NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60706-2

Deuxième édition
Second edition
2006-03

Maintenabilité de matériel –

Partie 2:
Exigences et études de maintenabilité pendant la phase de conception et de développement

Maintainability of equipment –

Part 2:
Maintainability requirements and studies during the design and development phase

© 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 XA

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 6
INTRODUCTION 10

1 Domaine d'application 12
2 Références normatives 12
3 Termes, définitions et acronymes 14
3.1 Termes et définitions 14
3.2 Acronymes 16
4 Approche générale 16
5 Principe de maintenabilité 18
6 Activités de maintenance au cours du cycle de vie 18
6.1 Généralités 18
6.2 Phase de concept et de définition 20
6.3 Phase de conception et de développement 20
6.4 Phase de fabrication et d'installation 22
6.5 Phases opérationnelles et de maintenance 22
6.6 Phase de retrait 22
7 Exigences de spécification de maintenabilité 24
7.1 Etablissement des exigences de maintenabilité 24
7.2 Caractéristiques de maintenabilité 26
7.3 Contraintes 30
7.4 Exigences pour le programme de maintenabilité 32
7.5 Vérification 32
8 Etudes de maintenabilité dans la phase de conception et de développement 34
8.1 Généralités 34
8.2 Objectifs 34
8.3 Etudes de maintenabilité dans le processus de conception 34
8.4 Outils d'analyse et procédures 44
9 Support de conception 58
9.1 Liaison 58
9.2 Critères de conception et listes de contrôle 60
9.3 Revue de conception 62

Annexe A (informative) Allocation de maintenabilité 66
Annexe B (informative) Exemple d'allocation de maintenabilité 80
Annex C (informative) Exemple d'allocation de valeurs de fiabilité et de sélection de stratégie de maintenance pour un système ayant un taux de défaillance variable 86

Bibliographie 100

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 11

1 Scope 13
2 Normative references 13
3 Terms, definitions and acronyms 15
3.1 Terms and definitions 15
3.2 Acronyms 17
4 General approach 17
5 Principle of maintainability 19
6 Maintainability activities in the life cycle 19
6.1 General 19
6.2 Concept and definition phase 21
6.3 Design and development phase 21
6.4 Manufacture and installation phase 23
6.5 Operation and maintenance phases 23
6.6 Disposal phase 23
7 Specification of maintainability requirements 25
7.1 Statement of maintainability requirements 25
7.2 Maintainability characteristics 27
7.3 Constraints 31
7.4 Maintainability programme requirements 33
7.5 Verification 33
8 Maintainability studies in the design and development phase 35
8.1 General 35
8.2 Objectives 35
8.3 Maintainability studies in the design process 35
8.4 Analysis tools and procedures 45
9 Design support 59
9.1 Liaison 59
9.2 Design criteria and check-lists 61
9.3 Design reviews 63

Annex A (informative) Maintainability allocation 67
Annex B (informative) Example of a maintainability allocation 81
Annex C (informative) Example of allocation of reliability values and maintenance strategy selection for a system with non-constant failure rate 87

Bibliography 101

Figure 1 – Etudes de maintenabilité dans le processus de conception 40
Figure 2 – Diagramme de maintenabilité au niveau matériel 48
Figure 3 – Etapes de base dans la prédiction de maintenabilité 52
Figure A.1 – $\frac{\text{ACMT}_{50}}{\text{MACMT}} = f\left\{\frac{\text{ACMT}_{95}}{\text{MACMT}}\right\}$ 76
Figure A.2 – Allocation de maintenabilité pour le niveau des sous-entités 78
Figure B.1 – Diagramme de niveaux fonctionnels 82
Figure C.1 – Tracé de Weibull pour les composants du système 98

Tableau 1 – Exemples de caractéristiques de maintenance quantitatives 26
Tableau 2 – Tâches détaillées dans les études de maintenabilité 42
Tableau A.1 – Allocation M pour le niveau des sous-entités 74
Tableau B.1 – Tableau d'allocation 84
Tableau C.1 – Comparaison des coûts 96

Figure 1 – Maintainability studies in the design process 41
Figure 2 – Hardware level maintainability block diagram 49
Figure 3 – Basic steps in maintainability prediction 53
Figure A.1 – $\frac{\text{ACMT}_{50}}{\text{MACMT}} = f\left\{\frac{\text{ACMT}_{95}}{\text{MACMT}}\right\}$ 77
Figure A.2 – Maintainability allocation to sub-item level 79
Figure B.1 – Functional level diagram 83
Figure C.1 – Weibull plot of the components in the system 99

Table 1 – Examples of quantitative maintainability characteristics 27
Table 2 – Detailed tasks in maintainability studies 43
Table A.1 – M allocation to sub-item level 75
Table B.1 – Allocation table 85
Table C.1 – Comparison of costs 97

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL –

Partie 2: Exigences et études de maintenabilité pendant la phase de conception et de développement

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60706-2 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 1990, et constitue une révision technique.

Les modifications techniques majeures par rapport à la première édition consistent en l'ajout du contenu original de la Section Deux de la CEI 60706-1:1982, Exigences de maintenabilité dans les spécifications et les contrats, et de l'Annexe A mathématique de la CEI 60706-6: 1994, Allocation de maintenabilité.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT –

Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase

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 60706-2 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1990, and constitutes a technical revision.

The major technical changes with regard to the first edition concern the inclusion of the original Section Two from IEC 60706-1:1982 entitled: Maintainability requirements in specifications and contracts, as well as the original mathematical Annex A from IEC 60706-6:1994, entitled Maintainability allocation.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/1090/FDIS	56/1101/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.

La CEI 60706, sous le titre général *Maintenabilité de matériel* est constituée des parties suivantes:

NOTE Chaque partie décrit l'application de techniques spécifiques pour réaliser un programme de maintenabilité.

Partie 1: Introduction, exigences et programme de maintenabilité

Partie 2: Etudes de maintenabilité au niveau de la conception

Partie 3: Vérification et recueil, analyse et présentation de données

Partie 4: Guides pour la planification de la maintenance et du support de maintenance

Partie 5: Essais pour diagnostic

Partie 6: Méthodes statistiques pour l'évaluation de la maintenabilité

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

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

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

FDIS	Report on voting
56/1090/FDIS	56/1101/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.

IEC 60706 consists of the following parts, under the general title *Maintainability of equipment:*

NOTE Each part outlines the application of specific techniques to implement a maintainability programme.

Part 1: Introduction, requirements and maintainability programme

Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase

Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data

Part 4: Guide to maintenance and maintenance support planning

Part 5: Diagnostic testing

Part 6: Statistical methods in maintainability evaluation

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

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

INTRODUCTION

La maintenabilité est une caractéristique qui définit la facilité avec laquelle une entité peut être maintenue et soutenue durant sa période d'utilisation. La maintenabilité est conçue dans cette entité elle-même pendant la phase de conception et de développement et il est donc important que les exigences de maintenabilité soient établies en tant que partie de la spécification initiale.

La série de normes CEI 60706 est destinée à offrir aux concepteurs un guide sur la manière d'introduire un haut niveau de maintenabilité dans l'entité elle-même et au cours de la phase de conception et de développement afin de réduire le coût de maintenance acceptable. Il est aussi important d'assurer que la maintenance peut être pratiquée pour maintenir l'entité dans des conditions de sécurité et qu'il peut fonctionner avec ses performances requises.

La présente norme internationale apporte une introduction au concept de maintenabilité et des guides sur la manière d'introduire la maintenabilité dans les spécifications et les contrats et comment il convient de considérer la maintenabilité comme partie intégrante du processus de conception. Elle constitue une partie d'un ensemble hiérarchisé de normes sur la sûreté, comme cela est illustré ci-après.

La CEI 60300-1 et la CEI 60300-2 sont des normes CEI de haut niveau qui fournissent des guides pour la sûreté de fonctionnement, en incluant la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité des entités manufacturées. La CEI 60300-3-10 est la norme de haut niveau sur la maintenabilité, servant de guide d'application et qui appartient à la série de normes CEI 60300-3. Elle peut être utilisée pour appliquer un programme de maintenabilité couvrant l'initialisation, le développement et les phases de service d'une entité, qui font partie des taches décrites dans la CEI 60300-2. Elle donne aussi des lignes directrices concernant la façon d'appréhender les aspects de maintenance des taches afin d'atteindre la maintenabilité optimale.

INTRODUCTION

Maintainability is a characteristic that defines the ease with which an item can be maintained and supported during its period of use. Maintainability has to be built into an item during the design and development phase and it is therefore important that maintainability requirements be established as part of the initial specification.

The IEC 60706 series of standards is intended to give guidance on how a designer should best incorporate high standards of maintainability into a product so that the cost of maintenance is reduced to an acceptable level. It is also important to ensure that the necessary maintenance can be undertaken to keep the product in a safe condition and that it can be operated to its required performance.

This International Standard gives an introduction to the concept of maintainability, and guidance as to how maintainability can be incorporated into specifications and contracts and how maintainability should be considered as part of the design process. It forms part of a hierarchy of standards on dependability as described below.

IEC 60300-1 and IEC 60300-2 are the IEC top-level standards that provide guidance on how to incorporate dependability, including reliability, availability and maintainability, into manufactured products. IEC 60300-3-10 is the top-level standard on maintainability, serving as an application guide and which forms part of the IEC 60300-3 series of standards. It can be used to implement a maintainability programme covering the initiation, development and in-service phases of a product, which form part of the tasks described in IEC 60300-2. It also provides guidance on how the maintenance aspects of the tasks should be considered in order to achieve optimum maintainability.

MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL –

Partie 2: Exigences et études de maintenabilité pendant la phase de conception et de développement

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60706 examine les exigences de maintenabilité ainsi que les exigences de conception et d'utilisation qui y sont liées. Elle détaille certaines activités nécessaires pour atteindre les caractéristiques de maintenabilité requises et leurs liens avec le planning de maintenance. Elle décrit l'approche générale pour sa réalisation et montre comment il convient de spécifier les caractéristiques de maintenabilité dans le document traitant des exigences ou le contrat.

Elle n'a pas vocation à être un guide exhaustif sur la manière de spécifier ou d'établir un contrat pour la maintenabilité. Son propos est d'analyser le domaine de ce qu'il convient de considérer quand des caractéristiques de maintenabilité sont introduites en tant qu'exigences pour le développement ou l'acquisition d'une entité.

La norme va jusqu'à décrire des études de maintenabilité dans les phases de conception préliminaires et détaillées et leurs relations avec les autres taches de maintenance et de support de maintenance qui sont décrites dans les normes associées. Des considérations sur la maintenabilité dans les revues de conception sont aussi incluses.

Il est attendu que les acquéreurs des entités d'équipement trouvent cette norme utile pour les assister dans la définition de leurs objectifs de maintenabilité et programmes de maintenabilité associés.

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*

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

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

CEI 60300-3-10, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-10: Guide d'application – Maintenabilité*

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

MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT –

Part 2: Maintainability requirements and studies during the design and development phase

1 Scope

This part of IEC 60706 examines the maintainability requirements and related design and use parameter, and discusses some activities necessary to achieve the required maintainability characteristics and their relationship to planning of maintenance. It describes the general approach in reaching these objectives and shows how maintainability characteristics should be specified in a requirements document or contract.

It is not intended to be a complete guide on how to specify or to contract for maintainability. Its purpose is to define the range of considerations when maintainability characteristics are included as requirements for the development or the acquisition of an item.

The standard goes on to describe maintainability studies in the preliminary and detailed design phases and their relationships to other maintainability and maintenance support tasks, described in associated standards. Maintainability considerations in design reviews are also included.

It is intended that customers acquiring items of equipment will find this standard useful in assisting them to define their maintainability objectives and associated maintainability programmes.

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*

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

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

IEC 60300-3-10:2001, *Dependability management – Part 3-10: Application guide – Maintainability*

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

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

CEI 60300-3-14, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3-14: Guide d'application – Maintenance et support de maintenance*

CEI 60706-3, *Guide de maintenabilité de matériel – Partie 3: Sections six et sept – Vérification et recueil, analyse et présentation de données* [1]

CEI 60706-5, *Guide de maintenabilité de matériel – Partie 5 – Section 4: Essais pour diagnostic*

CEI 60812, T*echniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

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

CEI 61160, *Revue de conception (disponible seulement en anglais)* [2]

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

---

1 Une deuxième édition est prévue d'être publiée prochainement sous le titre révisé «*Maintenabilité de matériel – Partie 3: Vérification et recueil, analyse et présentation de données*».

2 La deuxième édition de la CEI 61160 est parue en 2005. Elle existe actuellement seulement en anglais, mais elle remplace la première édition (1992), qui existait en anglais et en français.

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

IEC 60300-3-14, *Dependability management – Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support*

IEC 60706-3, *Guide on maintainability of equipment – Part 3: Sections Six and Seven – Verification and collection, analysis and presentation of data* [1]

IEC 60706-5, *Guide on maintainability of equipment – Part 5 – Section 4: Diagnostic testing*

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61160, *Design review*

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

---

1 A second edition is due to be published shortly under the revised title "*Maintainability of equipment – Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data*".