

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
706-5**

Première édition
First edition
1994-11

Guide de maintenabilité de matériel –

Partie 5:

Section 4: Essais pour diagnostic

Guide on maintainability of equipment –

Part 5:

Section 4: Diagnostic testing



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 706-5: 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
706-5**

Première édition
First edition
1994-11

Guide de maintenabilité de matériel –

Partie 5:

Section 4: Essais pour diagnostic

Guide on maintainability of equipment –

Part 5:

Section 4: Diagnostic testing

© 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 Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

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 et abréviations	12
3.1 Définitions	12
3.2 Abréviations	14
4 Exigences et contraintes techniques.....	14
4.1 Coût du cycle de vie	14
4.2 Concepts d'exploitation et de maintenance	16
4.3 Concept de diagnostic	16
5 Exigences d'un programme de testabilité.....	34
5.1 Conception de la testabilité.....	34
5.2 Vérification de la testabilité.....	36
5.3 Documentation de testabilité.....	36
6 Etablissement de contrats pour la testabilité.....	38
6.1 Définition d'exigences.....	38
6.2 Spécification de testabilité.....	40
6.3 Conséquences	40
Annexes	
A Concepts mathématiques dans les essais pour diagnostic.....	42
B Bibliographie.....	52

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Normative references	11
3 Definitions and acronyms	13
3.1 Definitions	13
3.2 Acronyms	15
4 Technical requirements and constraints	15
4.1 Life cycle cost	15
4.2 Operational and maintenance concepts	17
4.3 Diagnostic concept	17
5 Testability programme requirements	35
5.1 Testability engineering	35
5.2 Testability verification	37
5.3 Testability documentation	37
6 Contracting for testability	39
6.1 Statement of requirements	39
6.2 Testability specification	41
6.3 Consequences	41
Annexes	
A Mathematical concepts in diagnostic testing	43
B Bibliography	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL –

Partie 5: Section 4: Essais pour diagnostic

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 706-5 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	Rapports de vote
56(BC)157	56(BC)171
56(BC)160	56(BC)173

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

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

La partie 3, publiée en 1987, comprend la section suivante:

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT –

Part 5: Section 4: Diagnostic testing

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 706-5 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

DIS	Reports on voting
56(CO)157	56(CO)171
56(CO)160	56(CO)173

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

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

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

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

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

Withdrawn

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

Annexes A and B are for information only.

Withdrawn

INTRODUCTION

Les essais pour diagnostic sont un élément important pour l'exploitation et la maintenance d'un système ou d'un équipement, et ont un effet significatif sur sa maintenabilité. De tels essais peuvent être effectués manuellement ou bien à l'aide d'équipements de test qui peuvent être dotés de divers niveaux d'automatisation. La conception optimale d'un processus d'essais pour diagnostic nécessite une étroite coopération entre les organisations de conception, d'exploitation et de maintenance. Ce guide a pour but de mettre en lumière les diverses exigences et d'assurer leur coordination dans le temps.

Withdrawn

INTRODUCTION

Diagnostic testing is an important feature in the operation and maintenance of a system or equipment and has a significant effect on its maintainability. Such testing may be carried out manually or with test equipment which may contain various levels of automation. Optimum design of a diagnostic testing process requires close cooperation between the design, operation and maintenance organizations. This guide is intended to highlight the various requirements and to assist in their timely coordination.

Withdrawn

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL –

Partie 5: Section 4: Essais pour diagnostic

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est la section 4 du Guide de maintenabilité de matériel. Ce guide a pour but de:

- fournir des indications pour la prise en considération, très tôt, des aspects de testabilité en conception et développement;

NOTE – La conception d'un dispositif doit faciliter et aider les essais pour diagnostic, et ceci peut être réalisé le plus efficacement en prenant en considération les aspects de testabilité aussi tôt que possible dans le processus de conception, généralement conjointement avec l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE). Si ces aspects de testabilité sont repoussés à plus tard, dans des phases ultérieures du projet, lorsque la conception a été finalisée, seul un nombre très limité de caractéristiques de testabilité peut être ajouté. Ces dernières seront moins efficaces et conduiront de façon disproportionnée à des coûts élevés.

- aider dans la détermination de procédures de test efficaces en tant que partie intégrante de l'exploitation et de la maintenance.

NOTE - Le concept d'exploitation et de maintenance dépendra, dans une certaine mesure, de la philosophie de conception et, par conséquent, afin de s'assurer qu'une pleine utilisation des possibilités d'essais de diagnostic peut être effectuée, il convient que les exigences d'essai soient incluses dans la politique d'exploitation et de maintenance, et qu'elles soient développées comme partie intégrante du processus de conception.

La présente section de la CEI 706 est applicable à toutes les catégories d'équipements dans leur conception et leurs principes, bien que nombre des techniques décrites soient indubitablement plus applicables aux domaines de l'électricité et de l'électronique, car c'est dans ces domaines qu'il existe la plus grande opportunité de les appliquer. Pour les équipements mécaniques, les techniques traditionnelles de diagnostic peuvent toujours être utilisées mais, là également, les progrès réalisés sur les dispositifs électroniques de mesure et de contrôle signifient que des moyens d'essais pour diagnostic notablement améliorés peuvent maintenant être appliqués aux composants et systèmes mécaniques complexes. Ceci fait qu'il est particulièrement important que la méthode d'approche structurée proposée pour fournir des moyens d'essais pour diagnostic soit utilisée pour une large gamme de tâches.

Dans cette section, il est fait référence au pilotage des conditions. C'est un aspect qui est en relation étroite avec les concepts couverts par ce guide sur les essais pour diagnostic, et qui ne peut pas et ne doit pas en être dissocié. Cependant, il n'est pas prévu qu'une couverture complète des aspects de pilotage de conditions soit assurée dans ce guide.

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 706-5. 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 706-5 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.

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

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT –

Part 5: Section 4: Diagnostic testing

1 Scope

This International Standard is being issued as Section 4 of the guide on maintainability of equipment. Its purpose is to:

- provide guidance for the early consideration of testability aspects in design and development;

NOTE – The design of an item should facilitate and support diagnostic testing, and this can be achieved most efficiently by considering testability aspects as early as possible in the design process, usually in conjunction with a fault mode and effects analysis (FMEA). If left till later project phases, when the design has been finalized, only very limited testability features may be added. These will be less effective and will involve disproportionately high costs.

- assist in determining effective test procedures as an integral part of operation and maintenance.

NOTE – The operational and maintenance concept will depend to a certain extent on the design philosophy, and therefore to ensure that full use can be made of the diagnostic testing possibilities, test requirements should be included in the operational and maintenance policy and be developed as an integral part of the design process.

This section of IEC 706 is applicable to all categories of equipment in their concept and principles, although many of the techniques described are clearly more applicable to the electrical and electronic fields, as it is in those areas where there is the greatest opportunity for them to be applied. For mechanical equipment, the traditional diagnostic techniques can still be used, but here too the advances being made in electronic measuring and monitoring devices mean that much improved diagnostic testing facilities can now be applied to mechanical components and complex systems. This makes it particularly important that the structured approach given for the provision of diagnostic testing facilities is used for a wide range of tasks.

Reference is made in this section to condition monitoring. This is a facility which closely relates to the concepts covered in this guide on diagnostic testing, and cannot, and should not, be dissociated from it. However, it is not the intention that full coverage of condition monitoring should be part of this standard.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 706-5. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 706-5 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*

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

CEI 812: 1985, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

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

3 Définitions et abréviations

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente section de la CEI 706-5, les termes et les définitions de la CEI 50(191) et de l'ISO 3534-1 s'appliquent. En supplément, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1.1 test intégré (TI): Capacité intrinsèque du système ou équipement opérationnel fournissant une possibilité de test pour détecter et localiser les pannes ou les diminutions de performances.

3.1.2 équipement de test intégré (ETI): Dispositif quelconque monté en permanence dans le but de réaliser la fonction TI.

3.1.3 diagnostic: Méthode ou acte de recherche de la nature d'une panne à partir de symptômes.

3.1.4 exactitude de diagnostic: Proportion de pannes, dans un dispositif, pouvant être correctement diagnostiquées dans des conditions données.

3.1.5 essais pour diagnostic: Procédure d'essais réalisés dans le but d'établir un diagnostic.

3.1.6 fausse alarme: Panne indiquée par l'équipement de test intégré ou tout autre circuit de contrôle, alors qu'il n'existe pas de panne fonctionnelle.

3.1.7 taux de fausse alarme: Nombre de fausses alarmes par unité de temps.

3.1.8 temps de détection de panne: Durée écoulée entre l'instant de la défaillance et la détection de la panne.

3.1.9 résolution de panne: Degré jusqu'auquel un programme ou une procédure de test peut localiser une panne à l'intérieur d'un système ou d'un équipement.

3.1.10 testabilité: Caractéristique qualitative de conception qui détermine le degré jusqu'auquel un dispositif peut être testé dans des conditions données.

3.1.11 exigences de testabilité: Ensemble d'objectifs, buts, seuils et contraintes globaux de conception de testabilité.

3.1.12 vérification de testabilité: Procédure appliquée dans le but de déterminer si les exigences de testabilité d'un dispositif ont été satisfaites ou non.

3.1.13 efficacité de test: Ensemble des mesures qui incluent la prise en considération de la conception du matériel, de la conception du TI, de la conception de l'équipement d'essais et de la conception de l'ensemble du programme d'essais (EPE). Les mesures d'efficacité de test comprennent, sans y être limitées, la couverture de pannes, la résolution de pannes, le temps moyen de détection de panne, le temps moyen de localisation de panne et l'exactitude de diagnostic.

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

IEC 812: 1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

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

3 Definitions and acronyms

3.1 Definitions

For the purposes of this section of IEC 706-5, the terms and definitions of IEC 50(191) and ISO 3534-1 apply. In addition, the following terms and definitions are used.

3.1.1 **built-in test (BIT):** An intrinsic capability of the mission system or equipment which provides a test capability to recognize and localize faults or deterioration of performance.

3.1.2 **built-in test equipment (BITE):** Any permanently mounted device intended to perform the built-in test function.

3.1.3 **diagnosis:** The art or act of deciding from symptoms the nature of a fault.

3.1.4 **diagnostic correctness:** The proportion of faults of an item which can be correctly diagnosed under given conditions.

3.1.5 **diagnostic testing:** Test procedure carried out in order to make a diagnosis.

3.1.6 **false alarm:** A fault indicated by built-in test equipment or other monitoring circuitry where no functional fault exists.

3.1.7 **false alarm rate:** Number of false alarms per unit of time.

3.1.8 **fault recognition time:** The period of time between the instant of failure and fault recognition.

3.1.9 **fault resolution:** The degree to which a test programme or procedure can localize a fault within a system or equipment.

3.1.10 **testability:** A qualitative design characteristic which determines the degree to which an item can be tested under stated conditions.

3.1.11 **testability requirements:** Set of overall testability design objectives, goals, thresholds, and constraints.

3.1.12 **testability verification:** A procedure applied for the purpose of determining whether the testability requirements for an item have been achieved or not.

3.1.13 **test effectiveness:** Set of measures which include consideration of hardware design, built-in test design, test equipment design, and test programme set design. Test effectiveness measures include, but are not limited to, fault coverage, fault resolution, mean fault recognition time, mean fault localization time, and diagnostic correctness.

3.2 Abréviations

EEA	équipement d'essais automatiques
TI	test intégré
ETI	équipement de test intégré
CFEAO	conception, fabrication et essais assistés par ordinateur
AMDE	analyse des modes de défaillance et de leurs effets
CCV	coût du cycle de vie
UI	unité d'interchangeabilité
UEE	unité en essais

4 Exigences et contraintes techniques

4.1 Coût du cycle de vie

Le coût du cycle de vie (CCV) est un aspect de plus en plus important pour l'évaluation de la qualité de toute conception. En supplément au coût d'acquisition immédiat, de nombreux clients demandent à contrôler les coûts associés à l'exploitation au quotidien, à la maintenance et à la logistique de maintenance. Ces coûts sont influencés au premier chef par la fiabilité, la maintenabilité du produit et les caractéristiques du support de maintenance. Dans ce contexte, l'application des techniques des essais pour diagnostic peut être un facteur significatif qui contribue à la réduction de certains éléments de coût du cycle de vie. Il convient que les contraintes résultant des efforts d'optimisation soient prises en compte lorsque les exigences des essais pour diagnostic sont établies.

4.1.1 Compromis initiaux

Dans les études de développement, pendant la phase de conception et de définition, il convient que la testabilité d'un produit soit comparée aux risques encourus. Dans ce contexte, il faut considérer les points suivants.

De nombreuses conceptions, bien que nouvelles, sont basées, dans une certaine mesure, sur certains équipements toujours en utilisation. De tels équipements font apparaître un certain «état de l'art» technologique reflété par la sophistication de la conception, les diagnostics techniques planifiés envisagés au moment de leur conception et des modifications effectuées pendant la vie de ces équipements, mais la nouvelle conception contiendra quelques concepts de fonctionnement différents associés aux avancées dans la technologie. La fiabilité de certains des ensembles, parties et composants, peut être telle que l'application du contrôle en fonctionnement ou des essais pour diagnostic n'est pas nécessaire, dès lors que les mêmes conditions d'utilisation s'appliquent. Au fur et à mesure que les incertitudes à cet égard augmentent, ou bien lorsque l'importance de la partie considérée nécessite garantie, l'exigence de connaissance de l'état du dispositif augmentera aussi de la même manière. D'un autre côté, il peut être possible ou conseillé d'investir dans des essais pour diagnostic spécifiques afin de minimiser les zones d'incertitude. La décision dépendra de la nature de l'incertitude, de sa probabilité d'être levée, de même que des coûts de développements et du coût du dispositif relativement au coût de l'équipement nécessaire pour diagnostiquer et contrôler le fonctionnement du dispositif en exploitation, en incluant les coûts de l'indisponibilité et du personnel de maintenance.

Il convient de prendre en considération l'«état de l'art» en essais pour diagnostic, les diverses méthodes utilisées, comprenant leurs avantages et leurs inconvénients, les coûts ainsi que les capacités d'adaptation à des exigences futures possibles, pour l'évaluation des autres solutions possibles.

3.2 Acronyms

ATE	automatic test equipment
BIT	built-in test
BITE	built-in test equipment
CADMAT	computer-aided design, manufacture and testing
FMEA	failure modes and effects analysis
LCC	life cycle cost
LRU	line replaceable unit
UUT	unit under test

4 Technical requirements and constraints

4.1 Life cycle cost

Life cycle cost (LCC) is an increasingly important aspect in evaluating the quality of any design. In addition to the immediate acquisition cost, many customers demand control of the costs associated with day-to-day operation, maintenance, and logistic support. These costs are primarily influenced by the product's reliability, maintainability and maintenance support characteristics. In this context, the application of diagnostic testing techniques can be a significant contributory factor in the reduction of certain cost elements in the LCC. Constraints resulting from LCC optimization efforts should therefore be taken into account whenever diagnostic testing requirements are established.

4.1.1 Initial trade-offs

In engineering studies during the concept and definition phase, the testability of the product should be traded against any risks involved. Typical considerations in this context are as follows.

Many designs, however new, are based to a certain extent on equipment currently in use. This equipment demonstrates a given technological "state of the art" reflected in the sophistication of the design, the planned technical diagnostics envisaged at the time it was designed, and modifications made during the life of the equipment, but the new design will involve some different operating concept associated with advances in technology. The reliability of some of the assemblies, parts and components may be such that the application of condition monitoring or diagnostic testing is not required, provided that the same conditions of usage apply. As uncertainties in this respect increase, or the importance of the subject part warrants, the requirement for knowledge of the state of the item will also increase accordingly. Alternatively, it may be possible or advisable to invest in specific design testing to minimize the areas of uncertainty. The decision will depend on the nature of uncertainty, the probability of its being solved and the development and unit costs relative to the cost of the equipment required to diagnose and monitor the condition of the item in operation, including cost of down times and maintenance personnel.

The "state of the art" in diagnostic testing, the various methods employed, including their advantages, disadvantages, costs and adaptability to possible future requirements should be considered in evaluating the alternatives.

4.1.2 Disponibilité et essais pour diagnostic

Dans la phase de conception et de développement, il convient que les principes et caractéristiques de testabilité soient intégrés dans la conception en accord avec les résultats des études initiales. Il convient de porter une attention particulière aux techniques d'essais pour diagnostic qui peuvent améliorer la maintenabilité et minimiser les temps d'indisponibilité, et donc augmenter la disponibilité ainsi que les profits, tout en diminuant les coûts globaux.

Dans le cas de dispositifs ayant des caractéristiques inhérentes d'usure, ces améliorations concernent en premier lieu le coût de la maintenance préventive, qui peut être diminué de façon significative grâce à des procédures d'essais pour diagnostic; ceci, tout particulièrement lorsque l'optimisation des intervalles entre maintenance, des ressources nécessaires et de la maintenance préventive peut être réalisée. S'il n'y a pas de processus d'usure, comme c'est le cas pour la plupart des systèmes électroniques à semi-conducteurs, le coût de maintenance préventive est négligeable, et l'impact des coûts les plus élevés est dû aux coûts d'investissement, qui sont eux-mêmes largement dépendants de la disponibilité obtenue. Dès lors que la majeure partie du temps d'indisponibilité est constituée par les temps de détection et de localisation de panne, les efforts consacrés aux diagnostics concernant ces éléments sont plus efficaces.

4.2 Concepts d'exploitation et de maintenance

Les activités d'essais pour diagnostic sont étroitement interconnectées avec les processus d'exploitation et de maintenance du produit. Il convient donc que les concepts d'exploitation et de maintenance soient définis aussitôt que possible dans le cycle de vie du système, de préférence au stade des spécifications. Il convient que le concept d'exploitation soit le premier pris en considération afin que le système satisfasse correctement à ses exigences. Il convient que le concept de maintenance soit élaboré afin de permettre de satisfaire aux besoins opérationnels avec l'utilisation la plus efficace possible des ressources pour un coût minimal. Un certain degré de compromis devra invariablement être pris en compte afin de réaliser l'équilibre optimal parmi des exigences qui peuvent parfois être contradictoires.

4.2.1 Concept d'exploitation

Les éléments qu'il convient de prendre en considération pour définir le concept d'exploitation sont indiqués dans le tableau 1. Chacun d'eux nécessite d'être spécifié en détail, de sorte que l'environnement de maintenance ainsi que les contraintes d'exploitation puissent être correctement pris en compte.

4.2.2 Concept de maintenance

Les nombreux éléments qu'il convient de prendre en considération dans la définition du concept de maintenance sont indiqués dans le tableau 2. Ce sont ces éléments qui déterminent l'exigence et l'extension des essais pour diagnostic à inclure à la conception. Un certain degré de compromis peut à nouveau être nécessaire entre le concept de maintenance et la technique de diagnostic de façon à satisfaire les nombreuses inter-dépendances mutuelles mises en jeu.

4.3 Concept de diagnostic

Avant la phase de conception et de développement, il convient qu'un concept approprié du diagnostic soit déterminé, prenant en compte les contraintes d'optimisation du coût du cycle de vie, les concepts d'exploitation et de maintenance, en accord avec les facteurs suivants:

- objectifs, tâches et applications des essais pour diagnostic;
- méthodes utilisées pour les essais de diagnostic;
- exigences pour les essais de diagnostic.