figure 2 – Exemple représentatif d'entité réparée à temps de panne nul	28
Figure 3 – Exemple représentatif d'entité réparée à temps de panne non nul	30
Figure 4 – Comparaison d'un temps de disponibilité pour une EFC et une EFI	32
Figure A.1 – Aptitudes et descripteurs.....	92
Tableau B.1 – Relations entre les caractéristiques fonctionnelles de la durée de fonctionnement avant défaillance pour une entité à fonctionnement continu	94
Tableau B.2 – Résumé des caractéristiques pour quelques lois de probabilité de la durée de fonctionnement avant défaillance de fonction d'une entité en fonctionnement continu	96
Tableau C.1 – Comparaison de quelques caractéristiques de sûreté de fonctionnement pour des entités à fonctionnement continu ayant un taux de défaillance λ et un taux de rétablissement μ_R constants	98

6.3.10 Mean availability [191-11-03]	69
6.3.11 Mean unavailability [191-11-04]	71
6.3.12 Asymptotic availability [191-11-05]	73
6.3.13 Asymptotic unavailability [191-11-07]	75
6.3.14 Mean up time [191-11-11]	75
6.3.15 Mean down time [191-11-12]	77
6.3.16 Maintainability [191-13-01]	79
6.3.17 Mean repair rate [191-13-03]	81
6.3.18 Mean repair time [191-13-05]	83
6.3.19 Mean active corrective maintenance time [191-13-07]	85
6.3.20 Mean time to restoration [191-13-08]	87
6.3.21 Mean administrative delay [191-13-11]	89
6.3.22 Mean logistic delay [191-13-13]	89
Annex A (informative) Performance aspects and descriptors	93
Annex B (informative) Summary of measures related to time to failure	95
Annex C (informative) Comparison of some dependability measures for continuously operating items	99
Annex D (informative) Software dependability aspects	101
Bibliography	103
Figure 1 – Sample realization of a non-repaired item	27
Figure 2 – Sample realization of a repaired item with zero time to restoration	29
Figure 3 – Sample realization of a repaired item with non-zero time to restoration	31
Figure 4 – Comparison of an up time for a COI and an IOI	33
Figure A.1 – Performance aspects and descriptors	93
Table B.1 – Relations among functional measures of time to failure of continuously operating items	95
Table B.2 – Summary of measures for some probability distributions of time to failure of continuously operating items	97
Table C.1 – Comparison of some dependability measures of continuously operating items with constant failure rate λ and restoration rate μ_R	99

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EXPRESSIONS MATHÉMATIQUES POUR LES TERMES DE FIABILITÉ, DE DISPONIBILITÉ, DE MAINTENABILITÉ ET DE LOGISTIQUE DE MAINTENANCE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 61703 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
56/747/FDIS	56/771/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 3.

Les annexes A, B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MATHEMATICAL EXPRESSIONS FOR RELIABILITY,
AVAILABILITY, MAINTAINABILITY AND
MAINTENANCE SUPPORT TERMS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61703 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

FDIS	Report on voting
56/747/FDIS	56/771/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 3.

Annexes A, B, C and D are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

La partie 1 de la CEI 60050-191 fournit des définitions de la sûreté de fonctionnement et des facteurs qui la conditionnent, la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la logistique de maintenance, ainsi que des définitions de nombreux autres termes couramment employés dans ce domaine. Certains de ces termes désignent des caractéristiques particulières liées aux différentes aptitudes, qui peuvent être exprimées mathématiquement.

La présente norme, utilisée conjointement avec la CEI 60050-191, fournit des conseils pratiques essentiels pour l'expression quantitative de ces caractéristiques liées aux aptitudes. Pour les utilisateurs qui ont besoin d'informations complémentaires, par exemple sur le détail des méthodes statistiques, il convient de se reporter aux normes de la série CEI 60605.

L'annexe A explique, sous forme de diagramme, les relations entre certains termes mathématiques fondamentaux, les variables aléatoires associées aux aptitudes, les descripteurs et caractéristiques probabilistes.

L'annexe B présente, sous forme résumée, les caractéristiques liées à la durée de fonctionnement avant défaillance.

L'annexe C compare quelques caractéristiques de sûreté de fonctionnement pour des entités à fonctionnement continu.

L'annexe D explique certains aspects de la sûreté de fonctionnement du logiciel.

La bibliographie donne les références des ouvrages relatifs aux mathématiques de base de la présente norme.

INTRODUCTION

Part 1 of IEC 60050-191 provides definitions for dependability and its influencing factors, reliability, availability, maintainability and maintenance support, together with definitions of many other terms commonly used in this field. Some of these terms relate to specific measures of the individual performance characteristics, which can be expressed mathematically.

This standard, used in conjunction with IEC 60050-191, provides practical guidance essential for the quantification of those performance measures. For those requiring further information, for example on detailed statistical methods, reference should be made to the IEC 60605 series of standards.

Annex A provides a diagrammatic explanation of the relationships between some basic mathematical terms, related random variables, probabilistic descriptors and measures.

Annex B provides a summary of measures related to time to failure.

Annex C compares some dependability measures for continuously operating items.

Annex D explains some of the software dependability aspects.

The bibliography gives references for the mathematical basis of this standard.

EXPRESSIONS MATHÉMATIQUES POUR LES TERMES DE FIABILITÉ, DE DISPONIBILITÉ, DE MAINTENABILITÉ ET DE LOGISTIQUE DE MAINTENANCE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale fournit des expressions mathématiques pour les caractéristiques liées à la fiabilité, à la disponibilité, à la maintenabilité et à la logistique de maintenance qui sont définies dans la CEI 60050-191. Les classes d'entités suivantes sont traitées séparément dans la présente norme:

- entités non réparées;
- entités réparées à temps de panne nul;
- entités réparées à temps de panne non nul.

Pour garder aussi simples que possible les formules mathématiques, les modèles mathématiques de base suivants sont utilisés pour calculer les caractéristiques de sûreté de fonctionnement:

- variable aléatoire (durée de fonctionnement avant défaillance) pour les entités non réparées;
- processus de renouvellement simple (ordinaire) pour les entités réparées à temps de panne nul;
- processus de renouvellement alternatif simple (ordinaire) pour les entités réparées à temps de panne non nul.

Pour faciliter la localisation de la définition complète, la référence du terme défini dans la CEI 60050-191 est indiquée (entre parenthèses) immédiatement après le terme, par exemple:

durée moyenne de panne [191-13-08]

L'application de chaque caractéristique de sûreté de fonctionnement est illustrée au moyen d'un exemple simple.

NOTE La présente norme s'applique principalement à la sûreté de fonctionnement du matériel, mais de nombreux termes et leurs définitions peuvent être appliqués à des entités contenant du logiciel. Certains aspects de la sûreté de fonctionnement du logiciel sont expliqués dans l'annexe D.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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

ISO 3534-1:1993, *Statistique – Vocabulaire et symboles – Partie 1: Probabilité et termes statistiques généraux*

MATHEMATICAL EXPRESSIONS FOR RELIABILITY, AVAILABILITY, MAINTAINABILITY AND MAINTENANCE SUPPORT TERMS

1 Scope

This International Standard provides mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support measures defined in IEC 60050-191. The following classes of items are considered separately in this standard:

- non-repaired items;
- repaired items with zero time to restoration;
- repaired items with non-zero time to restoration.

In order to keep the mathematical formulae as simple as possible, the following basic mathematical models are used to quantify dependability measures:

- random variable (time to failure) for non-repaired items;
- simple (ordinary) renewal process for repaired items with zero time to restoration;
- simple (ordinary) alternating renewal process for repaired items with non-zero time to restoration.

To facilitate location of the full definition, the IEC 60050-191 reference for each term is shown (in parenthesis) immediately following each term, for example:

mean time to restoration [191-13-08]

The application of each dependability measure is illustrated by means of a simple example.

NOTE This standard is mainly applicable to hardware dependability, but many terms and their definitions may be applied to items containing software. Some of the software dependability aspects are explained in annex D.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

ISO 3534-1:1993, *Statistics – Vocabulary and symbols – Part 1: Probability and general statistical terms*