

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
706-6**

Première édition
First edition
1994-12

Guide de maintenabilité de matériel –

Partie 6:

Section 9: Méthodes statistiques
pour l'évaluation de la maintenabilité

Guide on maintainability of equipment –

Part 6:

Section 9: Statistical methods
in maintainability evaluation



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 706-6: 1994

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie

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

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

Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology

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

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

Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

IEC publications prepared by the same technical committee

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

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
706-6**

Première édition
First edition
1994-12

Guide de maintenabilité de matériel –

Partie 6:

**Section 9: Méthodes statistiques
pour l'évaluation de la maintenabilité**

Guide on maintainability of equipment –

Part 6:

**Section 9: Statistical methods
in maintainability evaluation**

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

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

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

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



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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
 Articles	
1 Domaine d'application.....	10
2 Références normatives	10
3 Définitions.....	10
4 Eléments mathématiques de support	10
4.1 Eléments correspondant à la section cinq	12
4.2 Eléments correspondant à la section six	12
4.3 Eléments correspondant à la section sept	12
 Annexes	
A Allocation de maintenabilité	14
B Méthodes de test pour une démonstration de maintenabilité	26
C Test de distribution de Kolmogorov-Smirnov	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope.....	11
2 Normative references.....	11
3 Definitions.....	11
4 Mathematical back-up material.....	11
4.1 Material related to Section Five	13
4.2 Material related to Section Six	13
4.3 Material related to Section Seven.....	13
Annexes	
A Maintainability allocation.....	15
B Maintainability demonstration test methods.....	27
C Kolmogorov-Smirnov distribution testing	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL – Partie 6: Section 9 – Méthodes statistiques pour l'évaluation de la maintenabilité

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 706-6 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:

DIS	Rapport de vote
56(BC)161	56(BC)174

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

La CEI 706 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général: *Guide de maintenabilité de matériel*.

La partie 1, publiée en 1982, comprend les sections suivantes:

- Section un – Introduction à la maintenabilité
- Section deux – Exigences de maintenabilité dans les spécifications et les contrats
- Section trois – Programme de maintenabilité

La partie 2, publiée en 1990, comprend la section suivante:

- Section cinq – Etudes de maintenabilité au niveau de la conception

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT –
Part 6: Section 9 –
Statistical methods in maintainability evaluation

FOREWORD

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

International Standard IEC 706-6 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

DIS	Report on voting
56(CO)161	56(CO)174

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

The annexes A, B, and C are for information only.

IEC 706 consists of the following parts under the general title: *Guide on maintainability of equipment*

Part 1, issued in 1982, contains the following sections:

- Section One – Introduction to maintainability
- Section Two – Maintainability requirements in specifications and contracts
- Section Three – Maintainability programme

Part 2, issued in 1990, contains the following section:

- Section Five – Maintainability studies during the design phase

La partie 3, publiée en 1987, comprend les sections suivantes:

Section six – Vérification de la maintenabilité

Section sept – Recueil, analyse et présentation des données relatives à la maintenabilité

La partie 4, publiée en 1992, comprend la section suivante:

Section 8 – Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance

La partie 5, publiée en 1994, comprend la section suivante:

Section 4 – Essais pour diagnostic

La partie 6, publiée en 1994, comprend la section suivante:

Section 9 – Méthodes statistiques pour l'évaluation de la maintenabilité

Part 3, issued in 1987, contains the following sections:

Section Six – Maintainability verification

Section Seven – Collection, analysis and presentation of data related to maintainability

Part 4, issued in 1992, contains the following section:

Section 8 – Maintenance and maintenance support planning

Part 5, issued in 1994, contains the following section:

Section 4 – Diagnostic testing

Part 6, issued in 1994, contains the following section:

Section 9 – Statistical methods in maintainability evaluation

INTRODUCTION

L'ingénierie de la maintenabilité est la discipline technique tournée vers le renforcement de la facilité de maintenance des matériels. Dans les précédentes parties de ce guide, des méthodes et des techniques importantes sont présentées et peuvent être utilisées pour atteindre cet objectif. Nombre d'entre elles sont de nature qualitative ; certaines, cependant, comprennent aussi des aspects quantitatifs, spécialement pour :

- allouer des objectifs de maintenabilité à des sous-ensembles;
- vérifier la conformité d'exigences de maintenabilité quantitatives;
- évaluer les données de maintenabilité.

Pour une compréhension totale de ces méthodes et techniques, il est nécessaire d'ajouter à leur description certains détails mathématiques, offrant ainsi à l'utilisateur la possibilité de les appliquer plus généralement.

INTRODUCTION

Maintainability engineering is the technical discipline directed towards enhancement of the ease of maintenance of equipment. In the preceding parts of this guide, important methods and techniques are presented which can be used to achieve this objective. Many of them are of a qualitative nature; some, however, include also quantitative aspects, especially for:

- allocating maintainability target values to subitems;
- verifying the fulfilment of quantitative maintainability requirements;
- evaluating maintainability data.

For a complete understanding of these methods and techniques, it is necessary to provide some mathematical explanation to enable the user to apply them more generally.

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL – Partie 6: Section 9 – Méthodes statistiques pour l'évaluation de la maintenabilité

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 706 est publiée en tant que section 9 du Guide de maintenabilité de matériel. Elle spécifie des techniques qui s'appliquent à des aspects quantitatifs de la maintenabilité, dans des phases diverses du cycle de vie d'un système.

La présente partie de la CEI 706 est applicable aux tâches d'allocation de maintenabilité, de démonstration de maintenabilité et d'évaluation de données de maintenabilité, telles qu'elles sont décrites, respectivement, dans les sections cinq, six et sept du guide de maintenabilité (CEI 706-2 et 706-3). Dans les annexes informatives A, B et C, les méthodes et procédures mathématiques pour l'accomplissement de ces tâches sont présentées dans l'ordre correspondant. Le document a pour but de servir de complément à des livres de statistiques existants, pour des sujets de maintenabilité spécifiques.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 706. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 706 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des normes internationales en vigueur à un moment donné.

CEI 50(191): 1990, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Chapitre 191 : Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 706-2: 1990, *Guide de maintenabilité de matériel – Partie 2 : Section cinq – Etudes de maintenabilité au niveau de la conception*

CEI 706-3: 1987, *Guide de maintenabilité de matériel – Partie 3 : Sections six et sept – Vérification et recueil, analyse et présentation des données*

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

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 706, les termes et définitions donnés dans la CEI 50(191), dans l'ISO 3534-1 et dans les sections antérieures de ce guide s'appliquent. Les termes, acronymes et symboles supplémentaires qui sont utilisés dans certaines des annexes sont définis dans l'annexe A.

4 Éléments mathématiques de support

Les éléments contenus dans cet article sont présentés dans l'ordre des sections correspondantes du guide. Pour chacune de ces sections, les problèmes à résoudre par utilisation des mathématiques sont présentés ; les éléments mathématiques eux-mêmes sont fournis dans une annexe.

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT – Part 6: Section 9 – Statistical methods in maintainability evaluation

1 Scope

This part of IEC 706 is being issued as section 9 of the guide on maintainability of equipment. It specifies techniques covering some quantitative aspects of maintainability engineering in various phases of the system life cycle.

This part of IEC 706 is applicable to the tasks of maintainability allocation, maintainability demonstration and maintainability data evaluation, as described in sections Five, Six and Seven, respectively, of the guide (IEC 706-2 and 706-3). In the informative annexes A, B and C, mathematical methods and procedures for performing these tasks are presented in corresponding order. The document is intended to serve as an addendum, for specific maintainability topics, to existing statistical textbooks.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 706. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 706 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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

IEC 706-2: 1990, *Guide on maintainability of equipment – Part 2: Section Five – Maintainability studies during the design phase*

IEC 706-3: 1987, *Guide on maintainability of equipment – Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data*

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

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 706, the terms and definitions of IEC 50(191), ISO 3534-1 and of preceding sections apply. Additional terms, symbols and acronyms which are used in some of the annexes are defined in annex A.

4 Mathematical back-up material

The material under this heading is presented in the order of the related sections of the guide. For each of these sections, the problems to be solved by mathematical means are indicated; the mathematical material itself is then given in an annex.

4.1 *Éléments correspondant à la section cinq*

La section cinq du guide traite des études de maintenabilité en phase de conception. L'une des tâches prises en considération est l'allocation des exigences de maintenabilité de l'entité vis-à-vis des sous-ensembles/entités de plus bas niveau. Ceci constitue un processus itératif commençant au début du cycle de vie du dispositif, sur la base d'informations de conception préliminaires, et mis à jour ultérieurement lorsque des données et des informations plus détaillées deviennent disponibles. Un exemple du type précoce d'allocation de maintenabilité est fourni en annexe A de la section cinq; l'hypothèse faite en ce cas est que l'exigence de maintenabilité du sous-ensemble est inversement proportionnelle à la complexité du sous-ensemble.

L'annexe A présente la méthode conseillée pour la mise à jour de l'allocation précoce de maintenabilité. Il est recommandé que cette méthode soit utilisée lorsque des données de conception supplémentaires deviennent disponibles, de sorte que le découpage fonctionnel de l'entité peut être effectué à des niveaux des sous-ensembles inférieurs, avec des valeurs de taux de défaillance affectées à tous les sous-ensembles. Cette méthode est applicable à tous les systèmes pour lesquels l'hypothèse d'une distribution log-normale du temps de maintenance active est satisfaite, et lorsque une information suffisamment détaillée sur la conception est disponible, par exemple à l'intérieur ou à la fin de la phase de définition. Pour son application, cette méthode nécessite de spécifier une valeur maximale du temps de maintenance corrective active.

4.2 *Éléments correspondant à la section six*

Dans l'annexe A de la section six du guide, des méthodes de tests statistiques sont identifiées; il est recommandé de les appliquer afin de vérifier la conformité d'exigences quantitatives de maintenabilité. Les détails de ces méthodes de tests sont décrits en annexe B. Il est possible de les appliquer à toutes les démonstrations de maintenabilité lorsque les événements de maintenance sont statistiquement indépendants. Il convient que les conditions du test soient représentatives des conditions réelles d'utilisation.

4.3 *Éléments correspondant à la section sept*

Dans la section sept du guide, les aspects d'analyse de données relatives à la maintenabilité qui pourraient être obtenues à partir de sources pertinentes (exemple : sources d'expérience, tests de développement et de démonstration, fabrication, assemblage ou exploitation opérationnelle), et qu'il convient d'utiliser pour des tests de conformité/évaluation de la maintenabilité, sont brièvement décrits. Une partie importante de cette analyse consiste en la détermination de la distribution des données. Dans l'annexe C, la méthode la plus fréquemment utilisée pour le test de distribution, le test de Kolmogorov-Smirnov (également connu comme test *d*), est présentée. Ce test est applicable à toutes les sortes d'informations et à toutes les lois de distribution. Pour les autres méthodes possibles (test du khi deux, procédures graphiques), il convient de consulter les manuels de statistiques pertinents.