

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
706-1**

Première édition
First edition
1982

Guide de maintenabilité de matériel

Première partie:

Sections un, deux et trois
Introduction, exigences et programme
de maintenabilité

Guide on maintainability of equipment

Part 1:

Sections One, Two and Three
Introduction, requirements and
maintainability programme



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 706-1: 1982

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
706-1**

Première édition
First edition
1982

Guide de maintenabilité de matériel

Première partie:

Sections un, deux et trois
Introduction, exigences et programme
de maintenabilité

Guide on maintainability of equipment

Part 1:

Sections One, Two and Three
Introduction, requirements and
maintainability programme

© CEI 1982 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

R

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	8
SECTION UN — INTRODUCTION À LA MAINTENABILITÉ	
2. Concept de maintenabilité	8
3. Première approche	10
4. Travaux de maintenabilité	10
4.1 Phase d'organisation	10
4.2 Phase de réalisation	12
4.3 Phase d'exploitation	12
SECTION DEUX — EXIGENCES DE MAINTENABILITÉ DANS LES SPÉCIFICATIONS ET LES CONTRATS	
5. Introduction	14
6. Exigences de maintenabilité	14
6.1 Caractéristiques de maintenabilité	16
6.2 Contraintes	18
6.3 Exigences correspondant à un programme	18
6.4 Organisation technique de l'entretien	18
7. Vérification	20
SECTION TROIS — PROGRAMME DE MAINTENABILITÉ	
8. Généralités	22
8.1 Introduction	22
8.2 Objet d'un programme de maintenabilité	22
8.3 Caractéristiques générales d'un programme de maintenabilité	24
8.4 Intégration du programme de maintenabilité dans l'ensemble des autres activités	24
8.5 Mesures qualitatives et quantitatives de la maintenabilité	24
9. Le programme de maintenabilité	24
9.1 Nature du programme de maintenabilité	24
9.2 Sommaire du programme	26
9.3 Plan du programme de maintenabilité	26
9.4 Examens de la mise en œuvre du programme	28
9.5 Détermination de critères relatifs à la conception et allocation des exigences de maintenabilité aux sous-ensembles des dispositifs	30
9.6 Evaluation et prédiction de maintenabilité	30
9.7 Exigences de maintenabilité dans les spécifications imposées aux sous-traitants et aux fournisseurs	30
9.8 Système de collecte et d'analyse des données et d'action corrective	32
9.9 Réunions d'analyse de la conception	32
9.10 Etudes de facilité de maintenance	32
9.11 Données pour l'organisation de la maintenance	34
9.12 Système de suivi des modifications de la conception ou du programme de fabrication	34
9.13 Vérification de la maintenabilité	34
10. Responsabilité du titulaire du contrat	34
11. Responsabilité du client	36
12. Relations entre le client et le titulaire du contrat	36
13. Autres détails relatifs à la présente section du guide	36
ANNEXE A — Exemples d'informations que le client devrait fournir au titulaire du contrat	38

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	9
 SECTION ONE — INTRODUCTION TO MAINTAINABILITY 	
2. Concept of maintainability	9
3. General approach	11
4. Maintainability activities	11
4.1 Planning phase	11
4.2 Acquisition phase	13
4.3 Use phase	13
 SECTION TWO — MAINTAINABILITY REQUIREMENTS IN SPECIFICATIONS AND CONTRACTS 	
5. Introduction	15
6. Maintainability requirements	15
6.1 Maintainability characteristics	17
6.2 Constraints	19
6.3 Programme requirements	19
6.4 Engineering support planning	19
7. Verification	21
 SECTION THREE — MAINTAINABILITY PROGRAMME 	
8. General	23
8.1 Introduction	23
8.2 The purpose of a maintainability programme	23
8.3 General characteristics of a maintainability programme	25
8.4 Integration of the maintainability programme with other activities	25
8.5 Qualitative and quantitative measurement of maintainability	25
9. The maintainability programme	25
9.1 The nature of the maintainability programme	25
9.2 Summary of the programme	27
9.3 The maintainability programme plan	27
9.4 Programme reviews	29
9.5 Determination of design criteria and allocation of requirements to sub-divisions of the item	31
9.6 Maintainability evaluation and prediction	31
9.7 Maintainability requirements in sub-contractor and vendor specifications	31
9.8 Data collection, analysis and corrective action system	33
9.9 Design reviews	33
9.10 Ease of maintenance studies	33
9.11 Data for maintenance planning	35
9.12 Control system for design or process changes	35
9.13 Maintainability verification	35
10. Contractor's responsibilities	35
11. Customer's responsibility	37
12. Dialogue between customer and contractor	37
13. Further details related to this section of the guide	37
APPENDIX A. — Examples of the information the customer should give to the contractor	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Première partie: Sections un, deux et trois

Introduction, exigences et programme de maintenabilité

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes 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.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent guide a été établi par le Comité d'Etudes n° 56 de la CEI: Fiabilité et maintenabilité.

Un projet concernant la première section fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1978. A la suite de cette réunion, le projet, document 56(Bureau Central)68, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1978.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Espagne	Suède
Allemagne	Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Australie	Finlande	Tchécoslovaquie
Autriche	France	Turquie
Belgique	Israël	Union des Républiques
Bulgarie	Italie	Socialistes Soviétiques
Canada	Japon	
Egypte	Royaume-Uni	

Un projet concernant la deuxième section fut discuté lors de la réunion tenue à Londres en 1978. A la suite de cette réunion, le projet, document 56(Bureau Central)69, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en décembre 1978.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Egypte	Royaume-Uni
Allemagne	Espagne	Suède
Australie	Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Autriche	Finlande	Tchécoslovaquie
Belgique	France	Turquie
Bulgarie	Hongrie	Union des Républiques
Canada	Israël	Socialistes Soviétiques
Corée (République Démocratique	Italie	
Populaire de)	Japon	

Un projet concernant la troisième section fut discuté lors de la réunion tenue à Nice en 1976. A la suite de cette réunion, le projet, document 56(Bureau Central)59, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1977. Des modifications, document 56(Bureau Central)70, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux selon la Procédure des Deux Mois en janvier 1979.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 1: Sections One, Two and Three

Introduction, requirements and maintainability programme

FOREWORD

- 1) 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.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This guide has been prepared by IEC Technical Committee No. 56, Reliability and Maintainability.

A draft of Section One was discussed at the meeting held in London in 1978. As a result of this meeting, a draft, Document 56(Central Office)68, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	France	Switzerland
Austria	Germany	Turkey
Belgium	Israel	Union of Soviet
Bulgaria	Italy	Socialist Republics
Canada	Japan	United Kingdom
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)	United States of America
Egypt	Spain	
Finland	Sweden	

A draft of Section Two was discussed at the meeting held in London in 1978. As a result of this meeting, a draft, Document 56(Central Office)69, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in December 1978.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Germany	Sweden
Austria	Hungary	Switzerland
Belgium	Israel	Turkey
Bulgaria	Italy	Union of Soviet
Canada	Japan	Socialist Republics
Czechoslovakia	Korea (Democratic People's	United Kingdom
Egypt	Republic of)	United States of America
Finland	South Africa (Republic of)	
France	Spain	

A draft of Section Three was discussed at the meeting held in Nice in 1976. As a result of this meeting, a draft, Document 56(Central Office)59, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1977. Amendments, Document 56(Central Office)70, were submitted to the National Committees under the Two Months' Procedure in January 1979.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud (République d')	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni
Allemagne	Finlande	Suède
Australie	France	Suisse
Belgique	Hongrie	Tchécoslovaquie
Bulgarie	Israël	Turquie
Canada	Italie	Union des Républiques
Egypte	Pologne	Socialistes Soviétiques
Espagne	Roumanie	

Autre publication de la CEI citée dans le présent guide:

Publication n° 271A: Premier complément à la Publication 271 (1974): Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-1:1982

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Belgium
Bulgaria
Canada
Czechoslovakia
Egypt
Finland
France

Germany
Hungary
Israel
Italy
Poland
Romania
South Africa (Republic of)
Spain

Sweden
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America

Other IEC publication quoted in this guide:

Publication No. 271A: First supplement to Publication 271: List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-1:1982

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Première partie: Sections un, deux et trois

Introduction, exigences et programme de maintenabilité

1. Domaine d'application

Le présent guide est destiné à donner des recommandations pour la normalisation des procédures de maintenabilité et à susciter l'éclosion d'idées nouvelles dans ce domaine. Les organismes faisant l'acquisition de dispositifs trouveront ce guide utile pour les aider à définir leurs exigences de maintenabilité et les programmes correspondants. Les fabricants de dispositifs gagneront à l'usage de ce guide par une meilleure compréhension des exigences relatives à la réalisation et à la vérification des objectifs de maintenabilité.

La présente publication comprend les première, deuxième et troisième sections d'un guide consacré à la maintenabilité. La publication définitive de la série complète, qui comportera sept sections, doit s'échelonner sur plusieurs années. Etant donné que chacune des parties, même prise isolément, peut apporter une contribution aux besoins d'autres Comités nationaux de la CEI, il a été décidé de faire paraître chacune d'elles au fur et à mesure qu'elle aura été approuvée pour être publiée. Quand l'ensemble sera achevé, le guide complet paraîtra en une seule publication.

Les titres des sections de ce guide sont les suivants:

- *Section un — Introduction à la maintenabilité.
- *Section deux — Exigences de maintenabilité dans les spécifications et les contrats.
- *Section trois — Programme de maintenabilité.
- Section quatre — Procédures de contrôle et de diagnostic.
- Section cinq — Etudes de maintenabilité au niveau de la conception.
- Section six — Vérification de la maintenabilité.
- Section sept — Collecte, analyse et présentation des données relatives à la maintenabilité.

Les sections quatre à sept seront publiées comme parties ultérieures de cette publication.

SECTION UN — INTRODUCTION À LA MAINTENABILITÉ

2. Concept de maintenabilité

Le concept de maintenabilité doit tenir compte des caractéristiques de conception, de fabrication et de mise en place qui influencent l'aptitude du dispositif à satisfaire à certaines exigences d'utilisation et de maintenance spécifiées. Cette aptitude est habituellement mesurée en termes de durée des opérations de maintenance, d'exigences de maintenance préventive, etc.

Les durées d'opérations de maintenance dépendent:

- a) De l'aptitude du dispositif à être maintenu ou remis en service (facilité de diagnostic, accessibilité des éléments, etc.), les conditions d'utilisation étant toutes prises en considération.

La maintenabilité d'un dispositif est influencée par ces considérations mais elle est en outre soumise aux contraintes visées au point b) ci-dessous.

* Section faisant l'objet de la présente publication.

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 1: Sections One, Two and Three

Introduction, requirements and maintainability programme

1. Scope

This guide is intended to make recommendations for the standardization of maintainability practices, and to stimulate ideas in the maintainability field. Organizations acquiring items will find the guide useful in assisting them in defining maintainability requirements and associated programmes. Item suppliers will benefit from use of the guide, gaining an understanding of the requirements for achieving and verifying maintainability objectives.

This publication includes Sections One, Two and Three of the Guide on Maintainability. Final publication of the complete series which will comprise seven sections, is expected to take several years, but, since each section is able to make a contribution to the needs of other IEC Technical Committees, it has been decided to issue each section as it is approved for publication. When all sections are completed, a combined guide will be published.

Titles for all the sections of this series are:

- *Section One — Introduction to maintainability.
- *Section Two — Maintainability requirements in specifications and contracts.
- *Section Three — Maintainability programme.
- Section Four — Test and diagnostic procedures.
- Section Five — Maintainability design studies.
- Section Six — Maintainability verification.
- Section Seven — Collection, analysis and presentation of data related to maintainability.

Sections Four to Seven will be published as subsequent parts of this Publication.

SECTION ONE — INTRODUCTION TO MAINTAINABILITY

2. Concept of maintainability

The maintainability concept is concerned with characteristics of design, manufacture and installation which affect an item's ability to conform to some specified requirements of use and of maintenance. This ability is usually measured in terms of duration of maintenance actions, preventive maintenance requirements, etc.

The maintenance times depend on:

- a) The ability of the item to be retained in or restored to service (facility for diagnosis, accessibility of parts, etc.) all conditions of use being taken into account.

The maintainability of an item is concerned with these matters but subject to the restraints of Item b) below.

* Included in this publication.

- b) Des moyens logistiques de maintenance qui sont effectivement mis en œuvre (personnel, formation, stocks de pièces de rechange, moyens matériels, documentation, etc.).

Les règles de l'art en matière de maintenabilité ont pour but non seulement d'obtenir le niveau de qualité requis, mais aussi d'assurer que ce niveau sera obtenu avec les moyens logistiques de maintenance tels que les prévoit l'organisation de maintenance.

3. Première approche

Ce guide traite de la maintenabilité et d'autres paramètres de conception et d'utilisation qui lui sont liés; il examine également certains des travaux nécessaires pour parvenir à satisfaire aux clauses de maintenabilité qui ont été spécifiées, et quels en sont les liens avec l'organisation de maintenance.

Une part importante du coût d'exploitation d'un dispositif (note) réside dans le montant des dépenses qu'entraîne l'exécution des tâches que nécessite le maintien du dispositif dans un état de fonctionnement satisfaisant, ou son retour à un tel état. Ce montant total est fonction du nombre de ces tâches, de leur complexité et de leur durée.

Note. — Le terme «dispositif» est utilisé pour désigner toute pièce détachée, sous-ensemble ou matériel qui peut être considéré individuellement et essayé séparément. Afin d'éviter des répétitions, le terme «dispositif» inclut les dispositifs, les populations de dispositifs, les échantillons, etc., chaque fois que le contexte le justifie.

Les travaux réalisés durant la conception d'un dispositif et destinés à modifier le taux de défaillance et la gravité des défaillances sont essentiellement du domaine de la fiabilité.

Les travaux réalisés durant la conception d'un dispositif et destinés à modifier la maintenance préventive ainsi que la durée, le coût et les besoins logistiques des tâches de maintenance de tout type sont essentiellement du domaine de la maintenabilité.

4. Travaux de maintenabilité

Tout au long de la vie d'un système, les domaines de la maintenabilité et de la maintenance impliquent des objectifs dont la définition et la réalisation permettent d'aboutir à un système opérationnel associé à un coût optimisé.

La terminologie utilisée en maintenabilité est temporairement définie dans la Publication 271A de la CEI: Premier complément à la Publication 271 (1974): Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité. Elle sera finalement incluse dans le Vocabulaire Electro-technique International (V.E.I.).

Les objectifs sont décrits ci-dessous:

4.1 Phase d'organisation (étude et définition)

4.1.1 Détermination et définition de l'environnement

Les conditions d'utilisation et de maintenance du dispositif correspondent à des contraintes limitant les conceptions possibles en matière de maintenance et doivent être considérées au cours de l'étude de «faisabilité» et lors de la prédiction du coût de possession du dispositif calculé sur la totalité de sa durée de vie.

Conditions opérationnelles

- Conditions d'environnement en exploitation affectant le dispositif.
- Conditions d'environnement affectant la maintenance.

- b) Maintenance support which is actually applied (personnel, training, stocks of spares, facilities, manuals, etc.).

The discipline of maintainability engineering consists in not only meeting a given requirement but also ensuring that the characteristic is met with maintenance support as planned by the maintenance organization.

3. General approach

This guide describes maintainability and related design and use parameters, and discusses some of the activities necessary to achieve required maintainability characteristics and their relationship to the planning of maintenance.

An important portion of the cost of using an item (Note) is the total resources spent in those tasks necessary to retain an item in or restore it to a satisfactory condition. This total effort is related to the number of these tasks, their complexity and duration.

Note. — The term "item" is used to denote any system, sub-system, equipment or part, that can be individually considered and separately tested. To avoid repetition, "item" includes items, population of items, samples, etc. where the context justifies it.

Actions performed during the design of an item and intended to affect the failure rate and the severity of the failures call mainly for reliability techniques.

Actions performed during the design of an item and intended to affect the preventive maintenance and the duration, the cost and support requirements of all maintenance tasks, call mainly for maintainability techniques.

4. Maintainability activities

There are several objectives in connection with maintainability and maintenance whose definition and achievement during the system life will provide a cost-effective system.

Terminology used in maintainability is temporarily defined in IEC Publication 271A: First Supplement to Publication 271 (1974): List of Basic Terms, Definitions and Related Mathematics for Reliability. Eventually it will be included in the International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.).

The objectives are described below:

4.1 *Planning phase* (conceptual and definition phases)

4.1.1 *Determining and defining the environment*

The conditions of use and of maintenance of the item will place restraints upon the maintenance concept and must be considered during the feasibility study and the prediction of life cycle costs.

Operational conditions

- Operating environmental conditions affecting the item.
- Environmental conditions affecting maintenance.

- Moyens d'identification des besoins de maintenance, en particulier détection de défaillance et localisation de sa cause.
- Limitations apportées aux accès que pourraient nécessiter les opérations de maintenance.
- Décomposition du dispositif pour les besoins de maintenance en tenant compte de la localisation et du niveau des réparations ainsi que du niveau de qualification du réparateur.

Conditions logistiques

- Organisation, locaux, personnel et formation existants, ou dont la mise en place est imposée.
- Moyens déjà engagés.
- Souplesse dans l'acquisition de nouveaux moyens.

4.1.2 *Définition des exigences de maintenabilité*

Les exigences de maintenabilité devraient prendre en compte les exigences d'exploitation et de fiabilité ainsi que les contraintes financières. Bien que cela ne soit pas toujours possible, ces exigences devraient être exprimées sous forme de clauses quantitatives tenant compte de la politique de maintenance envisagée et de toutes les autres exigences auxquelles doit satisfaire le dispositif. Des recommandations pour l'inclusion de clauses de maintenabilité dans les spécifications et les contrats sont données dans la section deux. Il conviendra également de prêter attention, pendant cette phase, à la vérification des prescriptions. Voir la section six.

4.2 *Phase de réalisation (conception et production)*

4.2.1 *Satisfaction des exigences de maintenabilité*

Le moyen le plus efficace de satisfaire aux exigences de maintenabilité est d'appliquer un programme de maintenabilité, considéré comme partie intégrante du programme technique complet. Un guide pour un programme de maintenabilité détaillé et complet figure dans la section trois.

4.2.2 *Fourniture des données pour l'organisation logistique de maintenance*

Les étapes de l'organisation logistique de maintenance doivent correspondre à celles de la réalisation du dispositif afin que soit assurée la disponibilité des moyens de maintenance nécessaires, dès la mise en service du dispositif. Les principaux éléments qui seront inclus dans le plan de la logistique de maintenance sont les suivants:

- les procédures de maintenance du dispositif (y compris la révision générale);
- les exigences d'approvisionnement initial en pièces de rechange, moyens, équipement de contrôle et outillage;
- les exigences de formation du personnel;
- les exigences relatives à la documentation technique, etc.

Le plan sera cohérent avec la politique de maintenance et sera constamment tenu à jour.

Un système devrait aussi être institué pour l'analyse et l'exploitation des résultats enregistrés. Des procédures recommandées figurent dans la section sept: Collecte, analyse et présentation des données relatives à la maintenabilité.

4.3 *Phase d'exploitation (utilisation et maintenance)*

4.3.1 *Exécution de la maintenance (corrective et préventive)*

Les tâches de maintenabilité sont principalement la collecte, l'analyse et l'exploitation des données de maintenance et l'amélioration de la conception qui peut conduire à la modification du dispositif.

- Means of identifying maintenance needs, particularly failure detection and localization of cause.
- Restrictions on access for maintenance purposes.
- Equipment partitioning for maintenance purposes dictated by location, level of repair and skill classification of the maintainer.

Resource conditions

- Existing or required organization, locality, personnel and training.
- Resources already committed.
- Flexibility in acquiring new resources.

4.1.2 *Defining maintainability requirements*

Maintainability requirements should take into account operational and reliability requirements and cost constraints. This should result in a quantitative maintainability specification statement considering the maintenance policy and other requirements for the item, although this will not always be possible. Guides on the maintainability clauses in specifications and contracts are given in Section Two. Consideration should also be given during this phase to the verification of the requirements. See Section Six.

4.2 *Acquisition phase (design and production phases)*

4.2.1 *Satisfying maintainability requirements*

An effective means of satisfying the maintainability requirement is to carry out a maintainability programme, designed as a logical part of the whole engineering programme. A guide to a comprehensive maintainability programme is given in Section Three.

4.2.2 *Furnishing maintenance support planning data*

Maintenance support planning must be carried out in step with the development of an item to ensure that the maintenance support is available when the item is put into use. The main elements to be included in the maintenance support plan will be as follows:

- procedures for maintaining the item (including major overhaul);
- requirements for the initial provisioning of spares, facilities, test equipment and tools;
- requirements for training the personnel;
- requirements for technical manuals, etc.

The plan will be consistent with the maintenance policy and will be continuously updated.

A system for the recording analysis and feedback of data should also be instituted. Recommended procedures are given in Section Seven: Collection, Analysis and Presentation of Data Related to Maintainability.

4.3 *Use phase (operational and maintenance phases)*

4.3.1 *Performing maintenance (corrective and preventive)*

The important maintainability activities are the collection, analysis, and feedback of maintenance data and the improvement of the design which may lead to the modification of the item.

SECTION DEUX — EXIGENCES DE MAINTENABILITÉ DANS LES SPÉCIFICATIONS ET LES CONTRATS

5. Introduction

Cette section n'est pas destinée à constituer un guide complet sur la manière de rédiger des spécifications ou des clauses de contrat touchant la maintenabilité. Elle a pour objet d'exposer l'ensemble des principaux éléments qui doivent être pris en considération lorsque des caractéristiques de maintenabilité doivent constituer des exigences lors du développement ou de l'acquisition d'un dispositif.

La maintenabilité est une caractéristique définissant des propriétés inhérentes à un dispositif et la discipline correspondante est relative à l'aisance avec laquelle un dispositif peut être maintenu et entretenu pendant sa période d'utilisation. En tant que telle, cette caractéristique doit être forgée tout au long de la période de conception et de développement du dispositif et, par conséquent, il est important que les exigences de maintenabilité soient définies dans le cadre de la spécification initiale du dispositif.

Le développement d'un dispositif peut être considéré comme un processus partant du besoin éprouvé pour une certaine fonction, passant par les étapes successives de la définition de ce dispositif apte à satisfaire ce besoin et aboutissant à un dispositif prêt à entrer en service. Le processus doit être tenu en main en vue d'aboutir à un dispositif répondant aux besoins au bon moment et pour un coût raisonnable. La validité de la conception est indépendante du fait que l'on passe par la conception d'un nouveau dispositif ou que le besoin particulier est résolu par le choix d'un dispositif pris sur catalogue.

Les exigences de maintenabilité exprimées dans une spécification peuvent comprendre des exigences quantitatives ou qualitatives. Il devrait être fait état des méthodes permettant de vérifier que les exigences ont été satisfaites. L'existence de contraintes spéciales qui pourraient avoir une influence sur les caractéristiques de maintenabilité du dispositif devrait également être indiquée.

6. Exigences de maintenabilité

L'expression complète des exigences de maintenabilité couvrira quatre grands domaines:

- les caractéristiques de maintenabilité qui doivent être obtenues par la conception du dispositif;
- les contraintes exercées tout au long de l'évolution et de la vie du dispositif et qui influent sur sa maintenance;
- les exigences du programme de maintenabilité qui doivent être satisfaites par le fournisseur afin de donner l'assurance que le dispositif qui sera livré possèdera les caractéristiques de maintenabilité demandées;
- la fourniture des informations relatives à la logistique de la maintenance.

La spécification de maintenabilité devra détailler les exigences et la méthode qui devra être utilisée pour y répondre. Elle devra également comporter les références adéquates à la définition des termes utilisés dans la spécification et, selon les besoins, une liste de termes et définitions particuliers.

La spécification peut être exprimée par des objectifs fixes ou par des exigences formelles qui doivent être vérifiées selon des procédures prescrites*. Les objectifs ou les exigences peuvent être exprimés en termes quantitatifs ou qualitatifs.

* Dans le présent guide, un objectif est considéré comme un souhait sans caractère impératif alors qu'une exigence est impérative.

SECTION TWO — MAINTAINABILITY REQUIREMENTS IN SPECIFICATIONS AND CONTRACTS

5. Introduction

This section of the series is not intended to be a complete guide on how to specify or to contract for maintainability. The purpose is to discuss the general scope that has to be considered when maintainability characteristics are included as requirements on the development or the acquisition of an item.

Maintainability is a characteristic defining inherent properties of an item and the corresponding discipline is concerned with how well an item can be maintained and supported during its use period. Maintainability must be built into the item during the design and development phase and thus it is important that maintainability requirements be established as part of the initial item specification.

The development of an item may be thought of as a process evolving from a need for a certain function, all the way through a step-by-step definition of that item satisfying the same need, ending up with an item ready for operational use. The process must be controlled in order to result in an item satisfying needs at the right instant of time and at a reasonable cost. This concept is valid independent of whether a new item is actually designed or a specific need is transferred into a selection of an off-the-shelf item.

The maintainability requirements in a specification may contain either quantitative or qualitative requirements or both. The methods for verifying that the requirements have been satisfied should be stated. The existence of special constraints which might affect the item's maintainability characteristics should also be stated.

6. Maintainability requirements

A complete statement of maintainability requirements will cover four broad areas:

- maintainability characteristics to be achieved by the item design;
- constraints to be placed on the item deployment which will affect its maintenance;
- maintainability programme requirements to be accomplished by the supplier to assure that the delivered item has the required maintainability characteristics;
- provision of maintenance support planning.

The maintainability specification should detail the requirements and the method to be followed to achieve them. It should also include proper references to definitions of terms used in the specification and, as needed, a list of special terms.

The specification may be stated as goals or in terms of firm requirements which shall be verified in accordance with prescribed procedures*. Goals or requirements may be stated in either quantitative or qualitative terms.

* In this guide a goal is considered as a desirable feature which is not mandatory whereas a requirement must be provided.

Une spécification de maintenabilité couvre généralement les différents aspects de la réalisation de la maintenabilité au niveau opérationnel. Toutefois, étant donné que la maintenabilité, en tant que caractéristique d'un dispositif, influe sur le coût de la maintenance et de la logistique et peut également influencer sur les durées de maintenance aux divers niveaux de maintenance, on devrait faire état dans la spécification des efforts nécessaires à tous les niveaux touchés par la politique de maintenance.

6.1 *Caractéristiques de maintenabilité*

6.1.1 *Exigences quantitatives de maintenabilité*

L'objectif le plus couramment recherché est relatif au temps durant lequel un dispositif est hors service à cause de la maintenance. Bien évidemment, il est souhaitable de réduire ce temps au minimum. Il existe une large gamme d'exigences qui peuvent être utilisées à cet effet. Elles différeront selon qu'elles exprimeront des priorités différentes accordées à des propriétés interdépendantes du dispositif ou selon qu'elles permettront avec une plus ou moins grande souplesse la discussion de compromis devant intervenir ultérieurement dans le programme. Il est primordial que de tels facteurs soient pris en considération avant qu'une exigence particulière soit incluse dans la spécification.

Le temps de réparation active est souvent utilisé pour spécifier la maintenabilité et comprend les différents éléments suivants:

- diagnostic (détection de la défaillance, localisation de la cause, etc.);
- délais techniques (les délais techniques classiques comprennent le temps de mise en marche, de refroidissement, d'interprétation et de mise en œuvre des informations, d'interprétation des affichages, appareils de mesure, etc.);
- remise en état (démontage, échange, remontage, réglage, etc.);
- contrôle final (procédures de contrôle selon les besoins).

D'autres caractéristiques de maintenabilité du dispositif peuvent être spécifiées. Le tableau I fait apparaître certains des autres types d'exigences associés à différentes catégories de temps de maintenance et à différentes méthodes de vérification.

6.1.2 *Exigences qualitatives de maintenabilité*

Un autre objectif qui peut être recherché est relatif à l'aptitude du dispositif à permettre l'application d'une politique spécifique de maintenance et d'exploitation. Lorsque l'exigence qualitative contient des valeurs numériques, elle devrait être complétée par l'expression de la probabilité d'atteindre la valeur correspondante. Cela peut se traduire par des pourcentages de cas ou d'événements, des niveaux de confiance ou par quelque autre probabilité. Sinon la conformité doit être jugée par contrôle du dispositif ou par examen de documents. Dans le cas de telles politiques, on pourra faire état d'éléments du genre de ceux figurant parmi les exemples suivants:

- les réparations doivent être exécutées sur place par du personnel d'un niveau de qualification défini;
- les réparations doivent être réalisées par échange d'éléments réparables;
- les éléments remplaçables seront encartables;
- la maintenance sera exécutée selon des procédures précises données;
- la localisation des éléments défaillants sera réalisée par des dispositifs de contrôle incorporés dans 95% des cas.

Le tableau II présente une série d'autres éléments, qualitatifs, possibles qui peuvent présenter un intérêt.

A maintainability specification typically covers the various aspects of maintainability achievement at the operational level. However, since maintainability as an item characteristic affects maintenance and support costs and may also affect maintenance times at different maintenance levels, statements should be included in the specification covering achievements needed at all levels affected by the maintenance policy.

6.1 *Maintainability characteristics*

6.1.1 *Quantitative maintainability requirements*

The most common objective is related to the time an item is in a non-operable status due to maintenance. Obviously, one would like to keep this time as short as possible. There is a wide range of requirements that could be used to this effect. The difference between them will be that they express different priorities between related item properties and that they allow for different flexibility concerning trade-offs to be made later in the programme. It is important that such factors are considered before a specific requirement is included in the specification.

Active repair time is often used to specify maintainability and includes the following sub-elements:

- diagnosis (failure detection, localization of cause, etc.);
- technical delays (typical technical delays include setting time, cooling, interpretation and application of information, interpretation of displays, read out, etc.);
- restoration (disassembly, interchange, reassembly, alignment, etc.);
- final check (testing procedures as necessary).

A variety of other maintainability characteristics may be specified for the item. Table I outlines some other types of requirements associated with different classes of maintenance time and verification methods.

6.1.2 *Qualitative maintainability requirements*

A second achievement to look for is related to the degree to which the item concurs to a specific maintenance and support policy. Where the qualitative requirement contains numerical values, it should be qualified by a statement of the degree to which it should be met. This could be done by proportions of cases or events, by confidence levels or by other probabilities. Otherwise, compliance must be judged by inspection or document review. Such policies could include statements such as the following examples:

- repair shall be performed by personnel of stated skill level;
- repair shall be performed by replacement of recoverable units;
- replaceable parts will be plug-in units;
- maintenance shall be performed according to defined and established procedures;
- failed part isolation shall be performed by built-in test equipment for 95% of all cases.

Table II presents a range of other possible qualitative subjects which may be of concern.

6.2 Contraintes

Lors de l'établissement d'une spécification, il ne s'agit pas seulement d'introduire des exigences relatives à la manière dont les choses devraient être faites; en effet, il existe également dans la majorité des cas des contraintes relatives aux diverses manières permettant de satisfaire à ces exigences, mais qui sont considérées comme inacceptables pour des raisons diverses (par exemple, aucune maintenance préventive n'est autorisée pendant certaines périodes). Le fait de ne pas spécifier les contraintes peut permettre au responsable de la conception de répondre aux exigences de maintenabilité, mais cela aux dépens financiers de l'utilisateur à cause d'un matériel de maintenance plus onéreux, etc.

Les contraintes qui doivent figurer dans une spécification dépendent de la nature des exigences de maintenabilité évoquées au paragraphe 6.1. Il est conseillé d'examiner explicitement les contraintes nécessaires correspondant à chaque exigence dont il est fait état. En général, de telles contraintes incluront une politique de base touchant la maintenance et l'entretien tout en indiquant des limites concernant les moyens critiques, tels que matériels coûteux, éléments de rechange de haut prix, niveau et nombre des personnes devant figurer à chaque niveau de l'organisation. On inclura souvent dans la spécification des exigences relatives au volume et à la nature de la maintenance préventive. L'accent devra particulièrement être mis sur la limitation des moyens critiques qui doivent être maintenus sur les lieux de l'exploitation. L'accent sera également mis sur les limites des périodes de temps pendant lesquelles la maintenance préventive peut être exécutée en tenant compte de l'utilisation prévue de l'équipement. Des contraintes peuvent également être introduites, se référant à d'autres spécifications, publications de la CEI ou autres publications.

6.3 Exigences correspondant à un programme

Il y a de nombreuses raisons pour lesquelles une spécification doit contenir des exigences relatives à un programme de maintenabilité formellement établi qui doit être utilisé par le fournisseur pour satisfaire aux exigences:

- cela facilite la coordination entre les divers fournisseurs livrant des équipements qui doivent être intégrés dans un même système;
- cela permet de caractériser l'interface entre le développement de l'équipement et celui de l'organisation de la maintenance et de l'entretien;
- la définition par un programme de la relation client-fournisseur peut être considérée comme un élément permettant de vérifier que les exigences ont été satisfaites;
- plus de souplesse pour des compromis peut être obtenue avec une exigence de programme formellement établi.

Les détails relatifs aux programmes de maintenabilité sont donnés dans la section trois de ce guide.

6.4 Organisation technique de l'entretien

Afin d'obtenir un système opérationnel associé à un coût optimisé, il n'est pas suffisant d'acquérir un équipement répondant aux exigences. Une organisation de la maintenance et de l'entretien doit également être conçue pour s'adapter à la situation. Les moyens nécessaires à la maintenance et à l'entretien doivent être acquis. Cette acquisition sera, autant que possible, conjointe à l'acquisition de l'équipement à entretenir. Cela peut être réalisé de deux façons ou par combinaison de celles-ci:

- Le fournisseur est responsable de la fourniture de certains éléments nécessaires pour répondre aux exigences de la maintenance, par exemple formation du personnel, notices, matériel de contrôle, pièces de rechange, etc.;

6.2 Constraints

When writing a specification, not only should requirements be stated on how things should be done, but in most cases there are also constraints on ways of meeting requirements which for various reasons cannot be accepted (for example, no preventive maintenance will be allowed during certain periods of time). Failure to specify constraints might give the designer the opportunity to fulfil his maintainability requirements at the expense of the user in terms of more expensive instrumentation, etc.

Constraints needed in a specification depend on the nature of the maintainability requirements discussed in Sub-clause 6.1. It is advisable explicitly to examine this need for each objective stated. Generally, such constraints will include a basic maintenance and support policy together with limits for critical resources like expensive instrumentation, high cost spares, and skill and number of personnel at each level in the organization. Some statement putting requirements on the amount and the nature of preventive maintenance will often be included in the specification. Special emphasis must be given to constraining critical resources to be held on site. Emphasis must also be given to constraining periods of time, relative to expected utilization of the equipment, when preventive maintenance can be carried out. Constraints may also be introduced by reference to other specifications, IEC publications or other publications.

6.3 Programme requirements

There are several reasons why a specification should include requirements for a formal maintainability programme to be used by the supplier in his efforts to satisfy requirements:

- it facilitates co-ordination between several suppliers delivering items to be used in the same system;
- it can establish an interface between item development and the development of a maintenance and support system;
- the customer-supplier interaction defined by a programme could be looked upon as part of a verification that requirements have been fulfilled;
- more flexibility for trade-offs can be allowed with a formal programme requirement.

Specific details on maintainability programmes are given in Section Three of this guide.

6.4 Engineering support planning

To obtain a cost-effective system it is not sufficient to acquire an item satisfying requirements. A maintenance and support system must also be designed to fit the situation. Resources needed to maintain and support the system must be acquired. This task shall as far as possible be integrated with the acquisition of the equipment to be supported. This can be achieved in two ways or by a combination of them:

- the supplier is given the responsibility of providing some of the resources needed to fulfil maintenance requirements, for example training, manuals, test equipment, spares, etc.;

- Le fournisseur a la responsabilité de fournir, selon un calendrier, des données techniques relatives à l'entretien, telles que:
- taux de défaillance et durées de réparation;
 - outils et appareils spéciaux;
 - liste et coût des éléments de rechange;
 - spécifications d'essai;
 - exigences pour la formation;
 - etc.

Généralement, les données relatives à l'organisation de la maintenance sont obtenues par une analyse du point de vue technique et du point de vue de l'organisation.

7. Vérification

La vérification qu'une exigence de maintenabilité a été satisfaite est le processus permettant de s'assurer que les exigences imposées par la spécification ont été satisfaites et ce processus devrait lui-même être défini dans les exigences de maintenabilité. Les méthodes de vérification peuvent aller de la communication pour approbation de données ou informations adéquates par le fournisseur jusqu'à une exigence de réalisation d'une démonstration particulière de maintenabilité.

La sixième section de ce guide présente, avec certains détails, les différentes méthodes de vérification.

TABLEAU I

Exemples d'exigences quantitatives de maintenabilité

Terme	Caractéristique	Méthode de vérification
Temps de maintenance active	Moyenne, médiane ou maximale ²⁾	Evaluation de la conception, démonstration ou évaluation en exploitation
Temps de réparation active (corrective)	Moyenne, médiane ou maximale ²⁾	Evaluation de la conception, démonstration ou évaluation en exploitation
Temps de maintenance préventive active	Moyenne, médiane ou maximale ²⁾	Evaluation de la conception, démonstration ou évaluation en exploitation
Intervalle de temps entre contrôles de routine	Valeur	Evaluation de la conception, évaluation en exploitation
Coût de la maintenance par heure d'utilisation ¹⁾	Moyenne	Evaluation de la conception, évaluation en exploitation
Nombre d'heures de main-d'œuvre consacrée à la maintenance par heure d'utilisation ¹⁾	Moyenne	Evaluation de la conception, évaluation en exploitation
Nombre de personnes par opération de maintenance ¹⁾	Moyenne	Evaluation de la conception, évaluation en exploitation
Coût de la logistique de maintenance durant la vie du dispositif ¹⁾	Moyenne	Evaluation de la conception, évaluation en exploitation

¹⁾ D'autres bases de temps peuvent être choisies selon les besoins, par exemple: jour, mois, année, etc.

²⁾ La valeur maximale doit être associée à un fractile — une valeur habituelle est 95%.

- the supplier is given the responsibility of providing, according to a schedule, engineering support planning data such as:
 - failure rates and repair times;
 - list of special tools and instrumentation;
 - list and cost of spares;
 - test specifications;
 - training requirements;
 - etc.

Maintenance support data are generally developed by means of maintenance engineering and support analysis.

7. Verification

Verification of maintainability requirements is the process of determining that the requirements imposed in the specification have been achieved and the verification process should be defined in the maintainability requirements. Methods of verification may range from the submission by the supplier of appropriate data or information to a requirement to perform a special maintainability demonstration.

Section Six of this guide discusses in some detail the alternative verification methods.

TABLE I

Examples of quantitative maintainability requirements

Term	Characteristic	Verification method
Active maintenance time	Mean, median or maximum ²⁾	Design evaluation, demonstration or operational evaluation
Active repair time (corrective)	Mean, median or maximum ²⁾	Design evaluation, demonstration or operational evaluation
Active preventive maintenance	Mean, median or maximum ²⁾	Design evaluation, demonstration or operational evaluation
Routine inspection interval	Value	Design evaluation, operational evaluation
Maintenance cost per operating hour ¹⁾	Mean	Design evaluation, operational evaluation
Number of hours of labour per operating hour ¹⁾	Mean	Design evaluation, operational evaluation
Number of personnel per maintenance action ¹⁾	Mean	Design evaluation, operational evaluation
Maintenance support cost for life cycle ¹⁾	Mean	Design evaluation, operational evaluation

¹⁾ Other time bases may be selected as appropriate i.e., day, month, year, etc.

²⁾ The maximum value must be associated with a percentile — a commonly used value is 95%.

TABLEAU II

Exemples d'éléments qualitatifs pour lesquels des exigences peuvent être spécifiées

1. Exigences relatives au niveau de qualification.
2. Besoin d'outils ou d'appareils de contrôle spéciaux.
3. Besoin de réglages.
4. Sélection des composants.
5. Identification claire des fonctions au niveau des sous-systèmes.
6. Accessibilité relative aux contrôles visuels.
7. Dispositifs de contrôle incorporés.
8. Points de contrôle correctement repérés.
9. Code de couleurs et étiquetages adéquats.
10. Utilisation d'éléments encartables.
11. Utilisation de fixations imperdables.
12. Utilisation de poignées pour les éléments interchangeables.
13. But et étendue des notices techniques.
14. Limitations relatives aux aspects humains, imposées à la conception du dispositif.

SECTION TROIS — PROGRAMME DE MAINTENABILITÉ

8. Généralités

8.1 Introduction

La présente section décrit le contenu d'un programme de maintenabilité. Elle a été rédigée pour le cas où existeraient entre le constructeur et le client des relations contractuelles faisant état d'une exigence de maintenabilité. Mais un programme de maintenabilité peut également être requis dans d'autres cas, lorsque les mêmes principes essentiels s'appliquent, par exemple lorsqu'un dispositif est produit pour une diffusion multiple, lorsque le constructeur et le client appartiennent au même organisme ou lorsque le client requiert, pour quelque raison que ce soit, une évaluation de la maintenabilité atteinte. Le lecteur pourra être amené à consulter d'autres parties du guide pour de plus amples détails.

8.2 Objet d'un programme de maintenabilité

Le coût de la maintenance d'un dispositif est fonction de sa taille et de sa complexité aussi bien que de sa nature et de la gravité de ses défaillances, mais il peut constituer une partie notable du prix total de l'actif. Comme un des buts principaux du client doit être de minimiser le prix total, tout en s'assurant que toutes les autres exigences sont satisfaites, il est essentiel de prêter attention à la maintenabilité d'un dispositif dans la perspective de la totalité de sa période d'utilisation. Il est également important d'atteindre un haut niveau de disponibilité du dispositif. La meilleure manière d'atteindre ce but est de préparer un programme de maintenabilité formel pendant la phase de définition du dispositif, programme suffisamment souple pour être modifié en fonction de l'expérience acquise au cours de la réalisation du projet. L'importance du programme et, donc, son prix varieront suivant les projets. Néanmoins, le programme devrait être établi en tenant soigneusement compte des phases décrites ci-dessous et en choisissant le niveau de développement convenable pour chacune d'entre elles.

TABLE II

Examples of qualitative subjects for which requirements may be specified

1. Maintenance skill level requirements.
2. Need for special tools or test equipment.
3. Need for adjustments.
4. Parts standardization.
5. Clear subsystem function identification.
6. Visual inspection access.
7. Built-in test facilities.
8. Properly marked test points.
9. Colour coding and labels as appropriate.
10. Use of plug-in units.
11. Use of captive fasteners.
12. Use of handles on replaceable units.
13. Scope and range of technical manuals.
14. Human factor limitations in the design of the item.

SECTION THREE — MAINTAINABILITY PROGRAMME

8. General

8.1 Introduction

This section describes the contents of a maintainability programme. It has been written for the case where a contractual relationship exists between the contractor and the customer with a stated maintainability requirement. However, a maintainability programme can also be required in other cases, when the same main principles will apply—for example where an item is produced for general sale, where the contractor and customer belong to the same organization or where the customer requires an evaluation of the achieved maintainability for some reason. The reader may have to consult other parts of the guide for further details.

8.2 The purpose of a maintainability programme

The cost of maintenance of an item will vary with its size and complexity as well as with its nature and the seriousness of the failures to which it is subject but can form a large proportion of the total costs of ownership. As it must be an important target of a customer to minimize the total cost, while ensuring that all other requirements are met, it is essential that attention is paid to the maintainability of an item in the perspective of its whole life. It is also of great importance to achieve a high availability of the item. This can best be done by a formal maintainability programme, prepared at the definition stage, but flexible enough to be modified with experience of the project. The extent of the programme and hence its cost will vary with each and every project. However, the programme should be planned with due regard being paid to each of the steps described below, setting a suitable level for each step.

8.3 *Caractéristiques générales d'un programme de maintenabilité*

Le programme de maintenabilité est dicté par un plan détaillé qui inclut les procédures, les tâches et les responsabilités qui permettent de satisfaire aux exigences de la maintenabilité et d'assurer la mise en place, en temps utile, d'une organisation logistique de la maintenance. La nécessité d'établir un programme formel résulte des raisons suivantes:

- intégrer les activités de maintenabilité dans l'ensemble des autres activités techniques;
- identifier les diverses tâches de maintenabilité et les responsabilités correspondantes;
- harmoniser les efforts faits en matière de maintenabilité par le titulaire, les sous-traitants et les autres organismes extérieurs intéressés;
- évaluer le coût du programme en vue du financement.

Il est de la responsabilité du titulaire du contrat de mettre en application le programme de maintenabilité; cette responsabilité est, en général, contractuelle. Il établira un plan du programme de maintenabilité, qui sera le document de base pour le contrôle de la gestion, et le soumettra, aussitôt que possible, à l'approbation du client dans le programme d'acquisition.

Un bon programme de maintenabilité peut aussi se traduire finalement par des bénéfices pour le titulaire du contrat grâce à une réduction des moyens techniques généraux, des coûts de réparation et de remplacement, du coût des garanties, et par un accroissement de sa compétitivité et de sa réputation.

8.4 *Intégration du programme de maintenabilité dans l'ensemble des autres activités*

On ne peut pas mener à bien un programme de maintenabilité sans tenir compte des autres activités (en particulier du programme de fiabilité) et il s'agit bien là d'une composante essentielle du programme général d'étude et de réalisation. Il importe que soient tenues des réunions d'analyse du projet, afin d'examiner l'état d'avancement du programme de maintenabilité. Les données de maintenabilité devraient être tirées de tous les essais portant sur le dispositif (voir la section sept). Des impératifs contradictoires au niveau de la conception peuvent également apparaître, et ces conflits doivent être résolus par des compromis.

8.5 *Mesures qualitatives et quantitatives de la maintenabilité*

Le but d'un programme de maintenabilité est d'assurer que les exigences du client sont satisfaites. Ces exigences sont formulées dans une spécification et le titulaire du contrat a la responsabilité de les traduire en termes pratiques au niveau de la conception. Qu'il s'agisse d'exigences qualitatives ou d'exigences quantitatives, un programme de maintenabilité constitue la meilleure façon de donner satisfaction au client.

La section deux de ce guide expose les différents types de caractéristiques de maintenabilité qui peuvent être définis.

9. **Le programme de maintenabilité**

9.1 *Nature du programme de maintenabilité*

Durant la vie d'un dispositif, le programme de maintenabilité réunit de façon logique et ordonnée l'ensemble des activités en matière de maintenabilité et assure la constitution d'une documentation complète correspondante et l'intégration de ces activités dans l'ensemble des activités techniques.

8.3 *General characteristics of a maintainability programme*

The maintainability programme is governed by a detailed plan which includes procedures, tasks and responsibilities necessary to fulfil the maintainability requirements and to give a timely development of the maintenance support system. A formal programme is required for the following reasons:

- to integrate the maintainability effort into the overall engineering effort;
- to identify the various maintainability tasks and the responsibilities for carrying out these tasks;
- to integrate the maintainability effort with that of sub-contractors and other outside organizations;
- to evaluate the cost of the programme itself for funding purposes.

The contractor is responsible for carrying out the maintainability programme, usually as a contractual responsibility. He will develop a maintainability programme plan, which will be the master management document for control, for the approval of the customer as early as possible in the acquisition programme.

A good maintainability programme can also lead to overall cost benefits to the contractor in terms of reduced costs of technical support, repair, replacement and warranties and in improved competitiveness and goodwill.

8.4 *Integration of the maintainability programme with other activities*

A maintainability programme cannot be carried out in isolation from other activities (particularly the reliability programme), and indeed it is an essential part of the whole engineering programme. It is necessary that reviews be held to consider the status of the maintainability programme. Maintainability data should be gathered from all trials of the item (see Section Seven). There may also be conflicting demands on the design and these must be resolved by appropriate compromises.

8.5 *Qualitative and quantitative measurement of maintainability*

The aim of a maintainability programme is to ensure that the customer's requirements are met. These requirements will usually be stated in a formal specification and it is the responsibility of the contractor to interpret them into specific design features. Whether there are qualitative or quantitative requirements or both, a formal maintainability programme is the best way to secure customer satisfaction.

Section Two of this guide discusses the various types of maintainability characteristics which may be established.

9. **The maintainability programme**

9.1 *The nature of the maintainability programme*

Throughout the life of an item, the maintainability programme brings together all the maintainability activities in an ordered and logical way and assures full documentation and integration with other engineering activities.

9.2 *Sommaire du programme*

Les points clés du programme de maintenabilité sont énumérés ci-dessous, puis détaillés dans les paragraphes qui suivent.

Chaque point devrait être soigneusement examiné lors de l'élaboration du programme définitif.

- a) Préparation d'un plan pour le programme de maintenabilité (voir paragraphe 9.3)
- b) Mise en place d'un système d'examen de la mise en œuvre du programme (sans omettre l'aspect financier) (voir paragraphe 9.4)
- c) Définition des critères de conception et allocation des exigences aux sous-ensembles du dispositif (voir paragraphe 9.5)
- d) Evaluation et prédiction de la maintenabilité (voir paragraphe 9.6)
- e) Inclusion d'exigences de maintenabilité dans les cahiers des charges des sous-traitants et des fournisseurs (voir paragraphe 9.7)
- f) Mise en place d'un système de collecte et d'analyse des données et d'action corrective (voir paragraphe 9.8)
- g) Participation aux réunions d'analyse de la conception (voir paragraphe 9.9)
- h) Etudes de la facilité de maintenance (voir paragraphe 9.10)
- j) Préparation des données pour l'organisation de la maintenance (voir paragraphe 9.11)
- k) Mise en place d'un système de suivi des modifications de la conception ou du programme de fabrication (voir paragraphe 9.12)
- l) Vérification de la maintenabilité (voir paragraphe 9.13)

Cette liste n'est pas nécessairement complète et certains de ses éléments peuvent être subdivisés.

9.3 *Plan du programme de maintenabilité*

Le plan est un document qui décrit avec certains détails la façon dont le titulaire du contrat envisage de gérer les activités de son entreprise consacrées à la maintenabilité et de surveiller celles de ses sous-traitants.

9.3.1 *But du plan*

Le plan du programme traduira les exigences spécifiées en termes de tâches et de responsabilités et permettra d'intégrer le programme dans l'ensemble des autres activités. Il décrira également les procédures qui permettront au titulaire du contrat de contrôler l'exécution du programme.

9.3.2 *Organisation*

Le plan devra contenir des détails sur l'organisation mise en place pour assumer la responsabilité des activités de maintenabilité. En particulier, il devra :

- a) identifier les services et les personnes responsables de la gestion de l'ensemble du programme de maintenabilité;
- b) définir leurs responsabilités et leurs fonctions ainsi que leurs relations mutuelles;
- c) officialiser leur autorité.

9.2 *Summary of the programme*

The essential elements of the maintainability programme are listed below and then expanded in subsequent sub-clauses.

Each element should be carefully considered in the formulation of the final programme.

- a) Preparation of a maintainability programme plan (see Sub-clause 9.3)
- b) Establishment of a system for programme reviews (including the cost aspect) (see Sub-clause 9.4)
- c) Determination of design criteria and allocation of requirements to sub-divisions of the item (see Sub-clause 9.5)
- d) Maintainability evaluation and prediction (see Sub-clause 9.6)
- e) Inclusion of maintainability requirements in sub-contractor and vendor specifications (see Sub-clause 9.7)
- f) Establishment of a data collection, analysis and corrective action system (see Sub-clause 9.8)
- g) Participation in design reviews (see Sub-clause 9.9)
- h) Ease of maintenance studies (see Sub-clause 9.10)
- j) Preparation of data for maintenance planning (see Sub-clause 9.11)
- k) Establishment of a control system for design or process changes (see Sub-clause 9.12)
- l) Maintainability verification (see Sub-clause 9.13)

This list is not necessarily complete and some elements may be subdivided.

9.3 *The maintainability programme plan*

The plan is a document describing in some detail how the contractor intends to manage his maintainability effort and to supervise that of his sub-contractors.

9.3.1 *Scope of the programme plan*

The programme plan will interpret the specified requirements in terms of tasks and responsibilities and will enable the programme to be integrated into the whole effort. It will also describe the procedures to be followed to enable the contractor to establish control of the programme.

9.3.2 *Organization*

The plan will contain details of the overall organization responsible for the maintainability effort. In particular it will:

- a) identify the elements of the organization and the key personnel responsible for managing the maintainability programme;
- b) define their responsibilities and functions and their interrelationships;
- c) stipulate their authority.

9.3.3 *Tâches et responsabilités*

Le plan devra détailler les tâches à exécuter. Pour chacune de ces tâches, le plan devrait donner les renseignements ci-dessous:

- a) description détaillée de la tâche, y compris les objectifs spécifiques qui doivent être atteints à diverses étapes du programme;
- b) relations entre les phases de l'exécution de la tâche et le plan global. Le nombre de phases doit être assez important pour permettre un contrôle satisfaisant de l'exécution de la tâche. Chaque phase devrait être décrite en fonction des informations qui doivent être fournies pour les réunions d'analyse du projet;
- c) procédures à utiliser pour évaluer l'état d'avancement de la tâche et en suivre l'accomplissement. Cela inclut une description détaillée des services responsables de l'exécution de la tâche individuelle et de l'autorité dévolue;
- d) identification des problèmes liés à la tâche dont on sait, à priori, qu'ils seront à résoudre et les actions proposées pour leur solution.

9.3.4 *Comptes rendus de l'état d'avancement des activités de maintenabilité*

A des intervalles de temps prédéterminés ou fixés en accord avec le client, le titulaire du contrat préparera des comptes rendus de l'état d'avancement des activités de maintenabilité indiquant les valeurs à jour des caractéristiques requises, allouées, prédites et observées relatives au dispositif et aux éléments en lesquels il a été subdivisé pour les besoins de l'analyse de maintenabilité. Les comptes rendus contiendront également une description écrite et graphique des tendances, des problèmes rencontrés ou prévus, ainsi que les actions en cours ou proposées. Ces comptes rendus peuvent être combinés avec des documents relatifs à d'autres programmes mais les informations relatives à la maintenabilité devront être rassemblées dans un chapitre distinct.

9.3.5 *Activités associées*

Le programme de maintenabilité doit être coordonné avec d'autres activités et le plan doit détailler les procédures nécessaires pour assurer cette coordination. On trouvera, ci-dessous, une liste des activités classiques concernées, mais, dans certains cas, certaines d'entre elles peuvent être regroupées:

- a) conception;
- b) fiabilité;
- c) organisation de la maintenance;
- d) conduite des hommes, facteurs humains et formation du personnel;
- e) sécurité;
- f) assurance de la qualité;
- g) production;
- h) normalisation;
- i) gestion de la configuration;
- j) analyse de la valeur;
- k) soutien logistique global.

9.4 *Examens de la mise en œuvre du programme*

L'estimation des coûts du programme de maintenabilité devrait être faite avant la signature du contrat et être constamment tenue à jour. On y inclura les coûts correspondant à tous efforts supplémentaires requis, réalisés au niveau de la conception et de la fabrication en vue de la réalisation du programme. Les résultats de ces estimations, qui devraient servir de base pour le finan-

9.3.3 *Tasks and responsibilities*

The plan will detail tasks which have to be carried out. For each of these tasks, the plan should include the following information:

- a) a detailed description of the task including the specific objectives which must be met at various stages of the programme;
- b) the stages of the task related to the total plan. The number of stages must be sufficient to ensure satisfactory control of the task. Each stage should be described in terms of the information to be made available for review purposes;
- c) the procedures to be used to evaluate the status of the task and to establish control. It will include details of the organizational elements responsible for executing the task and their authority;
- d) identification of problems which are expected from prior knowledge of the task and the proposed actions to be taken for their solutions.

9.3.4 *Maintainability status reporting*

At intervals determined or approved by the customer, the contractor shall prepare maintainability status reports which provide a current accounting of required, allocated, predicted and observed values for the item and the sub-divisions into which it has been broken down for maintainability analysis. The reports shall include a narrative and graphical treatment of trends, problems encountered or anticipated, and action taken or proposed. These reports may be combined with other programme documentation but maintainability information should be summarized in a separate section.

9.3.5 *Associated activities*

The maintainability programme must be coordinated with other activities, and the programme plan will detail the procedures necessary to assure that this is done. The following is a list of the common activities concerned; in some cases, some of them may be combined:

- a) design engineering;
- b) reliability engineering;
- c) maintenance planning;
- d) human engineering, human factors and training;
- e) safety engineering;
- f) quality assurance;
- g) production engineering;
- h) standardization;
- i) configuration management;
- j) value engineering;
- k) integrated logistic support.

9.4 *Programme reviews*

An estimate of the costs of the maintainability programme should be made at the contract stage and constantly be updated. It will include the costs of any extra effort required in design and production in support of the programme. These estimates, which should be the basis for the funding of the programme, will be used by the customer to decide whether the programme is cost effective,

cement du programme, seront utilisés par le client pour décider de la pertinence financière du programme, c'est-à-dire si la dépense supplémentaire conduira à des avantages sous la forme de coûts de maintenance réduits, d'une disponibilité supérieure et sous d'autres formes d'avantages pour le client, qui sont difficiles à apprécier. Des examens de la mise en œuvre du programme devraient être menés à intervalles réguliers pour constater l'état de réalisation du programme et approuver toute modification.

9.5 *Détermination de critères relatifs à la conception et allocation des exigences de maintenabilité aux sous-ensembles des dispositifs*

Dans la première phase de la conception du projet, l'analyse des exigences qualitatives et quantitatives de la maintenabilité devrait être effectuée. L'analyse devra traduire les données en termes de critères qualitatifs pour la conception et d'exigences quantitatives de maintenabilité pour les sous-ensembles du dispositif par un processus d'allocation. Les résultats de cette analyse seront utilisés tout au long de la conception et du développement du projet et lors des essais, en vue d'estimer le degré de satisfaction aux exigences de maintenabilité au niveau de la conception. Cette analyse tiendra compte des points suivants:

- a) exigences globales de maintenabilité relatives au dispositif;
- b) conditions d'environnement pendant l'utilisation, qui comprennent les conditions de fonctionnement et de logistique de la maintenance;
- c) moyens disponibles pour la maintenance, qualification du personnel, appareils de mesure ou d'essai et outils nécessaires à la maintenance à chaque niveau logistique;
- d) toutes considérations restrictives y compris celles qui sont relatives au coût;
- e) études de conception déjà effectuées.

9.6 *Evaluation et prédiction de maintenabilité*

Cette activité est directement liée à celle qui est décrite au paragraphe 9.5, mais elle est menée de façon plus approfondie, à un moment ultérieur de la phase de conception.

Pendant cette phase, les efforts d'étude sont orientés vers la recherche d'une conception répondant aux objectifs de maintenabilité alloués au niveau de la conception et aux critères de conception relatifs à la maintenabilité. Cela est obtenu par une participation continue de l'ingénieur responsable de la maintenabilité, au niveau de la conception, en effectuant des analyses et en recherchant les possibilités d'amélioration.

Pendant cette phase, l'effort doit également porter sur une prédiction périodique des caractéristiques de maintenabilité, en vue d'estimer le niveau de réalisation des objectifs de maintenabilité du dispositif global. Aux écarts constatés devront correspondre une nouvelle attribution des objectifs et de nouveaux compromis. Ce dernier point constituera également un élément des comptes rendus de l'état d'avancement (voir paragraphe 9.3.4) et de la fourniture des données pour l'organisation de la maintenance (voir paragraphe 9.10).

9.7 *Exigences de maintenabilité dans les spécifications imposées aux sous-traitants et aux fournisseurs*

Etant responsable de la maintenabilité de la totalité du dispositif, le titulaire du contrat doit donc s'assurer que les programmes de maintenabilité appropriés sont appliqués par ses sous-traitants et fournisseurs.

En se fondant sur les résultats de l'analyse de maintenabilité (voir paragraphe 9.5), il introduira des exigences de maintenabilité, quantitatives et appropriées, dans les spécifications destinées aux sous-ensembles désignés par le sous-traitant et fournis par le vendeur pour les approvisionnements

i.e. whether the extra expenditure will bring benefits in the form of reduced maintenance costs and higher availability and in other forms of intangible benefits to the customer. Programme reviews should be held at regular intervals to consider the achievements of the programme and to approve any changes.

9.5 *Determination of design criteria and allocation of requirements to sub-divisions of the item*

In the first phase of design, an analysis of the qualitative and quantitative maintainability requirements should be carried out. The analysis will translate these inputs into qualitative design criteria and into detailed quantitative maintainability requirements for the sub-divisions of the item through an allocation process. The outputs of this analysis will be used during design, development and test to assess the degree of achievement of the maintainability design requirements. This analysis will take into account:

- a) the overall maintainability requirements;
- b) the environmental conditions of use including the operating and maintenance support conditions;
- c) the facilities available for maintenance, the personnel skills, the maintenance equipment and tools at each level of support;
- d) any cost or other restraints;
- e) design studies already carried out.

9.6 *Maintainability evaluation and prediction*

This activity is directly related to the one described in Sub-clause 9.5 but it is carried out in greater depth and at a later point in the design phase.

Study efforts during this phase are directed towards assuring a design satisfying the allocated design requirements and the design criteria for maintainability. This is done through continuous participation, by the maintainability engineer, in the design process performing analysis, seeking opportunities for improvement.

Another effort during this phase is a periodic prediction of maintainability characteristics thus assessing fulfilment of overall item maintainability requirements. Deviations will be transferred into new allocated requirements and trade-offs. The latter effort will also give a basis for status reporting (see Sub-clause 9.3.4) and submittal of maintenance planning data (see Sub-clause 9.10).

9.7 *Maintainability requirements in sub-contractor and vendor specifications*

The main contractor is responsible for maintainability of the entire item, thus he must ensure that maintainability programmes as appropriate are carried out by his sub-contractors and vendors.

Based on the results of maintainability analysis (Sub-clause 9.5) he shall include appropriate quantitative maintainability requirements in specifications for designated sub-contractor and vendor supplied sub-items procured for the item. These requirements must be stipulated in terms

du dispositif. Ces exigences doivent être exprimées sous une forme telle que leur bien-fondé puisse être démontré. Les spécifications destinées aux éléments en provenance des sous-traitants ou fournisseurs comprendront, le cas échéant, des informations comme:

- a) contraintes et exigences imposées au dispositif;
- b) politique de maintenance et exigences d'ordre logistique;
- c) exigences relatives à la normalisation et à l'interchangeabilité;
- d) exigences et procédures relatives à la démonstration de la maintenabilité.

Le titulaire du contrat imposera les procédures permettant de faire en sorte que les procédures correspondant à la maintenabilité mises en œuvre par les sous-traitants et les fournisseurs soient cohérentes avec les exigences relatives au dispositif global et qu'un contrôle adéquat soit exercé sur les sous-traitants et les fournisseurs en vue d'assurer la conformité avec toutes les exigences de maintenabilité spécifiées.

9.8 *Système de collecte et d'analyse des données et d'action corrective*

Le titulaire du contrat mettra en place un système de collecte des données de maintenabilité destiné à la prédiction pendant la conception et à l'évaluation des résultats de la démonstration. Les données devraient être recueillies à l'occasion de tout essai, qu'il s'agisse d'essais de conception ou de développement ou d'essais réalisés par le client, cela afin d'aider à la vérification que les exigences de maintenabilité ont bien été satisfaites et afin de réduire le besoin pour des essais de maintenabilité spéciaux qui peuvent être coûteux. Des précautions doivent être prises lorsqu'on utilise de telles données pour s'assurer que les conditions de l'essai peuvent être reliées aux conditions d'utilisation et à l'organisation de la maintenance du client.

Le titulaire devra analyser ces données pour les comparer avec les objectifs quantitatifs et qualitatifs de maintenabilité, identifier les problèmes, recommander des solutions, noter les actions correctives et les informations recueillies permettant de montrer l'efficacité de ces actions.

Il convient d'envisager l'emploi du même système de collecte de données au début de la période d'utilisation du dispositif.

9.9 *Réunions d'analyse de la conception*

Les éléments appropriés du programme de maintenabilité devraient être pris en considération à chaque réunion d'analyse de la conception. Des réunions supplémentaires peuvent être prévues pour le programme de maintenabilité et devraient alors être précisées dans le plan.

Toutes les modifications apportées à la conception seront passées en revue pour évaluer leur influence sur la réalisation des objectifs de maintenabilité. Un examen final sera effectué avant la mise en vigueur des plans et des spécifications pour la fabrication. Des procédures formelles d'examen seront précisées et planifiées dans le programme de maintenabilité.

9.10 *Etudes de facilité de maintenance*

A des instants appropriés, quand des dispositifs sont disponibles, le titulaire du contrat devrait réaliser l'étude expérimentale des tâches de maintenance dont il a défini la nécessité. Une priorité sera accordée aux tâches dont on escompte qu'elles seront les plus fréquentes, c'est-à-dire les parties de moindre fiabilité, les parties où une certaine usure est à craindre, les tâches prévues de maintenance préventive de routine. Ces études peuvent conduire à des modifications de conception pour améliorer la maintenabilité et permettre de formuler des exigences en moyens spéciaux, appareils de mesure et outils destinés à réduire la durée d'indisponibilité due à la maintenance. Elles entraîneront aussi des recommandations sur la qualification exigée du personnel de maintenance et donc sur sa formation.

suitable for demonstration. Specifications for sub-contractor and vendor sub-items will include, where applicable, such information as:

- a) item constraints and requirements;
- b) maintenance concepts and support requirements;
- c) standardization and interchangeability requirements;
- d) maintainability demonstration requirements and procedures.

The main contractor shall stipulate the procedures for assuring that the sub-contractor's and vendor's maintainability procedures are consistent with overall item requirements and that adequate surveillance of the sub-contractors and vendors will be maintained to enforce compliance with all maintainability requirements specified.

9.8 *Data collection, analysis and corrective action system*

The contractor shall establish a maintainability data collection system for prediction during design and for evaluation of demonstration results. Data should be collected from all tests and trials, whether design, development or customer trials to assist in verifying that the maintainability requirements are being met and to reduce the need for special maintainability trials which may be expensive. Care must be taken when using such data to ensure that the trial's conditions can be related to the conditions of use and the maintenance organization of the customer.

The contractor shall analyse the data against maintainability quantitative and qualitative requirements, identify problems, recommend solutions, record corrective actions, and include data collected which confirms the effectiveness of the corrective action.

Consideration should be given to the use of the same data collection system during the early use period.

9.9 *Design reviews*

The appropriate elements of the maintainability programme should be considered at each design review. Additional review points may be required for the maintainability programme and this should be stated in the programme plan.

All design changes shall be reviewed and their effects on the achievement of maintainability requirements evaluated. A final review shall be made prior to release of drawings and specifications for production. Formal review procedures shall be established and scheduled in the maintainability programme plan.

9.10 *Ease of maintenance studies*

At appropriate times, when items are available, the contractor should carry out experimental studies on the maintenance tasks which he has defined as necessary. Priority will be given to those tasks which are expected to be more frequent, i.e. areas of low reliability, areas where wear-out is expected and routine preventive maintenance tasks. These studies may lead to design changes for improvement of maintainability and may also identify any requirements for special facilities, maintenance equipment and tools to reduce the maintenance downtime. The studies may also result in recommendations on the skills required for maintenance personnel and hence their training.