

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
706-4**

Première édition
First edition
1992-09

Guide de maintenabilité de matériel

Partie 4:

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

Guide on maintainability of equipment

Part 4:

Section 8 - Maintenance and
maintenance support planning



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 706-4: 1992

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
706-4

Première édition
First edition
1992-09

Guide de maintenabilité de matériel

Partie 4:

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

Guide on maintainability of equipment

Part 4:

Section 8 - Maintenance and
maintenance support planning

© CEI 1992 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

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Termes, définitions et abréviations	10
3 Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance lors du processus de conception	10
3.1 Généralités	10
3.2 Concept de maintenance	12
3.3 Planification de la logistique de maintenance	12
4 Analyse de la logistique de maintenance	14
4.1 Utilisation du dispositif et définition du système logistique	14
4.2 Préparation et évaluation des diverses solutions	18
5 Spécification des ressources de logistique de maintenance	22
5.1 Analyse des tâches de maintenance et identification des ressources de logistique de maintenance	22
5.2 Analyse en exploitation	24
6 Estimation de la logistique de maintenance	24
7 Documentation	26
ANNEXES	
A Analyse de la planification de la maintenance	28
B Détermination des ressources de logistique de maintenance	40

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	11
2 Terms, definitions and acronyms	11
3 Planning for maintenance and maintenance support in the design process	11
3.1 General	11
3.2 Maintenance concept	13
3.3 Maintenance support planning	13
4 Maintenance support analysis	15
4.1 Use and maintenance support system definition	15
4.2 Preparation and evaluation of alternatives	19
5 Specification of maintenance support resources	23
5.1 Maintenance task analysis and maintenance support resource identification	23
5.2 Field analysis	25
6 Assessment of maintenance support	25
7 Documentation	27
ANNEXES	
A Maintenance planning analysis	29
B Maintenance support resources determination	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Partie 4: Section 8 Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance

AVANT-PROPOS

- 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.

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

Le texte de ce guide est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
56(BC)132	56(BC)140

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de ce guide.

Les annexes A et B font partie intégrante de ce guide.

La CEI 706-1, parue 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 CEI 706-2, parue en 1990, comprend la section suivante:

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 4: Section 8
Maintenance and maintenance support planning

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.

This guide has been prepared by IEC Technical Committee No. 56: Dependability.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
56(CO)132	56(CO)140

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

Annexes A and B form an integral part of this guide.

IEC 706-1, issued in 1982, contains the following sections:

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

IEC 706-2, issued in 1990, contains the following section:

- Section Five - Maintainability studies during the design phase.

La CEI 706-3, parue en 1987, comprend les sections suivantes:

- Section six - Vérification de la maintenabilité.
- Section sept - Recueil, analyse et présentation des données relatives à la maintenabilité.

Les titres prévus pour les autres sections de cette série sont:

- Section quatre - Contrôles et essais pour l'établissement de diagnostics.
- Section neuf - Méthodes statistiques en maintenabilité.

Ces sections quatre et neuf seront publiées comme parties.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-4:1992
Withdrawn

IEC 706-3, issued in 1987, contains the following sections:

- Section Six - Maintainability verification.
- Section Seven - Collection, analysis and presentation of data related to maintainability.

Tentative titles for other sections of this series are:

- Section Four - Diagnostic testing.
- Section Nine - Statistical procedures in maintainability.

Sections Four and Nine will be published as parts.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-4:1992
Withdrawn

INTRODUCTION

Il est généralement reconnu qu'il existe une relation étroite entre les domaines de la maintenabilité et de la maintenance. Atteindre pour un dispositif, pendant la phase opérationnelle, les objectifs de maintenabilité, dépend, dans une large mesure, de procédures appropriées concernant la maintenance et la logistique de maintenance, ainsi que de la disponibilité de ressources de maintenance adéquates. Il convient que les efforts déployés pour réduire le temps de maintenance active, grâce aux activités liées à un programme de maintenabilité (voir CEI 706-1, section trois), soient accompagnés d'une réduction correspondante des éléments du temps de maintenance non active provenant de retards techniques, logistiques et administratifs. Cela implique des efforts adéquats de planification de la maintenance et de la logistique de maintenance, en développant le concept de maintenance, en effectuant des analyses de planification de la maintenance (analyse des niveaux de réparation, identification et analyse des tâches de maintenance) et en déterminant les exigences en ressources de logistique de maintenance (personnel et formation, manuels techniques, matériel d'essais et d'aide à la maintenance, approvisionnement en éléments de rechange, installations).

La maintenance et les ressources de logistique de maintenance ont une influence majeure sur les coûts de cycle de vie (CCV) d'un dispositif et constituent des éléments qu'il convient de prendre en considération tout au long du processus de planification. Il convient donc que les tâches relatives à la maintenabilité et à la planification de la logistique de maintenance soient étroitement coordonnées, et soient effectuées d'une manière itérative.

Il convient de noter que les activités susmentionnées sont aussi bien applicables aux systèmes complexes qu'aux produits de consommation. Cependant, l'ampleur et la profondeur dans l'exécution des diverses tâches varieront fortement en fonction de l'application spécifique. Il est recommandé que la maturité du point de vue technologique, la complexité et les risques encourus, en ne satisfaisant pas aux exigences opérationnelles soient pris en considération dans la sélection des tâches pour une application particulière. Le but consiste à sélectionner un nombre minimal de tâches qui satisfassent le besoin. Les utilisateurs peuvent avoir leur propre organisation de logistique de maintenance de même que leurs propres systèmes, avec lesquels il importe que de nouveaux systèmes ou équipements soient compatibles. Il convient que ces contraintes soient considérées comme faisant partie des exigences de maintenabilité.

INTRODUCTION

It is generally recognized that a strong relationship exists between the areas of maintainability and maintenance. Achieving an item's maintainability objectives during the operational phase is largely dependent on appropriate maintenance and maintenance support procedures, and the provision of adequate maintenance resources. Efforts to reduce the active maintenance time by maintainability programme activities (see IEC 706-1, Section Three) should be accompanied by corresponding efforts to reduce the non-active maintenance time elements caused by technical, logistic and administrative delays. This presupposes adequate efforts in maintenance and maintenance support planning by developing the maintenance concept, performing maintenance planning analyses (repair level analysis, identification and analysis of maintenance tasks) and determining the maintenance support resource requirements (personnel and training, technical manuals, test and support equipment, spare parts provisioning, facilities).

Maintenance and maintenance support resources have a major influence on the life cycle costs (LCC) of an item, which should be considered throughout the planning process. Maintainability and maintenance support planning tasks should therefore be closely coordinated and performed iteratively.

It should be noted that the above activities are equally applicable to complex systems as to consumer products. However, the extent and depth of performing the various tasks will vary greatly with the application. Maturity of technology, complexity and risks involved in not meeting operational requirements should be considered when selecting the tasks for a particular application. The aim should be to select a minimum number of tasks to satisfy the need. Users may have their own maintenance support organization and systems with which new system/equipment should be compatible. Such constraints should be stated in the maintainability requirements.

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Partie 4: Section 8 Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance

1 Domaine d'application

Cette section du guide décrit les tâches à entreprendre lors de la planification de la maintenance et de la logistique de maintenance, et qu'il convient d'exécuter pendant la phase d'acquisition du système, de sorte que les objectifs de disponibilité soient atteints en phase opérationnelle. Les interfaces entre la fiabilité, la maintenabilité et le programme de planification de la logistique de maintenance, ainsi que les tâches qui leur sont associées, sont également décrites.

2 Termes, définitions et abréviations

Les termes et définitions utilisés dans ce guide diffèrent de ceux du chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service, du Vocabulaire Electrotechnique International (VEI). Ils seront toutefois alignés sur les recommandations de la CEI 50(191) à l'occasion de la future révision des différentes parties de la CEI 706.

Les abréviations suivantes sont utilisées dans cette norme:

ALM	Analyse de la Logistique de maintenance
AMDE	Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets [VEI 50(191)-16-03]
ANR	Analyse des Niveaux de Réparation
CCV	Coût de Cycle de Vie
IT	Informations Techniques
MCF	Maintenance Centrée sur la Fiabilité
MT	Manuel Technique
PMR	Provenance, Maintenance et Récupération

3 Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance lors du processus de conception

3.1 Généralités

Afin qu'un système puisse être efficacement mis en exploitation et maintenu à long terme pour un coût de cycle de vie optimal, il est nécessaire de planifier les activités de maintenance et de logistique de maintenance et d'acquies les ressources nécessaires. Ces activités commencent tôt dans les phases de conception et de développement, et se poursuivent tout au long des phases suivantes du cycle de vie. Les objectifs de planification des activités de maintenance et de logistique de maintenance sont les suivants:

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 4: Section 8

Maintenance and maintenance support planning

1 Scope

This section of the guide describes the tasks required for planning of maintenance and maintenance support. They should be performed during the system acquisition phase in order to meet the availability objectives in the operational phase. The interfaces between reliability, maintainability and the maintenance support planning programme and their tasks are also described.

2 Terms, definitions and acronyms

Terms and definitions in this guide deviate from those of Chapter 191: Dependability and quality of service, of the International Electrotechnical Vocabulary (IEV). They will, however, be aligned on the recommendations of IEC 50(191) at a future revision comprising all parts of IEC 706.

The following acronyms are used in this standard:

FMEA	Fault Mode and Effects Analysis (IEV (50)191-16-03)
LCC	Life Cycle Cost
MSA	Maintenance Support Analysis
RCM	Reliability Centred Maintenance
RLA	Repair Level Analysis
SMR	Source, Maintenance and Recoverability
TM	Technical Manual
TI	Technical Information

3 Planning for maintenance and maintenance support in the design process

3.1 General

To bring a system efficiently into operation and to maintain it in the long term at an optimum life cycle cost, it is necessary to plan maintenance and maintenance support activities, and acquire the necessary resources. These activities start early in the concept and development phase and continue throughout the succeeding life cycle phases. The objectives in planning the maintenance and maintenance support activities are as follows:

- développer un concept de maintenance et faire en sorte que les exigences de maintenance et de logistique de maintenance fassent partie intégrante des exigences relatives au système;
- déterminer l'impact de la conception de la maintenance du système en termes d'exigences de logistique de maintenance et optimiser le concept de maintenance;
- définir les exigences de logistique de maintenance ainsi que le plan de maintenance;
- spécifier les ressources nécessaires.

3.2 *Concept de maintenance*

Le développement d'un nouveau système ou équipement commence par la définition des exigences opérationnelles. Le développement du concept de maintenance qui suit cette définition, fournit les bases communes pour la définition des exigences de maintenabilité et pour la détermination des exigences de logistique de maintenance qui sont adaptées à la conception et qui satisfont les exigences opérationnelles. Le développement du concept de maintenance est l'une des étapes les plus importantes du cycle d'acquisition du système car il initialise la planification de la maintenance et de la logistique de maintenance, dont la responsabilité peut être dissociée de celle relative aux activités techniques de maintenabilité. Le concept de maintenance fournit une description générale d'un plan pour la maintenance et la logistique de maintenance d'un système ou d'un équipement dans un environnement opérationnel. Il décrit les points suivants:

- critères concernant le choix des échelons et des niveaux de maintenance;
- politiques et exigences fondamentales relatives à la logistique de maintenance (structure de cette logistique);
- critères concernant l'équipement de surveillance et d'essais (intégré, automatique, de contrôle).

Afin d'optimiser une conception et d'obtenir les coûts de cycle de vie les plus faibles, il est recommandé que les spécifications relatives au concept de maintenance et à la maintenabilité soient établies en parallèle.

3.3 *Planification de la logistique de maintenance*

Le but de ce travail est de développer le plan du programme, ainsi que les moyens pour contrôler ce programme, et de procéder à son étude critique. Il convient qu'un plan de logistique de maintenance décrivant les points suivants soit élaboré:

- structure de direction et responsabilités relatives au programme de logistique de maintenance;
- interfaces avec d'autres programmes d'activités techniques et d'autres tâches incluant les interfaces et les données résultant de ces tâches: conception, fiabilité, maintenabilité, étude des facteurs humains, sécurité, normalisation;
- moyens d'étude critique de la conception du point de vue de la logistique de maintenance;
- identification de chaque tâche, de son ampleur et de sa profondeur, et comment chacune sera effectuée;
- méthodes selon lesquelles les spécifications relatives à la logistique de maintenance seront distribuées parmi les concepteurs, les titulaires de contrats et les sous-traitants;
- méthodes et procédures pour le contrôle d'un programme et des revues de projet.

- develop a maintenance concept, and integrate maintenance and maintenance support requirements into system requirements;
- determine the impact of the system maintainability design in terms of maintenance support requirements and optimize the maintenance concept;
- define maintenance support requirements and a maintenance plan;
- specify the necessary resources.

3.2 *Maintenance concept*

The development of a new system/equipment starts with the definition of operational requirements. The development of the maintenance concept follows, and provides a common basis for the definition of those maintainability and maintenance support requirements which best suit the design and satisfy its operational requirements. The development of the maintenance concept is one of the most important steps in the system acquisition cycle because it initiates maintenance and maintenance support planning, responsibility for which may be separated from that for maintainability engineering. The maintenance concept describes a plan for system/equipment maintenance and maintenance support in an operational environment in terms of:

- criteria for choosing lines and levels of maintenance;
- policies and requirements for basic maintenance support (logistics);
- criteria for monitoring and test equipment (built-in, automatic, monitoring).

In order to optimize a design and achieve the lowest life cycle costs, the maintenance concept and maintainability requirements should be developed in parallel.

3.3 *Maintenance support planning*

The purpose of this task is to develop the maintenance support programme plan and the means of controlling and reviewing the programme. A maintenance support plan should be prepared describing the following:

- management structure and responsibilities for the maintenance support programme;
- interfaces with other engineering programmes and tasks including interfaces with data resulting from these tasks: design, reliability, maintainability, human engineering, safety, standardization;
- methods of reviewing the design from the maintenance support point of view;
- identification of each task, its extent and depth, and how it will be performed;
- methods by which maintenance support related requirements will be disseminated to designers, contractors and subcontractors;
- methods and procedures for control of a programme and design review.

4 Analyse de la logistique de maintenance

Les tâches spécifiques qui font partie de l'analyse de la logistique de maintenance (ALM) et qui sont effectuées sur la base d'un processus itératif tout au long du cycle d'acquisition sont décrites dans cet article. La sélection de ces tâches, de même que leur ampleur et leur profondeur vis-à-vis d'une application particulière, varieront en fonction des besoins et des contraintes du programme. Ces tâches peuvent être réparties à l'intérieur des groupes généraux suivants:

- utilisation (mission) du dispositif et définition du système logistique;
- préparation et évaluation des diverses solutions de logistique de maintenance.

La documentation d'ALM consistera en l'ensemble des données résultant de l'analyse ainsi que de l'étude des tâches, et fournira des données pour la conception de la logistique de maintenance. Elle fournira des moyens de vérification des décisions concernant la logistique de maintenance, ainsi que les éléments de base pour l'acquisition des ressources. Lorsque le fournisseur réalise l'ALM, la fourniture de ces données au client devrait être spécifiée dans le contrat.

4.1 *Utilisation du dispositif et définition du système logistique*

L'objet des travaux suivants est d'établir des objectifs de logistique de maintenance, ainsi que des buts de conception relatifs à la logistique de maintenance.

4.1.1 *Etude de l'utilisation du dispositif*

Il convient que des études soient effectuées sur l'utilisation du système ou de l'équipement concerné, et que soient pris en considération les éléments suivants:

- plan d'utilisation opérationnelle;
- environnement;
- durée de service;
- capacités et limitations en ressources humaines.

Des facteurs pertinents de la logistique de maintenance correspondant à l'utilisation prévue doivent être identifiés et consignés. Il est recommandé que soient effectuées des visites sur le terrain, concernant les unités opérationnelles de même que les activités de logistique de maintenance, qui représentent le plus fidèlement possible l'environnement opérationnel et de logistique de maintenance prévu. Des facteurs pertinents de la logistique de maintenance relatifs à l'utilisation prévisible de nouveaux systèmes ou équipements, des données quantitatives ainsi que des rapports de visites sur le terrain, doivent être consignés.

4.1.2 *Etude critique et/ou analyse comparative de l'expérience opérationnelle*

Il convient que l'expérience opérationnelle sur des systèmes similaires soit soumise à un examen critique afin d'établir un rapport entre l'expérience passée et les exigences de maintenance et de logistique de maintenance concernant la nouvelle acquisition. Il est recommandé que cette étude critique utilise les informations de fournitures, de maintenance, ainsi que celles de nature opérationnelle provenant de systèmes en exploitation. Il convient de faire usage de systèmes de recueil de données et autre documentation pertinente, recoupés par les visites sur le terrain. Ces informations seront utilisées afin d'apporter des améliorations concernant la maintenance et la logistique de maintenance.

4 Maintenance support analysis

The specific tasks which are part of the maintenance support analysis (MSA) and which are performed in an iterative way throughout the acquisition cycle are described in this clause. The selection of these tasks, and their extent and depth for a particular application will vary with the programme needs and constraints. These tasks can be divided into the following general groups:

- use (mission) and maintenance support system definition;
- preparation and evaluation of maintenance support alternatives.

The documentation of MSA shall include all data resulting from analyses and other tasks, and shall provide maintenance support design data. It shall specify means of verifying maintenance support decisions and provide the basis for acquisition of resources. When the supplier performs MSA, provision of the data to the customer should be specified in the contract.

4.1 Use and maintenance support system definition

The purpose of the following tasks is to establish objectives for maintenance support and maintenance support related design.

4.1.1 Use study

Studies should be made on the use of the proposed system/equipment and should consider the following:

- operational pattern;
- environment;
- service life;
- human capabilities and limitations.

Pertinent maintenance support factors related to the intended use shall be identified and documented. Field visits should be made to those operational units and maintenance support activities which most closely represent the planned operational and maintenance support environment. Maintenance support factors relevant to the intended use of new system/equipment, quantitative data and field visit reports shall be documented.

4.1.2 Operational experience review and comparative analysis

Operational experience with similar systems should be reviewed to relate past experience to maintenance and maintenance support requirements for the new acquisition. This review should utilize supply, maintenance and operational information from operating systems. Use should be made of data collection systems and other relevant documentation, backed by the field visits. This information will be applied to improvements in maintenance and maintenance support.

Lorsqu'un système de référence comparatif peut être adopté, les informations concernant ce système aident à identifier les points suivants:

- sous-systèmes et composants avec potentialité de taux de défaillance élevés;
- contributions majeures au temps d'indisponibilité;
- éléments prépondérants des coûts de maintenance;
- caractéristiques de conception qui améliorent la logistique de maintenance;
- problèmes potentiels de logistique de maintenance;
- idées générales de conception ayant des impacts potentiels sur la sécurité ou les facteurs humains;
- exigences concernant les ressources de logistique de maintenance telles que personnel, formation, logiciel, informations techniques, équipements d'essais et d'aide à la maintenance, installations et rechanges.

4.1.3 *Identification et standardisation du système de logistique de maintenance*

Il convient que des études soient effectuées pour définir les contraintes de conception relatives à la logistique de maintenance basées sur les ressources de logistique de maintenance existantes et planifiées. L'utilisation des ressources de logistique de maintenance existantes peut réduire de façon substantielle les coûts de cycle de vie, minimiser l'impact de l'introduction de nouveaux systèmes ou équipements et en améliorer la disponibilité. L'identification des ressources de maintenance existantes peut être accomplie par une étude critique de la documentation appropriée et par des visites sur le terrain. Lorsque les ressources existantes et planifiées ont été identifiées et analysées, et que les avantages en découlant ont été déterminés, il convient que les exigences de logistique de maintenance soient identifiées et consignées afin de fournir les éléments pour de futures études d'ALM.

4.1.4 *Objectifs de conception de la maintenance et de la logistique associée*

Le but de ce travail est d'établir:

- les caractéristiques de logistique de maintenance résultant de différentes solutions de conception ainsi que de divers concepts opérationnels; les caractéristiques de la logistique de maintenance doivent être exprimées en termes d'éléments de faisabilité de logistique de maintenance, de coûts de maintenance, d'exigences en matière de ressources de maintenance et d'indisponibilité résultant du manque de ressources de logistique de maintenance;
- la logistique de maintenance, les objectifs de conception et les contraintes correspondants concernant le nouveau système ou équipement destiné à être inclus, de façon appropriée, dans les exigences et les spécifications du système ou de l'équipement.

Ces objectifs sont établis sur la base de l'expérience acquise grâce à des équipements similaires et à une normalisation du système de logistique de maintenance, et sont sujets à des compromis pour parvenir à la solution la plus efficace du point de vue des coûts. Il convient que soient considérés les nouveaux progrès technologiques destinés à réaliser des améliorations vis-à-vis des méthodes d'approche existantes concernant la logistique de maintenance, et que leurs effets soient évalués. Il est recommandé d'identifier toutes les conséquences qu'une nouvelle technologie peut avoir sur la logistique de maintenance.

When a comparative reference system can be established, information on that system helps to identify the following:

- subsystems and components with potentially high failure rates;
 - major downtime contributors;
 - most significant factors in maintenance costs;
 - design features which enhance maintenance support;
 - potential maintenance support problems;
 - design concepts with potential impact on safety or human factors;
-
- requirements for maintenance support resources such as personnel, training, software and technical information, test and support equipment, facilities and spares.

4.1.3 *Maintenance support system identification and standardization*

Studies should be made to define design constraints related to maintenance support, based on existing and planned maintenance support resources. Use of existing resources can substantially reduce life cycle costs and minimize the need to introduce and improve new system/equipment availability. Existing maintenance resources can be identified by reviewing appropriate documentation and by field visits. Once existing and planned resources have been identified and analyzed, and their benefits determined, then maintenance support requirements should be identified and documented to provide inputs into further MSA tasks.

4.1.4 *Objectives of maintenance and maintenance support related design*

The purpose of this task is to establish the following:

- maintenance support characteristics resulting from various design alternatives and operational concepts; they shall be expressed in terms of feasible maintenance support features, maintenance costs, maintenance resource requirements and unavailability caused by lack of maintenance support resources;
- maintenance support, and related design objectives and constraints for the new system/equipment for inclusion in the system/equipment requirements and specifications.

These objectives are based on experience with standardization of similar equipment and maintenance support systems, and are subject to trade-offs to achieve the most cost-effective solution. New technological advances to achieve improvements over the existing maintenance support approaches should be considered and their effects evaluated. Any maintenance support risks associated with new technology should be identified.

4.2 Préparation et évaluation des diverses solutions

Le but des travaux décrits ci-après est d'établir des objectifs de logistique de maintenance. Ces travaux sont de nature itérative et sont applicables à toutes les phases du cycle d'acquisition du système ou de l'équipement. Ces travaux sont généralement effectués de façon séquentielle, c'est-à-dire que les exigences sont identifiées, que les différentes solutions sont développées afin de satisfaire les exigences, et que les évaluations ainsi que les compromis sont étudiés. Le processus est ensuite reconduit à de plus bas niveaux de découpage et de détail, et à des périodes compatibles avec le développement de la conception et des idées générales relatives à l'aspect opérationnel. Dans les phases précoces du cycle de vie, il est recommandé que les exigences et les différentes solutions soient développées uniquement au niveau requis pour analyser les différences et procéder à l'étude des compromis. Des détails supplémentaires peuvent être développés après que ces compromis ont été réalisés et la gamme des différentes solutions se trouve réduite. Le plan de logistique de maintenance doit être finalisé suffisamment tôt pour permettre le développement et le test des ressources nécessaires pour le réaliser.

4.2.1 Identification des exigences de maintenance et de logistique de maintenance

Le but de ce travail est, tout d'abord, d'identifier les opérations de maintenance et de logistique de maintenance qui doivent être exécutées pour chaque solution considérée concernant le système ou l'équipement puis, ensuite, d'identifier les ressources nécessaires pour faire fonctionner et maintenir le nouveau système ou équipement dans l'environnement prévu pour lui. Cette tâche doit être effectuée assez tôt, afin que l'on soit en mesure de prendre des décisions de conception destinées à assurer que le système ou équipement qui en résultera permettra d'atteindre le meilleur compromis entre les coûts, les délais, les performances et la logistique de maintenance.

Les exigences qui sont propres au nouveau système ou équipement du fait de nouvelles technologies ou de nouveaux concepts opérationnels, ou bien qui sont significatives du point de vue de la logistique de maintenance, des coûts et de la disponibilité, doivent être identifiées, de même que tout risque encouru à ne pas être en mesure de satisfaire à ces exigences. Il convient que la maintenance préventive, la maintenance corrective, les manipulations et autres tâches de logistique de maintenance soient identifiées en utilisant les méthodes suivantes:

- l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) ou une analyse équivalente, identifiera les modes de défaillance possibles et leur effet sur le fonctionnement du système ou de l'équipement et fournira des éléments de documentation concernant les exigences de maintenance corrective; il convient que ces analyses soient effectuées au niveau de découpage adéquat, compatible avec le niveau de maintenance considéré; ces analyses fourniront aussi les éléments de base concernant la spécification et l'évaluation des tests intégrés au dispositif et des essais externes à celui-ci;
- les exigences de maintenance préventive peuvent être spécifiées grâce à une analyse de maintenance centrée sur la fiabilité (MCF) et basée sur des données AMDE;
- il convient que les manipulations et autres tâches de logistique de maintenance non identifiées par l'AMDE ou la MCF soient identifiées grâce à l'analyse des exigences fonctionnelles et du fonctionnement prévu du nouveau système ou équipement.

Le résultat du travail d'identification des exigences relatives à la maintenance et à la logistique de maintenance fournit des éléments pour la formulation des diverses solutions de conception et de logistique de maintenance destinées à satisfaire les exigences susmentionnées de façon efficace par rapport aux coûts.

4.2 *Preparation and evaluation of alternatives*

The purpose of the following tasks is to establish maintenance support objectives. These tasks are iterative and are applicable in all phases of the system/equipment acquisition cycle. These tasks are generally performed in sequence, that is: requirements are identified, alternatives are developed to satisfy them, and evaluations and trade-offs are conducted. The process is then repeated at lower levels of breakdown and detail at a suitable time, consistent with the design and operational concept development. In the early phases of the life cycle requirements and alternatives should only be developed to the level required to analyze differences and conduct trade-offs. More detail can be developed when the range of alternatives is narrowed. The maintenance support plan shall be finalized early enough to allow development and testing of the necessary resources.

4.2.1 *Identification of maintenance and maintenance support requirements*

The purpose of this task is to identify, firstly, maintenance and maintenance support functions that shall be performed for each system/equipment alternative under consideration, and then the resources necessary to operate and maintain the new system/equipment in its intended environment. This task shall be performed early enough to influence design decisions which assure that the resulting system/equipment will achieve the best balance between cost, schedule, performance and maintenance support.

Requirements which are unique to the new system/equipment due to new technology or operational concepts, or which are significant in maintenance support, cost and availability shall be identified, together with any risks from failure to meet these requirements. Preventive maintenance, corrective maintenance, operations and other support tasks should be identified using the following methods:

- failure mode and effect analysis (FMEA) or equivalent will identify the possible failure modes, and their effect on system/equipment operation and document corrective maintenance requirements; these analyses should be at a level of breakdown consistent with the maintenance level and will provide a basis for specifying and evaluating built-in and external tests;
- preventive maintenance requirements can be specified by means of reliability centred maintenance (RCM) analysis which is based on FMEA data;
- operations and other maintenance support tasks not identified by FMEA or RCM analysis should be identified through analysis of functional requirements and intended operation of the new system/equipment.

The output from the identification of requirements for maintenance and maintenance support provides input into formulation of design and maintenance support alternatives which meet these requirements cost-effectively.

4.2.2 *Diverses solutions concernant le système de logistique de maintenance*

Le but de ce travail est d'établir divers concepts de logistique de maintenance, correspondant aux diverses solutions concernant le nouveau système ou équipement, qui satisfassent les exigences établies. Chaque solution de concept de logistique de maintenance sera développée à un niveau de détail proportionné au degré de développement du matériel et du logiciel.

Les diverses solutions initiales de logistique de maintenance consisteront en concepts de logistique de maintenance se situant au niveau système, qui présentent des caractéristiques de logistique de maintenance, des coûts, des éléments critiques, et qui respectent les exigences propres à un nouveau système. Après évaluation, ces diverses solutions seront formulées pour un niveau inférieur, à des fins de compromis et d'évaluations plus approfondies. Ce processus se poursuit de façon itérative tout au long du processus d'acquisition, jusqu'à ce qu'il se transforme en un concept détaillé de logistique de maintenance, couvrant tous les échelons de maintenance ainsi que tous les éléments de matériel et de logiciel retenus pour nécessiter un soutien logistique, de même que tout ou une grande partie des tâches d'utilisation en fonctionnement et des tâches de maintenance.

4.2.3 *Evaluation des diverses solutions et analyse de compromis*

Le but de ce travail est de déterminer la solution préférée concernant le système de logistique de maintenance, parmi celles correspondant à chaque solution de conception du système ou équipement. L'analyse de compromis entre les solutions concernant la conception, l'exploitation et la logistique de maintenance, constitue une partie propre du développement du système. Des avantages optimaux sont obtenus lorsque ces analyses sont conduites en prenant en considération tous les facteurs liés au système (coûts, délais, performances et logistique de maintenance) avant que ce dernier ne soit finalisé. La nature des modèles et techniques d'étude de compromis utilisés, ainsi que l'importance, l'étendue et le niveau de détail de l'analyse, dépendront à la fois de la phase d'acquisition et de la complexité du système. Les compromis étudiés tôt dans le cadre du programme seront généralement de nature interdisciplinaire, de large portée. Au fur et à mesure que le développement avance, les compromis sont progressivement affinés, les données d'entrée deviennent plus spécifiques, et les éléments de sortie influencent un nombre plus faible des paramètres mis en jeu.

Il convient de suivre les étapes énumérées ci-après pour l'évaluation et l'analyse de compromis:

- identifier les critères concernant les exigences de logistique de maintenance, de coûts et de disponibilité qui seront utilisés;
- sélectionner ou élaborer des relations analytiques ou des modèles mettant en jeu la conception de la logistique de maintenance, les critères opérationnels ainsi que tous autres critères d'évaluation identifiés;
- conduire l'étude de compromis ou l'évaluation en utilisant les relations ou modèles établis, et sélectionner la (ou les) meilleure(s) solution(s) fondées sur des critères établis;
- conduire des analyses de sensibilité appropriées en ce qui concerne les variables qui ont un degré de risque élevé, ou bien qui ont un effet significatif sur la logistique de maintenance, les coûts ou la disponibilité concernant un nouveau système ou équipement;
- consigner les résultats d'étude de compromis et d'évaluation, en y incluant tous les risques et toutes les hypothèses mis en jeu.

4.2.2 *Maintenance support system alternatives*

The purpose of this task is to establish alternative maintenance support concepts for the new system/equipment alternatives which meet the stated requirements. Each alternative maintenance support concept will be developed to a level of detail commensurate with the hardware and software development.

Initial maintenance support alternatives will be system level concepts which address support features, costs, critical items and the unique requirements of a new system. After evaluation, they will be formulated at a lower level for further trade-offs and evaluations. This continues in an iterative manner throughout the acquisition process until it becomes a detailed support concept covering all lines of maintenance, selected items of hardware and software requiring maintenance support, and all or major operational and maintenance tasks.

4.2.3 *Evaluation of alternatives and trade-off analysis*

The purpose of this task is to select a maintenance support system for each system/equipment design alternative to assist selection of the best design. Trade-off analysis between design, operational and maintenance support alternatives is an inherent part of the system development. Optimum benefits are realized when these analyses consider all system factors (cost, schedule, performance and maintenance support) before the system is finalized. The nature of the trade-off models and techniques used and the magnitude, scope and level of detail of the analysis will depend upon both the acquisition phase and the system complexity. Trade-offs early in the programme will generally be interdisciplinary and broad in scope. As development progresses, they are progressively refined, inputs become more specific, and outputs influence a smaller number of related parameters.

The following steps should be followed in the evaluation and trade-off analysis:

- identify the criteria related to the maintenance support, cost and availability requirements;
- select or construct models or analytical relationships between maintenance support design and operational or any other identified evaluation criteria;
- conduct trade-off or evaluation using the established relationships or models and select the best alternative(s) based on established criteria;
- conduct sensitivity analyses of those variables with a high degree of risk or a significant effect on maintenance support, cost or availability for a new system/equipment;
- document trade-off and evaluation results including any risks and assumptions involved.

Les compromis entre les différentes solutions identifiées concernant la logistique de maintenance du nouveau système ou équipement sont conduits afin d'identifier l'approche qui, du point de vue de la logistique de maintenance, satisfait au mieux aux exigences. Les différentes solutions peuvent alors être ordonnées, comme peut être déterminée la sensibilité des résultats quant aux changements en matière de facteurs clés relatifs à la conception, à l'exploitation, ou à la logistique de maintenance. Il convient que les résultats, y compris les raisons de sélection ou de rejet de certaines solutions, soient consignés en vue d'itérations et affinements ultérieurs. Les résultats de l'analyse de compromis, à la fois entre les diverses solutions de logistique de maintenance d'une part et, d'autre part, entre les différentes solutions relatives à la logistique de maintenance, la conception et l'exploitation, deviennent une source principale de données d'entrée dans le processus de décision de conception du système. Les résultats de l'analyse de compromis doivent identifier les hypothèses et les risques mis en jeu.

La meilleure approche de la logistique de maintenance est sélectionnée en tant que résultat d'une analyse de compromis. Le concept de maintenance est concrétisé par le système de logistique de maintenance sélectionné qui fournit le cadre pour le développement des ressources de logistique de maintenance nécessaires et du plan de maintenance.

5 Spécification des ressources de logistique de maintenance

Il convient que les ressources spécifiques de logistique de maintenance soient déterminées en utilisant le système de logistique de maintenance retenu, déterminé à partir de l'analyse de 4.2. Les exigences en matière de ressources de logistique de maintenance, associées aux solutions proposées pour le système ou équipement, doivent être identifiées et affinées au fur et à mesure que le système ou équipement progresse au cours de son développement. Comme la conception avance, des données spécifiques de conception et d'exploitation seront analysées afin d'identifier de façon plus complète les exigences détaillées de logistique de maintenance. De telles données d'entrée détaillées concernant l'identification des exigences de logistique de maintenance sont produites par de nombreuses fonctions techniques. Par conséquent, ces activités doivent être étroitement coordonnées afin d'éviter les duplications d'effort et d'assurer, en temps utile, la disponibilité des données d'entrée requises.

5.1 *Analyse des tâches de maintenance et identification des ressources de logistique de maintenance*

Le but de l'analyse des tâches de maintenance est d'identifier les tâches de maintenance requises concernant le nouveau système ou équipement, afin:

- d'identifier les ressources détaillées de logistique de maintenance, en particulier celles qui sont nouvelles et qui sont critiques pour la disponibilité et le coût du système;

NOTE - Les détails de ces ressources sont décrits dans l'annexe B.

- de fournir les données requises pour le développement de détails de conception destinés à diminuer les coûts de maintenance et de logistique de maintenance, et pour optimiser les exigences en matière de ressources de logistique de maintenance;
- de fournir une source de données pour la préparation de la documentation de logistique de maintenance requise (manuels techniques, programme de formation, listes de compétences en matière de ressources humaines, etc.).

Trade-offs between the maintenance support alternatives identified for the new system/equipment are conducted to identify the maintenance support approach which best meets the requirements. Alternatives can then be ranked and the sensitivity of the results to changes in key design, operation or maintenance support factors assessed. Results, including the rationale for selection and rejection of alternatives, should be documented for subsequent iterations and refinements. Trade-off analysis results, both between maintenance support alternatives and between maintenance support, design, and operational alternatives, are a principal input into the system design decision process. Results shall identify the assumptions and risks involved.

The best maintenance support approach is selected as a result of trade-off analysis. The maintenance concept is embodied into the selected maintenance support system. It then provides the framework for the development of the necessary maintenance support resources and the maintenance plan.

5 Specification of maintenance support resources

Using the maintenance support system selected from the analysis in 4.2, specific maintenance support resources should be determined. Maintenance support resource requirements associated with proposed system/equipment alternatives shall be identified and refined as the system/equipment progresses through its development. Specific design and operational data will be analyzed to identify more completely the maintenance support requirements. Such data are generated by many engineering functions. These activities shall therefore be closely coordinated to avoid duplication of effort and assure timely availability of required input data.

5.1 *Maintenance task analysis and maintenance support resource identification*

The maintenance task analysis identifies the required tasks for the new system/equipment in order to:

- list maintenance support resources, in particular those which are new and are critical to the availability and cost of the system;

NOTE - Details of these resources are described in annex B.

- provide data required for the development of design details to reduce maintenance and maintenance support costs, and to optimize maintenance support resource requirements;
- provide source data for the preparation of the required maintenance support documentation (technical manuals, training programme, manpower skill lists, etc.).

Les étapes mises en jeu sont les suivantes:

- exécuter une analyse détaillée de tâche de maintenance pour chaque opération de maintenance identifiée concernant le nouveau système ou le nouvel équipement. Cette analyse fournit une liste des étapes de procédure requises afin d'exécuter la tâche et identifie les ressources de logistique de maintenance nécessaires à la réalisation de chaque tâche, en particulier celles qui sont nouvelles ou critiques;

NOTE - Les détails de cette analyse sont décrits dans l'annexe A.

- identifier les exigences en matière de formation et fournir des recommandations concernant la meilleure méthode de formation;
- analyser l'ensemble des ressources de logistique de maintenance nécessaires à chacune des tâches, et déterminer quelles sont les tâches qui ne parviennent pas à être effectuées grâce à la logistique de maintenance établie, ou bien celles qui ne satisfont pas aux objectifs ou contraintes de conception relatifs à la logistique de maintenance du nouveau système ou équipement;
- identifier, parmi les tâches, celles qui peuvent être optimisées ou simplifiées, ou bien proposer d'autres solutions détaillées de conception afin de ramener les exigences concernant les tâches à des niveaux acceptables;
- élaborer des spécifications techniques concernant les ressources de logistique de maintenance nécessaires;
- valider les informations clés contenues dans le plan de maintenance en exécutant les tâches de maintenance sur un équipement prototype; il est recommandé que la validation de la logistique de maintenance soit coordonnée avec les autres démonstrations et essais techniques concernant le système, afin de diminuer le temps passé et de réduire les efforts.

Il convient que le résultat de ce travail soit consigné dans le plan de maintenance et que l'étendue de ce travail soit efficacement ajustée par rapport à l'identification du matériel et du logiciel constituant le système sur lequel une analyse sera effectuée. Ce travail nécessite beaucoup de coordination et de liaisons d'interfaces avec les autres disciplines techniques mises en jeu dans le cycle de vie du système ou de l'équipement.

5.2 Analyse en exploitation

Le but de l'analyse en exploitation est d'estimer l'impact de l'introduction du nouveau système ou équipement au sein de systèmes de maintenance et d'installations existants, d'identifier les sources de main-d'oeuvre et de personnel destinées à satisfaire les exigences du nouveau système ou du nouvel équipement, de déterminer l'impact résultant de l'échec dans l'obtention des ressources de logistique de maintenance nécessaires au nouveau système ou équipement, et de déterminer le minimum de ressources nécessaires pour un environnement spécifié.

6 Estimation de la logistique de maintenance

Le but de ce travail d'estimation est de s'assurer que les exigences de logistique de maintenance spécifiées ont été atteintes et d'identifier les méthodes destinées à corriger les déficiences et à augmenter l'efficacité de la logistique de maintenance. Les problèmes de logistique de maintenance sont identifiés et les actions correctives appropriées mises en oeuvre. Il convient que la conformité contractuelle, concernant les aspects quantitatifs de la logistique de maintenance ainsi que les exigences de conception correspondantes,

The steps involved are as follows:

- conduct a detailed maintenance task analysis of each task identified for the new system/equipment; this analysis lists the steps required in performing the task and identifies maintenance support resources required to perform each task, in particular those which are new or critical;

NOTE - Details of this analysis are described in annex A.

- identify training requirements and recommend the best form of training;
- analyze the total maintenance support resources required for each task and determine which tasks fail to meet established maintenance support or maintenance support related design objectives, or constraints for the new system/equipment;
- identify those tasks which can be optimized or simplified, or propose alternative detailed designs to bring the task requirements within acceptable limits;
- prepare technical specifications for the maintenance support resources required;
- validate the key information contained in the maintenance plan by carrying out maintenance tasks on prototype equipment; this support should be coordinated with other system engineering demonstrations and tests to minimize time and effort.

The output from this analysis should be documented in the maintenance plan. Its scope should be effectively tailored when selecting system hardware and software on for analysis. This is the analysis requiring the closest coordination and interfacing with other engineering disciplines involved in the life cycle of the system/equipment.

5.2 Field analysis

The field analysis assesses the effect of the introduction of the new system/equipment upon existing maintenance systems and facilities. It also identifies manpower and personnel required for the new system/equipment. Further, it estimates the result of a failure to obtain the necessary support resources and determines the minimum level and type of resources for a specified environment.

6 Assessment of maintenance support

The purpose of the assessment is to ensure that the specified maintenance support requirements are met and to identify methods for correcting deficiencies and enhancing maintenance support effectiveness. Maintenance support problems are identified and appropriate corrective actions taken. Contractual compliance with quantitative maintenance support and support-related design requirements should also be demonstrated. Realistic test environments shall be established, considering the intended operational

soient également démontrées. Des essais d'environnement réalistes doivent être effectués en prenant en considération l'environnement opérationnel prévu et les ressources de logistique de maintenance proposées. Une vérification peut aussi être effectuée grâce à une analyse de la maintenance, de l'exploitation et des divers rapports établis en ce qui concerne les approvisionnements.

7 Documentation

Il convient que le travail de planification de la logistique de maintenance soit décrit dans des documents afin de fournir les rapports sur les analyses effectuées et les décisions prises influençant la logistique de maintenance du système ou de l'équipement. Cette documentation fournira:

- les données d'entrée pour toute analyse ultérieure dans le cycle de vie du système ou de l'équipement;
- un soutien, afin d'éviter une duplication des tâches et des analyses;
- une base de données destinée à fournir les éléments relatifs à la documentation d'approvisionnement concernant les ressources de logistique de maintenance;
- une base de données de la logistique de maintenance du système ou de l'équipement, et une base de données expérimentales pour les projets futurs.

Il convient que la documentation suivante soit élaborée.

- définition du concept de maintenance ainsi que des contraintes;
- plan d'analyse de la logistique de maintenance;
- résumé de l'étude d'utilisation du dispositif et définition du système de logistique de maintenance;
- analyse et évaluation des différentes solutions de logistique de maintenance;
- définition du système de logistique de maintenance retenu;
- spécification des ressources de logistique de maintenance:
 - 1) personnel et formation;
 - 2) manuels techniques et logiciel;
 - 3) équipements d'essais et d'aide à la maintenance;
 - 4) éléments de rechange;
 - 5) installations;
- données d'appoint, selon les besoins.

Lorsqu'elle est spécifiée par le client, la documentation décrite ci-dessus doit figurer dans le contrat, en tant que partie.

environment and the proposed maintenance support resources. Verification can also be performed by analysis of maintenance, operating and supply reporting systems.

7 Documentation

Maintenance support planning tasks should be documented to provide the record of analyses performed and decisions made affecting maintenance support of system/equipment. This documentation will provide:

- input into any subsequent analysis performed later in the system/equipment life cycle;
- help to avoid duplication of tasks and analyses;
- database of maintenance support resources for input into procurement documentation;
- database of system/equipment maintenance support, and experience database for future projects.

The following documentation should be prepared:

- definition of maintenance concept and constraints;
- maintenance support analysis plan;
- summary of use study and definition of maintenance support system;
- analysis of maintenance support alternatives and their evaluation;
- definition of selected maintenance support system;
- specification of maintenance support resources:
 - 1) personnel and training;
 - 2) technical manuals and software;
 - 3) test and support equipment;
 - 4) spare parts;
 - 5) facilities;
- supporting data as required.

When specified by the customer, the above documentation shall be submitted as part of the contract.

Annexe A **(normative)**

Analyse de la planification de la maintenance

A.1 Identification des tâches de maintenance

Les tâches de maintenance corrective et les tâches de maintenance préventive peuvent être toutes deux identifiées en utilisant les techniques d'analyse suivantes:

- analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE);
- analyse de maintenance centrée sur la fiabilité (MCF);
- étude critique détaillée des exigences fonctionnelles et des performances concernant le système ou l'équipement.

L'AMDE identifie les modes de défaillance du système et de ses composants, identifiant ainsi les tâches de maintenance corrective. Cette analyse est décrite dans la CEI 812.

La MCF, basée sur des données AMDE, identifie les tâches de maintenance préventive afin de:

- détecter et corriger les défaillances naissantes, soit avant qu'elles ne se produisent, soit avant qu'elles ne se transforment en défauts majeurs;
- diminuer la probabilité de défaillance;
- détecter des défaillances cachées qui se sont produites;
- augmenter l'efficacité du programme de maintenance du système ou de l'équipement par rapport aux coûts.

A.1.1 Tâches de maintenance corrective

Une AMDE identifie systématiquement les modes de défaillance probables, les effets possibles de chaque défaillance et la criticité de chaque effet sur l'accomplissement de la mission, la sécurité ou autre résultat ayant une certaine signification. L'AMDE sera généralement intégrée dans le programme de fiabilité; cependant, l'AMDE concernant un système doit être développée en même temps que l'ALM, du fait de la nécessité d'avoir des résultats d'AMDE pour effectuer l'ALM. En particulier, l'AMDE fournit les éléments de base pour la spécification et l'évaluation des essais externes ou des tests intégrés au matériel. Il convient que cette coordination prenne en considération le calendrier des opérations d'AMDE, le degré de détail nécessaire relatif au niveau de maintenance considéré, ainsi que les résultats consignés.

A.1.2 Tâches de maintenance préventive

Une analyse de maintenance centrée sur la fiabilité (MCF) correspond à une approche systématique destinée à analyser les données de fiabilité et de sécurité du système ou de l'équipement pour déterminer la faisabilité et l'opportunité des tâches de maintenance préventive, pour délimiter les domaines où se posent des problèmes de maintenance à prendre en compte lors de la revue de conception et afin d'établir le programme de maintenance préventive le plus efficace pour le nouveau système ou le nouvel équipement.

Annex A (normative)

Maintenance planning analysis

A.1 Maintenance task identification

Both corrective and preventive maintenance tasks can be identified using the following analysis techniques:

- failure mode and effect analysis (FMEA);
- reliability centred maintenance (RCM) analysis;
- detailed review of the system/equipment functional and performance requirements.

The FMEA identifies the failure modes of the system and its components, and hence the corrective maintenance tasks. This analysis is described in IEC 812.

The RCM analysis based on FMEA data identifies preventive maintenance tasks in order to:

- detect and correct incipient failures either before they occur or before they develop into major defects;
- reduce the probability of failure;
- detect hidden failures that have occurred;
- increase the cost-effectiveness of the maintenance programme for the system/equipment.

A.1.1 *Corrective maintenance tasks*

An FMEA systematically identifies the likely modes of failure, the possible effects of each failure, and the criticality of each effect on mission completion, safety or other significant outcomes. FMEA will generally be included under the reliability programme however FMEA for a system shall be developed in conjunction with the MSA tasks, some of which require FMEA results. In particular, FMEA provides the basis for built-in and external test specification and evaluation. The coordination of these tasks should consider the timing of the FMEA, the degree of detail required for the maintenance level considered and the documentation of results.

A.1.2 *Preventive maintenance tasks*

An RCM analysis consists of a systematic approach to analyzing system/equipment reliability and safety data in order to determine the feasibility and desirability of preventive maintenance tasks, highlight maintenance problem areas for design review consideration, and establish the most effective preventive maintenance programme for the new system/equipment.

On applique la logique MCF aux modes de défaillance individuels de chaque entité dans le système ou l'équipement identifié pendant l'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) par une détermination progressive de la façon dont les défaillances possibles peuvent être détectées et corrigées pour préserver les niveaux propres de fiabilité et de sécurité dans le système ou l'équipement.

A.2 Analyse des tâches de maintenance

Il convient que l'analyse des tâches de maintenance soit effectuée pour chacune des tâches de maintenance significative identifiées. Il convient que la procédure de base à suivre soit, de même, représentée sous forme d'un diagramme logique d'enchaînement des opérations. Il convient qu'un processus de localisation de panne ainsi que des conditions préalables soient d'abord représentés puis suivis, d'une part, de la procédure étape-par-étape relative à chaque défaillance significative identifiée lors de l'AMDE concernant l'élément considéré et, d'autre part, des tâches de maintenance préventive identifiées au cours de la MCF. Il est recommandé que les informations suivantes soient enregistrées:

- exigences de maintenance en termes d'objectif final d'action de maintenance (par exemple: retirer et remplacer, ajuster, etc.);
- fréquence de maintenance attendue ou recommandée;
- nombre de personnes, spécialité et niveau de compétence nécessaires à la réalisation de chaque tâche;
- endroit ou installation requis pour effectuer les tâches de maintenance décrites;
- tâches de maintenance identifiées selon un ordre séquentiel d'exécution, chaque tâche étant décrite avec suffisamment de détails techniques;
- outillages et équipements d'essais nécessaires pour accomplir les tâches de maintenance selon l'ordre requis;
- éléments de rechange et matières consommables requis pour la réalisation des tâches de maintenance;
- estimation du temps nécessaire pour accomplir chaque tâche et temps total requis pour réaliser complètement la séquence.

Un exemple de fiche de travail du manuel de maintenance est représenté dans la figure A.1.

RCM logic is applied to the individual failure modes of each item identified during the FMEA, through a progressive determination of how impending failures can be detected and corrected in order to preserve the inherent levels of reliability and safety.

A.2 Maintenance task analysis

Maintenance task analysis should be performed for each of the significant maintenance tasks identified. The basic procedure to be followed should be outlined in the format of a logic flow diagram. Fault isolation processes and prerequisites should be first outlined, followed by the step-by-step procedure for each significant failure identified in FMEA for the item and for the preventive maintenance tasks identified in RCM analysis. The following information should be recorded:

- maintenance requirements in terms of ultimate purpose of maintenance action (e.g. remove and replace, adjust, etc.);
- maintenance frequency expected or recommended;
- number of personnel, speciality and skill level necessary to perform each task;
- location or facility required to perform the maintenance tasks described;
- maintenance tasks in sequential order of performance, each task described in sufficient technical detail;
- tools and test equipment to accomplish the maintenance tasks in required sequence;
- spare parts and consumable material required to perform maintenance tasks;
- time estimate to complete each task and the total time required to complete the sequence.

An example of the maintenance manual worksheet is shown in figure A.1.

MANUEL DE MAINTENANCE N°		RÉFÉRENCES: (Identifier: instructions, plans, outils, listes, matières consommables)
PARTIE MÉCANIQUE <input type="checkbox"/>	PARTIE COMMANDE <input type="checkbox"/>	
EXIGENCE DE MAINTENANCE:	FABRICANT DU DISPOSITIF:	EXIGENCE EN MAIN-D'OEUVRE ET EN NIVEAUX DE COMPÉTENCE: Ex: 2 mécaniciens de maintenance (homme-jour)
FRÉQUENCE:	MODÈLE:	
	CODE DE L'ÉQUIPEMENT:	
SYSTÈME/ÉQUIPEMENT:	NUMÉRO D'IDENTIFICATION DU SYSTÈME	
SITUATION: (endroit ou installation où la maintenance est effectuée)	RÉVISION:	
RÉDIGÉ PAR:	DATE:	
APPROUVÉ PAR:	PAGE	DE

<p>Titre de chaque étape principale (ex: préparation, démontage, retrait, etc.)</p> <p>Enumérer ci-dessous toutes les tâches afférentes effectuées séquentiellement et, s'il y a lieu, identifier celles qui sont spécifiques:</p> <ul style="list-style-type: none"> - plans, instructions - matériel, outils - matières consommables - éléments de rechange - précautions à prendre - main-d'oeuvre nécessaire et durée d'accomplissement 	<p>Par exemple: retrait du volant</p> <p>Plan 637-F-781, 6569D80 et 9714D16</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Installer le protecteur de l'arbre b) Retirer le contre-écrou du volant <ol style="list-style-type: none"> 1. Retirer les vis qui sont en place. 2. Frapper légèrement l'écrou pour le débloquer avec une masse en cuivre ou en aluminium. 3. Dévisser l'écrou à la main. c) Enlever le volant, plan 637P781, plan 6569D80. S'assurer que les cales et les guides de cales sont marqués de façon appariée. Ceci est important. Le volant est soulevé, puis enlevé avec quatre bretelles d'égale longueur (WSL-09-156). Nombre de personnes nécessaires: 2 Temps nécessaire: 1h

Figure A.1 - Exemple de fiche de travail du manuel de référence

MAINTENANCE MANUAL NO. MECHANICAL <input type="checkbox"/> CONTROL <input type="checkbox"/>		REFERENCES: (Identify: instructions, drawings, tools, lists, consumables)
MAINTENANCE REQUIREMENT:	ITEM MANUFACTURER:	
FREQUENCY:	MODEL: EQUIPMENT CODE:	MANPOWER AND SKILL REQUIREMENT: e.g. 2 mechanical maintainers (journeyman)

SYSTEM/EQUIPMENT:	SYSTEM IDENTIFICATION NUMBER
LOCATION: (location or facility where the maintenance is performed)	REVISION:
PREPARED BY:	DATE:
APPROVED BY:	PAGE OF

<p>Title of each major step (e.g. preparation, dismantle, removal, etc.)</p>	<p>For example: removal of flywheel</p>
<p>List below all related tasks performed in sequence and when appropriate identify specific:</p> <ul style="list-style-type: none"> - drawings, instructions - equipment, tools - consumable materials - spare parts - precautions to be taken - required manpower and time for completion 	<p>Drawing 637-F-781, 6569D80 and 9714D16</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Install shaft protector b) Remove flywheel locknut <ul style="list-style-type: none"> 1. Remove set screws. 2. Tap nut loose with block of brass or aluminium. 3. Unscrew nut by hand. c) Remove flywheel, drawing 637P781, drawing 6569D80. Make certain keys and keyways are match-marked. This is important. Flywheel is jacked up then lifted off with four slings of equal length (WSL-09-156). Required manpower: 2 Required time: 1h

Figure A.1 – Example of a maintenance manual worksheet

A.3 Analyse des niveaux de réparation

En définissant le concept de maintenance détaillé et en établissant les critères relatifs à la conception de l'équipement, il est nécessaire de déterminer si, en cas de défaillance, il convient que les éléments soient réparés à l'échelon de maintenance opérationnel, ou intermédiaire ou à celui de l'entrepôt, ou bien soient mis au rebut. L'objectif de l'analyse est de définir des échelons et des niveaux de maintenance appropriés afin de minimiser les coûts à l'intérieur de contraintes de disponibilité données.

Cette analyse commence au cours de la phase conceptuelle du cycle de vie du système ou de l'équipement pendant laquelle le concept global est analysé et se précise de plus en plus au fur et à mesure que la conception progresse.

L'analyse des niveaux de réparation (ANR) est un procédé qui permet d'obtenir:

- des prises de décision systématiques:
 - 1) spécifiant ce qui doit être fait des entités présentant une défaillance;
 - 2) appliquant les mêmes critères à toutes les entités;
 - 3) éliminant les approches intuitives;
- une comparaison des différentes politiques de réparation:
 - 1) remplacement lors de la défaillance;
 - 2) réparation sur place ou bien dans l'atelier local;
 - 3) réparation au niveau de l'installation centralisée;
 - 4) réparation combinée au niveau local et au niveau central;
- une application de l'analyse du coût de cycle de vie (CCV):
 - 1) CCV complet: comparaison économique des différentes solutions de réparation lorsque tous les facteurs économiques sont pris en considération;
 - 2) CCV partiel: certaines catégories seulement sont prises en considération, par exemple uniquement les coûts de main-d'oeuvre et d'éléments de rechange;
- une prise en considération des implications non économiques:
 - 1) assurance de la sécurité;
 - 2) environnement opérationnel.

Il convient que les éléments de l'équipement destinés à être analysés soient sélectionnés avec attention et puissent se limiter aux éléments ayant un rôle significatif du point de vue maintenance.

Les informations suivantes fournissent les données d'entrée pour l'analyse du niveau de réparation:

- données opérationnelles concernant l'équipement, ainsi que la quantité, la situation, la durée de vie, etc.;
- différentes solutions de réparation envisageables;
- éléments de coûts;

A.3 Repair level analysis

In defining the detailed maintenance concept and establishing criteria for equipment design, it is necessary to determine whether items should be repaired at the organizational, intermediate or depot line of maintenance, or discarded in the event of failure. The objective of the analysis is to define appropriate lines and levels of maintenance to minimize the costs subject to availability constraints.

This analysis starts in the conceptual phase of the system/ equipment life cycle where the overall concept is analyzed, and becomes more detailed as the design progresses.

Repair level analysis (RLA) is a process which permits:

- systematic decision-making:
 - 1) specifying what to do with items that fail;
 - 2) applying the same criteria to all items;
 - 3) eliminating intuitive approach;
- comparison of alternative repair policies:
 - 1) replacement at failure;
 - 2) repair on site or in the local workshop;
 - 3) repair in centralized facility;
 - 4) mix of local and central repair;
- application of life cycle cost (LCC) analysis:
 - 1) complete LCC, economic comparison of repair alternatives when all economic factors are considered;
 - 2) partial LCC, with only some categories being considered, e.g. only incremental costs of labour and spares;
- consideration of non-economic implications:
 - 1) assurance of safety;
 - 2) operational environment.

Items of equipment for analysis should be carefully selected and may be limited to maintenance-significant items.

The following information provides input to repair level analysis:

- equipment operational data, quantity, location, lifetime, etc.;
- feasible repair alternatives;
- cost factors;

- personnel de réparation et ressources;
- données de fiabilité et de maintenabilité de l'équipement;
- rotation et temps de transport en direction et en retour des installations de réparation.

Les résultats de l'analyse conceptuelle des niveaux de réparation fournissent les données d'entrée pour le développement du concept de maintenance et de la politique de réparation du système ou de l'équipement.

Les résultats de l'analyse détaillée des niveaux de réparation fournissent un niveau de maintenance pour chaque entité et des données d'entrée pour l'analyse des tâches de maintenance et le développement d'un plan de maintenance.

A.4 Plan de maintenance

Il convient que les fiches de travail individuelles d'analyse des tâches de maintenance soient finalisées sous forme de plan de maintenance concernant le système ou équipement. Il est recommandé que ce plan définisse les ressources globales de maintenance et de logistique de maintenance, afin de satisfaire aux exigences opérationnelles pour un coût de cycle de vie optimal. Le plan d'ensemble fournit les informations permettant de savoir si les objectifs de maintenabilité spécifiés sont atteints, et si des travaux supplémentaires sont nécessaires pour satisfaire aux exigences du projet. Le processus de développement du plan de maintenance est représenté dans la figure A.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF
706-4:1992

- repair personnel and resources;
- equipment reliability and maintainability data;
- turnaround and transportation time to and from repair facilities.

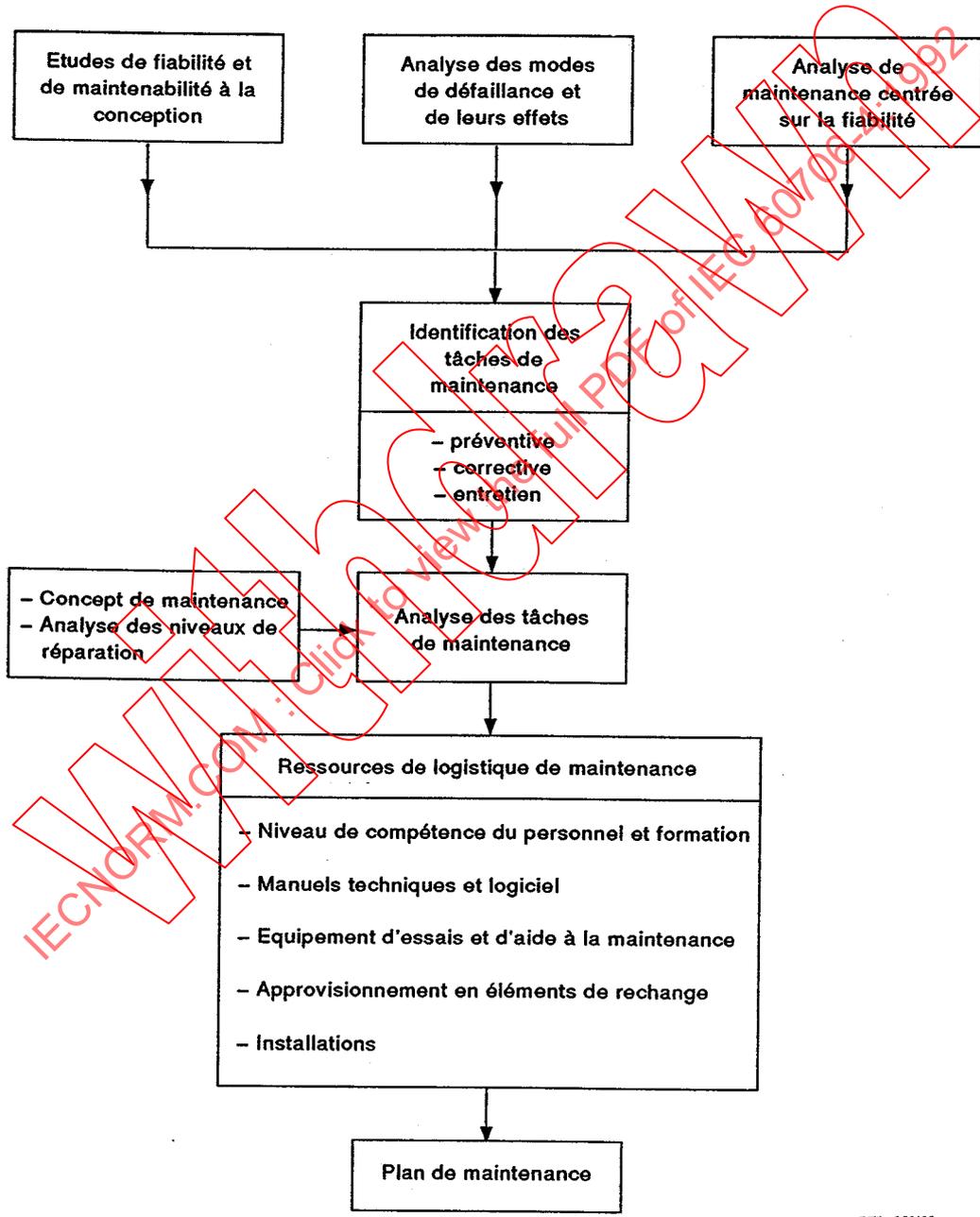
The output from the conceptual RLA provides an input into the development of the maintenance concept and the repair policy for the system/equipment.

The output from the detailed RLA makes possible the assignment of a maintenance level for each item and provides input into the maintenance task analysis and the development of the maintenance plan.

A.4 Maintenance plan

Individual maintenance task analysis worksheets should be consolidated into a system/equipment maintenance plan. This plan should define the overall maintenance and support resources to achieve operational requirements at optimum life cycle costs. The overall plan provides information on whether the specified maintainability objectives are met and whether further activities are required to meet the project requirements. The development process of the maintenance plan is shown in figure A.2.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF file
Withheld
706-4:1992



CEI 882/92

Figure A.2 - Développement du plan de maintenance

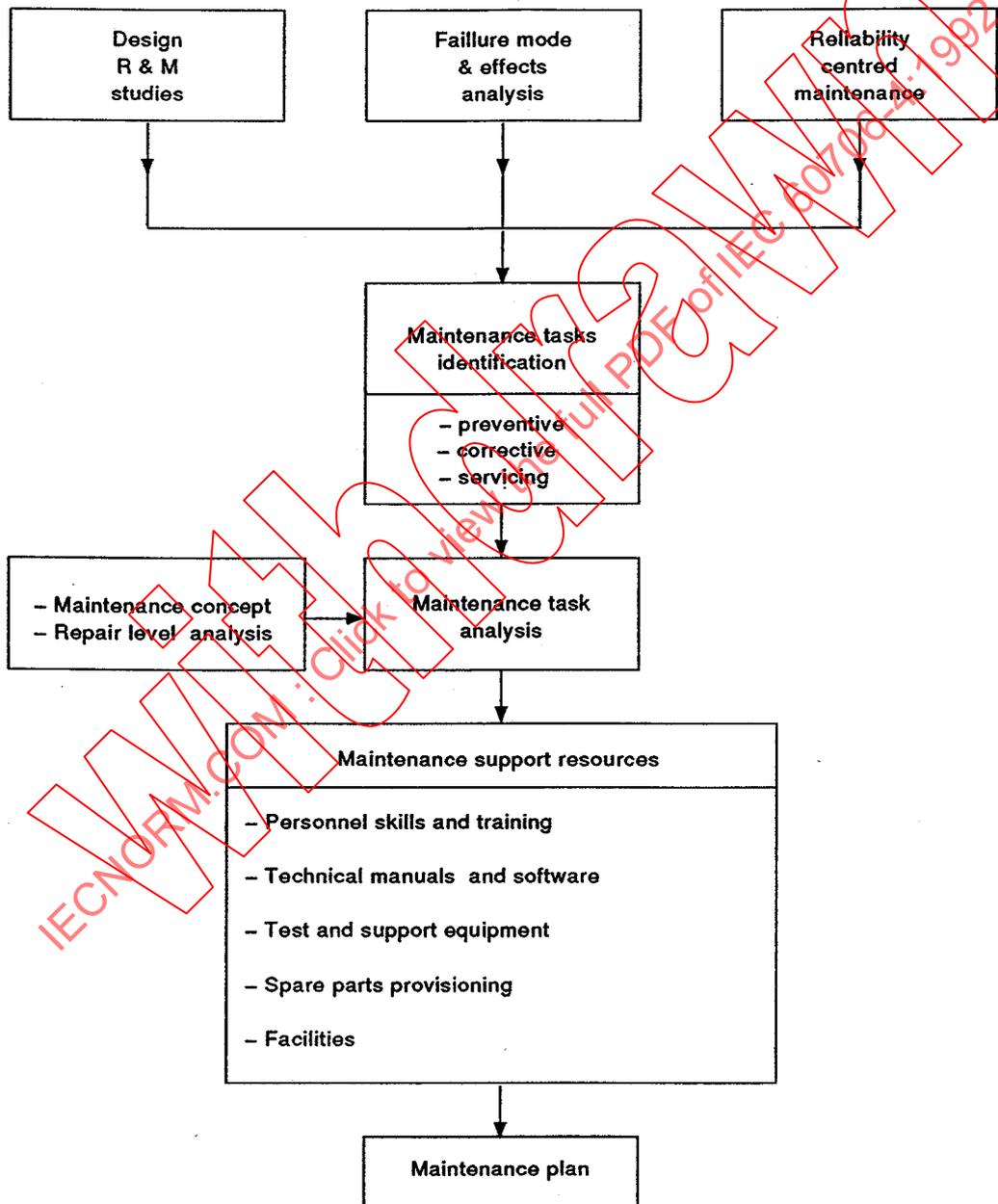


Figure A.2 – Development of the maintenance plan

Annexe B (normative)

Détermination des ressources de logistique de maintenance

Les ressources de logistique de maintenance devant permettre de satisfaire aux exigences opérationnelles en assurant la sécurité et en demeurant efficaces quant aux coûts, doivent être identifiées, définies, spécifiées, acquises et vérifiées. Cette partie du document décrit dans ses grandes lignes les activités nécessaires à l'obtention des ressources de maintenance suivantes:

- niveau de compétence du personnel et formation;
- manuels techniques et logiciel;
- équipement d'essais et d'aide à la maintenance;
- approvisionnement en éléments de rechange;
- installations.

B.1 Personnel et formation

B.1.1 Généralités

Afin d'atteindre les objectifs opérationnels pour le coût global de cycle de vie le plus faible, il est nécessaire que du personnel convenablement qualifié et formé soit disponible.

Pour la plupart des systèmes, l'élément de logistique de maintenance très coûteux est le personnel de maintenance. Une sélection soignée concernant ce personnel, de même que sa formation réelle, minimise ce coût. Dans le cas de systèmes complexes utilisant des conceptions faisant appel à des connaissances avancées dans l'état de l'art, le nombre de personnes, leur niveau de compétence ainsi que leur formation, doivent s'appuyer, comme base de départ, sur une analyse des exigences de maintenance. La formation doit être développée de telle sorte qu'elle soit cohérente avec la conception du système, le concept de maintenance et l'équipement d'aide à la maintenance. Le personnel doit être sélectionné et formé afin que soient mis à disposition, sur le site, lorsque le matériel livré devient opérationnel, des techniciens bien informés et compétents, et afin que l'état opérationnel soit maintenu après que les équipements de série ont été livrés en quantité.

La formation du personnel doit inclure à la fois la formation initiale et la formation de maintien à niveau afin de faire face au phénomène de sclérose et aux remplacements de personnes.

B.1.2 Exigences de niveau de compétence du personnel

Les spécialités du personnel, ainsi que les niveaux de compétence (c'est-à-dire les niveaux de base, intermédiaire et élevé), de même que le nombre de personnes, doivent être identifiés en évaluant la complexité et la fréquence des tâches dans l'analyse concernant la logistique de maintenance. Les spécialités et les niveaux de compétence doivent être définis pour chacun des endroits où l'équipement principal est exploité, ainsi que pour ceux où les opérations de maintenance sont exécutées. Ces exigences doivent être

Annex B (normative)

Maintenance support resources determination

Maintenance support resources to allow achievement of the operational requirements in a safe and cost-effective manner shall be identified, defined, specified, acquired and verified. This part of the document outlines activities needed to obtain the following maintenance resources:

- personnel skills and training;
- technical manuals and software;
- test and support equipment;
- spare parts provisioning;
- facilities.

B.1 Personnel and training

B.1.1 *General*

To achieve operational objectives at the lowest overall life cycle cost, it is required that properly qualified and trained personnel be available.

For the majority of systems, the most expensive element of maintenance support is maintenance personnel. Careful selection of this personnel and its effective training minimizes this cost. For complex systems which employ advanced state of the art designs, the number of personnel, their skill levels and their training shall be derived from an analysis of the maintenance requirements. Training shall be developed so that it is consistent with the system design, maintenance concept and support equipment. Personnel shall be selected and trained to become knowledgeable and capable technicians on site when the delivered system/equipment becomes operational, and also to keep it operational after production equipment is delivered in quantity.

Personnel training shall include both initial and continued training to cover attrition and replacement of personnel.

B.1.2 *Personnel skill requirements*

Personnel specialities, skill levels (i.e. basic, intermediate and high) and numbers required shall be identified by evaluating the complexity and frequency of tasks in the maintenance support analysis. Specialities and skill levels shall be established for each location where prime equipment is operated and where maintenance is performed. These requirements shall be compared against those initially specified for the system. Differences should be corrected through by updating the maintenance support analysis.

confrontées aux exigences de compétence du personnel initialement spécifiées pour le système. Il convient que les domaines où il existe des différences soient soumis à correction, à travers une mise à jour de l'analyse de la logistique de maintenance.

B.1.3 Exigences de formation

Après que les exigences concernant le personnel ont été données à partir des décisions prises lors de la conception du système, on détermine les ressources en personnel qu'il y a lieu d'attribuer afin d'exploiter et de maintenir le système lors de son utilisation opérationnelle. La différence, du point de vue des compétences, entre les exigences spécifiées et le personnel qui sera affecté, constitue l'élément de base d'un programme de formation à élaborer (c'est-à-dire l'effort particulier nécessaire pour une mise à niveau du personnel correspondant au niveau de compétence souhaité). Les besoins en formation doivent être définis en termes de contenu du programme, de durée de formation et d'exigences de données concernant l'équipement de formation.

Les ingénieurs traitant des facteurs humains s'intéressent aux exigences concernant le personnel et la formation afin de s'assurer qu'elles sont réalistes pour le système. Si les exigences de niveau de compétence sont élevées, et si un volume de formation important est prévu, il convient alors que la conception de l'équipement soit réexaminée afin de voir si des changements peuvent être opérés pour simplifier la situation. En outre, la nécessité de compétences élevées concernant le personnel limite de façon significative le marché relatif au recrutement de personnes qualifiées.

B.1.4 Planification

Il convient qu'un plan concernant le personnel et la formation couvre les points suivants:

- une formation d'opérateur incluant le type de formation, les exigences de bases de départ et un court résumé concernant les grandes lignes;
- une formation en maintenance à tous les échelons de maintenance incluant le type de formation, les exigences de bases de départ et un court résumé concernant les grandes lignes;
- du matériel de formation, des dispositifs, des aides à la formation, ainsi que des données nécessaires au soutien de l'activité de formation d'opérateur et de maintenance;
- une proposition de calendrier pour la formation initiale d'opérateur et de maintenance;
- une proposition sur la façon d'aborder une formation complémentaire durant tout le cycle de vie du système.

Il convient qu'un programme de formation inclue les composantes principales suivantes:

- des moyens pour analyser le travail destiné à identifier les exigences de formation;
- le développement d'objectifs spécifiques de formation;
- le développement de critères d'évaluation;
- une sélection des méthodes permettant de délivrer l'instruction;
- une mise en oeuvre de la formation;
- des moyens pour établir un rebouclage permettant de quantifier les résultats de la formation.

B.1.3 *Training requirements*

Given the requirements for personnel as dictated by the system design, the personnel resources needed to operate and maintain the system in the field are estimated. The difference in skills between the specified requirements and those of the actual personnel to be assigned becomes the basis for a formalized training programme (i.e. the effort required to rise personnel to the desired proficiency level). Training needs shall be defined in terms of programme content, duration of training and equipment data requirements.

Engineers who specialize in human factors are interested in the personnel and training requirements in order to ensure that these requirements are realistic for the system. If skill level requirements are high and a large amount of training is anticipated, then the equipment design should be re-evaluated to see if changes can be made to simplify the situation. In addition, a need for high personnel skills significantly increases the difficulty of finding qualified people.

B.1.4 *Planning*

A personnel and training plan should cover the following:

- operator training including type of training, basic entry requirements and a brief course outline;
- maintenance training at all lines of maintenance including type of training, basic entry requirements and a brief course outline;
- training equipment, devices, aids, and data required to support operator and maintenance training activity;
- proposed schedule for initial operator and maintenance training;
- proposed approach for further training throughout the system life cycle.

A training programme should consist of the following major components:

- a means of analyzing the job to identify training requirements;
- development of specific training objectives;
- development of evaluation criteria;
- selection of methods for delivery of instructions;
- implementation of the training;
- a means for assessment of the results of the training.

B.2 Manuels techniques et logiciel

B.2.1 Généralités

Il convient que les manuels techniques (MT) et/ou les informations techniques (IT) concernant tant le matériel que le logiciel, contiennent des informations et des procédures dont les opérateurs ainsi que le personnel de maintenance auront besoin afin d'effectuer leur travail correctement, efficacement et pour un coût optimal. Ces manuels et ces informations sont également utilisés comme aide à la formation. Il convient que les MT et/ou les IT soient conçus pour convenir aux besoins de l'utilisateur et structurés pour faciliter l'accès aux informations et la recherche des références. Les fournisseurs d'équipement doivent fournir les MT et/ou les IT écrits dans un langage spécifié par le client.

Un manuel technique pour des systèmes ou des équipements peut contenir les éléments suivants:

- une description;
- de la théorie;
- des procédures:
 - 1) fonctionnement;
 - 2) détection de panne;
 - 3) réparation;
 - 4) maintenance préventive;
 - 5) entretien;
 - 6) test;
 - 7) liste des pièces de rechange;
- des données de référence:
 - 1) schémas;
 - 2) schémas de câblage;
 - 3) répertoire des programmes.

Il convient que le concepteur de MT ait l'esprit orienté-utilisateur, ainsi qu'une bonne connaissance des considérations touchant le personnel. Il est recommandé qu'il tienne compte des facteurs suivants:

- caractéristiques, exigences et formats de l'utilisateur;
- caractéristiques de l'équipement;
- conditions d'environnement;
- conception du travail;
- conception de la formation.

Il existe de nombreux types de MT, et ils peuvent être présentés sous diverses formes. Les catégories de MT ainsi que les formes qui peuvent être utilisées pour les manuels sont énumérées ci-après:

B.2 Technical manuals and software

B.2.1 General

Technical manuals (TM) and technical information (TI) for hardware as well as software should contain information and procedures that operators and maintainers will need to do their job correctly, efficiently and cost-effectively. They are also used as training aids. TM and TI should be designed to suit the needs of the user and organized for easy access and reference. Suppliers of equipment shall provide TM and TI written in a language specified by the customer.

A technical manual for system/equipment may contain the following:

- description;
- theory;
- procedures:
 - 1) operation;
 - 2) fault diagnosis;
 - 3) repair;
 - 4) preventive maintenance;
 - 5) service;
 - 6) test;
 - 7) spare parts list;
- reference data:
 - 1) schematics;
 - 2) wiring diagrams;
 - 3) programme listings.

The TM designer should be user-oriented and familiar with personnel considerations. He should consider the following factors:

- user characteristics, requirements and formats;
- equipment characteristics;
- environmental conditions;
- job design;
- training design.

There are many types of TM and they can be presented in various media. The types of TM and media that can be used for manuals are listed below:

- types:
 - 1) uniquement des illustrations;
 - 2) procédures étape par étape;
 - 3) listes de contrôles des instructions importantes;

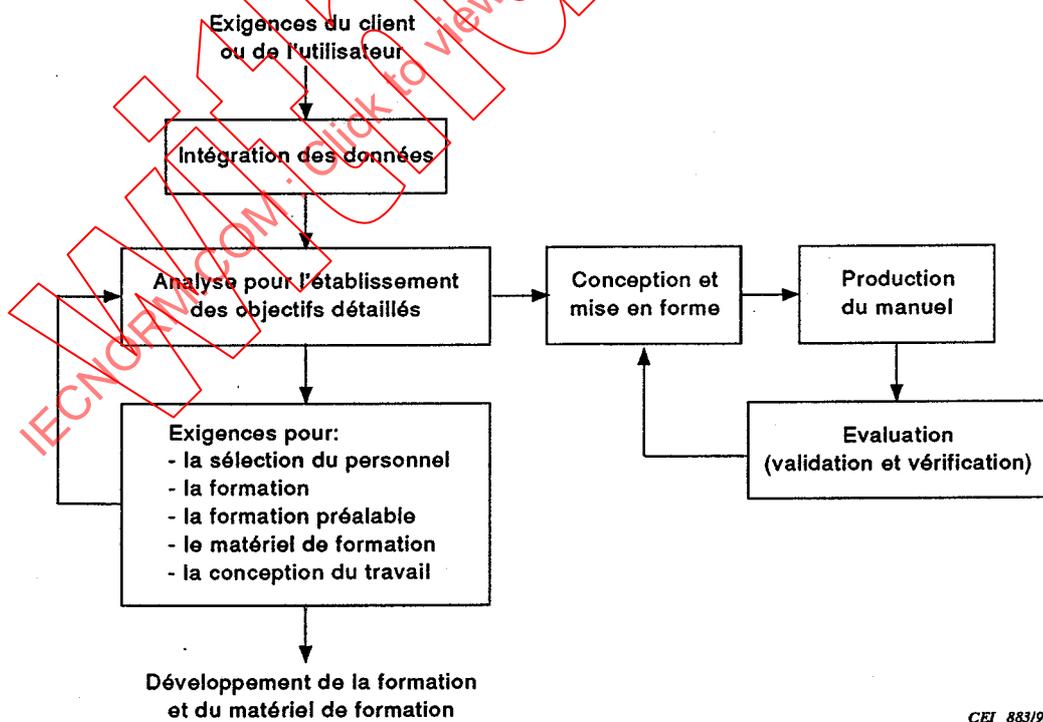
- formes:
 - 1) écriture;
 - 2) microfiches;
 - 3) supports audio/vidéo;
 - 4) supports sur ordinateur.

B.2.2 Développement d'un manuel technique

Dans le développement d'un manuel technique, il convient que l'accent soit mis sur les tâches, qui:

- sont difficiles à exécuter;
- se produisent fréquemment;
- influencent le succès de la mission.

Les phases de développement du manuel technique sont indiquées dans la figure B.1.



CEI 883/92

Figure B.1 - Phases de développement d'un manuel technique

- types:
 - 1) illustrations only;
 - 2) step-by-step procedures;
 - 3) checklists of important instructions;

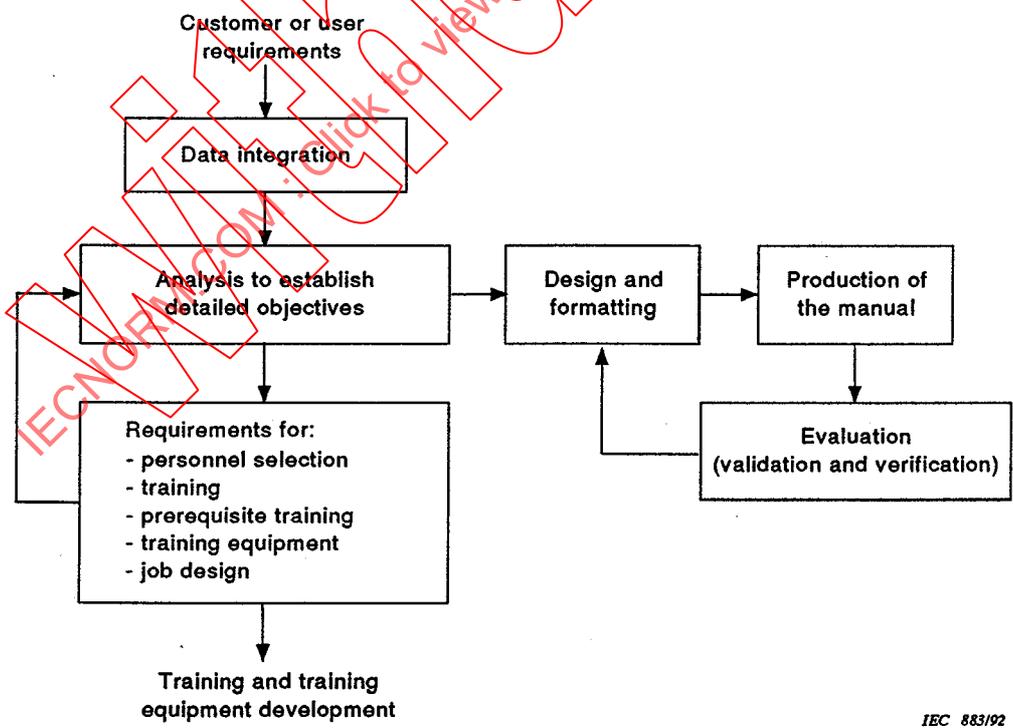
- media:
 - 1) print-out;
 - 2) microfiche;
 - 3) audio/video;
 - 4) computer-based medium.

B.2.2 Development of a technical manual

Emphasis in the development of a technical manual should be on those tasks which:

- are difficult to perform;
- occur frequently;
- influence mission success.

The phases of development of the technical manual are shown in figure B.1.



IEC 883/92

Figure B.1 – Development phases of a technical manual

B.2.3 *Structure d'un manuel technique*

La meilleure disposition pour un manuel technique est celle qui est la plus claire pour l'utilisateur; cependant, elle varie d'un cas à l'autre. En pratique, un manuel technique efficace est structuré à partir des considérations suivantes:

- ordre naturel (exécution ou occurrence);
- du plus critique au moins critique;
- du plus nécessaire au moins nécessaire;
- situation/distance/disponibilité.

B.2.4 *Informations techniques*

Il est recommandé d'utiliser au maximum les informations techniques existantes. On y parvient grâce aux éléments suivants:

- évaluation des informations techniques existantes en vue de l'adéquation dans la satisfaction des exigences des spécifications;
- détermination de la démarche la plus efficace quant aux coûts, par exemple:
 - 1) utilisation de l'information existante;
 - 2) mise à niveau de l'information existante;
 - 3) préparation de nouvelles informations.

Il convient que toutes les exigences pour l'information technique soient incluses dans le contrat du système ou de l'équipement. Elles peuvent comprendre les éléments suivants:

- données source relatives à la provenance;
- données dont le fournisseur est propriétaire;
- droits de reproduction;
- changements:
 - 1) modification;
 - 2) retouches.

B.2.5 *Formats*

Il convient que les manuels techniques soient élaborés selon des formats optimaux afin de les rendre faciles à lire et à comprendre. Il convient que les principes suivants soient respectés:

- utilisation de mots simples ordinaires;
- texte et modules d'illustration sous forme intégrée;
- bon style et bonne utilisation des mots;
- informations techniques adaptées au contexte.

B.2.3 *Organization of a technical manual*

The best technical manual layout is that which is most obvious to the user; however, it varies from one case to another. In practice, an effective technical manual is organized in the following way:

- natural order (performance/occurrence);
- most critical to least critical;
- most needed to least needed;
- location/distance/availability.

B.2.4 *Technical information*

Maximum use should be made of existing technical information. This is achieved by the following:

- evaluating existing technical information for adequacy in meeting specification requirements;
- determining the most cost-effective approach, such as:
 - 1) use of existing information;
 - 2) upgrading of existing information;
 - 3) preparation of new information.

All requirements for technical information should be included in the system/equipment contract. They may include the following:

- source data;
- proprietary data;
- reproduction rights;
- changes:
 - 1) modifications;
 - 2) alterations.

B.2.5 *Formats*

Technical manuals should be prepared in formats which make them easy to read and understand. The following principles should be followed:

- use of simple, familiar words;
- text and illustrations integrated;
- good style and language;
- technical information matched to the medium.

B.2.6 *Formation*

Le meilleur manuel technique n'est d'aucune valeur s'il n'est pas utilisé. Il est recommandé que le concepteur du manuel technique s'assure que des dispositions existent pour apprendre à l'utilisateur comment l'utiliser. Si cette possibilité de formation n'est pas accordée, le manuel technique peut ne jamais être utilisé.

La formation, les données de formation ainsi que le manuel technique sont interdépendants. Il est nécessaire d'établir des exigences de formation basées sur les compétences disponibles, les exigences de travail et le manuel technique. Il convient que des compromis entre manuel technique, formation et matériels/équipements/aides à la formation soient réalisés sur la base de l'efficacité globale du programme du point de vue des coûts.

B.2.7 *Evaluation*

L'efficacité d'un manuel technique peut être beaucoup mieux évaluée en utilisation réelle pour voir si l'utilisateur peut effectuer son travail efficacement. Les critères généraux sont les suivants:

- est-ce que les utilisateurs représentatifs peuvent accomplir leur tâche selon les normes requises?
- est-ce que la performance globale du système peut être améliorée? (hypothèse: l'amélioration des performances de maintenance améliore la performance du système).

En outre, les réactions et les suggestions de la part des utilisateurs, en vue d'améliorations, sont essentielles pour avoir un manuel technique efficace.

B.3 **Matériel d'essais et d'aide à la maintenance**

Le matériel nécessaire à la maintenance, l'entretien et les contrôles d'un système, mais qui n'est pas essentiel pour le fonctionnement de ce dernier, est qualifié de matériel d'aide à la maintenance. Les types et les quantités dépendent du type de travail d'aide à la maintenance requis. Ainsi, il peut s'avérer nécessaire de surveiller l'état ou le fonctionnement du système ou de l'équipement, ou bien d'exécuter des essais spécifiés afin de se rendre compte si les paramètres de fonctionnement sont bien à l'intérieur des limites prescrites, ou encore d'établir un diagnostic et de localiser un élément ou un composant défaillant. Le matériel nécessaire pour faire cela peut être incorporé dans le système ou dans l'équipement à acquérir. Il peut être commandé automatiquement ou manuellement, ou bien comprendre des ensembles d'éléments nécessaires pour effectuer des essais spéciaux ou tout aussi bien comporter un assortiment d'outils ordinaires ou courants. Les exigences globales sont issues des spécifications du système ou de l'équipement, en particulier de l'exigence en matière de disponibilité.

B.3.1 *Types de matériels d'aide à la maintenance*

Le matériel d'aide à la maintenance est classé selon l'utilisation, la disponibilité et la source de provenance, dans les catégories suivantes:

- outils manuels:
outils élémentaires pour faciliter la maintenance, tels que clés, marteaux, tournevis, pinces;

B.2.6 Training

The best technical manual is of no value unless it is used. The technical manual designer should ensure that provisions exist for teaching the user how to use the technical manual. If this training is not given, the technical manual may never be used.

Training, training data and the technical manual are interdependent. It is necessary to establish training requirements based on available skills, job requirements and the technical manual. Trade-offs among technical manual, training and training materials/equipments/aids should be made on the basis of overall programme cost-effectiveness.

B.2.7 Evaluation

The effectiveness of a technical manual can be best evaluated during actual use, to see if the user can do his job efficiently. The general criteria are as follows:

- can the representative users do the job to the required standard?
- can the overall system performance be improved? (assumption: improving maintenance performance improves system performance)

In addition, suggested improvements from users are essential for an effective technical manual.

B.3 Test and support equipment

All equipment required for maintenance, servicing and inspection of a system but not essential for its operation is called "support" equipment. The types and quantities depend on the type of support work needed. Thus it may be necessary to monitor the condition or operation of the system/equipment, or to perform specified tests to find out if the operating parameters are within specified limits, or to diagnose and locate a failed part or component. The equipment needed for this may be built into the system/equipment to be acquired. It may be operated automatically or manually, or there may be special test sets necessary as well as an assortment of common or standard tools. The overall requirements stem from the system/equipment specifications, in particular, the requirement for availability.

B.3.1 Types of support equipment

Support equipment is classified by use, availability and source into the following categories:

- hand tools:
basic tools to facilitate maintenance, such as wrenches, hammers, screwdrivers, pliers;

- outils manuels spéciaux (destinés à un type d'utilisation particulier):
outils manuels quelconques qui sont modifiés pour satisfaire une exigence spéciale, tel qu'une clé dont le manche est coudé de sorte qu'elle puisse atteindre un écrou ou un bouchon spécifique au sein d'un assemblage;
- matériel ordinaire d'aide à la maintenance:
tout matériel ordinaire d'usine pour démontage, assemblage, désassemblage, ou bien pour levage de matériels tel que grues, appareillages de suspension, élévateurs mécaniques à support fourchu;
- matériel général et courant d'aide à la maintenance:
tout équipement mécanique et électronique de mesure et de surveillance, tel que jauges de pression, multimètres électriques, oscilloscopes;
- matériel spécial d'aide à la maintenance:
tout équipement nécessaire à l'exécution d'une tâche spécifique pour un système spécifique, tel qu'appareils spéciaux permettant la mesure de paramètres mécaniques, ou bien un analyseur ou un testeur électronique spécial;
- outillage d'atelier:
appareils et équipements industriels qui sont nécessaires pour la révision, le contrôle et la réparation de systèmes et équipements importants tels qu'installations de soudage, d'usinage et d'essais.

B.3.2 Sélection du matériel d'aide à la maintenance

Avant que le matériel d'aide à la maintenance puisse être sélectionné, les caractéristiques principales de conception du système ou de l'équipement doivent être connues. La plupart du matériel ordinaire d'aide à la maintenance, de même que celui qui est général et courant, peut être sélectionné après achèvement de l'étude conceptuelle d'un système ou d'un équipement, et après qu'un concept de maintenance relatif à ce dernier, ainsi que les installations correspondantes, sont connus. Il convient que chaque tâche de maintenance relative à un système ou équipement soit soumise à une étude critique afin d'identifier le matériel d'aide à la maintenance nécessaire. Dès les premières étapes de la conception, ces exigences pourront être tout à fait générales, puis elles deviendront plus spécifiques à mesure que des spécifications de conception plus détaillées concernant le système ou l'équipement seront connues. Afin de minimiser la prolifération des éléments composant le matériel d'aide à la maintenance et de s'assurer qu'autant d'éléments d'utilisation courante que possible sont spécifiés, coordination et standardisation sont requises dans le processus de sélection. Il convient d'indiquer clairement à quelle catégorie, parmi les suivantes, le matériel sélectionné d'aide à la maintenance doit appartenir:

- matériel commercial d'utilisation courante:
la plupart du matériel d'aide à la maintenance ordinaire, courant et standard entrera dans cette catégorie;
- matériel industriel courant:
matériel utilisé couramment dans une branche spécifique de l'industrie, en admettant qu'il puisse éventuellement être modifié pour convenir à une utilisation;
- matériel nouveau spécial:
matériel qui est conçu et fabriqué à la demande, afin de satisfaire à la maintenance, à l'entretien ou au contrôle d'un système ou d'un équipement spécifique.