

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2004



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2004 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 60300-3-14

Edition 1.0 2004-03

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 03.100.40; 03.120.01

ISBN 2-8318-7563-3

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	6
INTRODUCTION.....	10
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives.....	12
3 Termes, définitions et acronymes	14
3.1 Termes et définitions	14
3.2 Acronymes	20
4 Vue d'ensemble du support de maintenance et de la maintenance	20
4.1 Aspects du cycle de vie	20
4.1.1 Généralités.....	20
4.1.2 Scénarios pour la maintenance et le support de maintenance.....	24
4.1.3 Concept et phase de définition	24
4.1.4 Conception et phase de développement	24
4.1.5 Phase de fabrication.....	26
4.1.6 Phase d'installation	28
4.1.7 Phase de fonctionnement et de maintenance.....	28
4.1.8 Phase de retrait.....	28
4.2 Description de la maintenance	28
4.2.1 Généralités.....	28
4.2.2 Politique de maintenance et concept	30
4.2.3 Niveaux d'intervention	30
4.2.4 Echelons de maintenance.....	30
4.2.5 Maintenance préventive et corrective.....	32
4.3 Description du support de maintenance	34
5 Responsabilité de gestion.....	34
5.1 Engagement de gestion	34
5.2 Clients.....	34
5.3 Politique de maintenance	34
5.4 Planification de la maintenance et du support de maintenance	36
5.5 Responsabilité, autorité et communication.....	36
6 Mise en application du processus de maintenance	36
6.1 Généralités.....	36
6.2 Gestion de la maintenance	38
6.3 Maintenance et planification du support de maintenance	38
6.3.1 Généralités.....	38
6.3.2 Description du support de maintenance	40
6.3.3 Identification des tâches de maintenance	42
6.3.4 Analyse des tâches de maintenance.....	44
6.3.5 Identification des ressources de support de maintenance	46
6.4 Préparation de la maintenance	48
6.5 Exécution de la maintenance.....	48

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	11
1 Scope.....	13
2 Normative references	13
3 Terms, definitions and acronyms	15
3.1 Terms and definitions	15
3.2 Acronyms	21
4 Maintenance and maintenance support overview.....	21
4.1 Life cycle aspects.....	21
4.1.1 General	21
4.1.2 Scenarios for maintenance and maintenance support.....	25
4.1.3 Concept and definition phase	25
4.1.4 Design and development phase.....	25
4.1.5 Manufacturing phase	27
4.1.6 Installation phase	29
4.1.7 Operation and maintenance phase	29
4.1.8 Disposal phase.....	29
4.2 Description of maintenance	29
4.2.1 General	29
4.2.2 Maintenance policy and concept.....	31
4.2.3 Indenture levels.....	31
4.2.4 Maintenance echelons.....	31
4.2.5 Preventive and corrective maintenance	33
4.3 Description of maintenance support.....	35
5 Management responsibility.....	35
5.1 Management commitment.....	35
5.2 Customers.....	35
5.3 Maintenance policy.....	35
5.4 Planning of maintenance and maintenance support.....	37
5.5 Responsibility, authority and communication	37
6 Maintenance process implementation	37
6.1 General	37
6.2 Maintenance management.....	39
6.3 Maintenance and maintenance support planning	39
6.3.1 General	39
6.3.2 Determination of maintenance support.....	41
6.3.3 Maintenance task identification.....	43
6.3.4 Maintenance task analysis.....	45
6.3.5 Identification of maintenance support resources	47
6.4 Maintenance preparation	49
6.5 Maintenance execution.....	49

7	Gestion de ressource	50
7.1	Disposition des ressources	50
7.2	Ressources humaines	50
7.2.1	Généralités	50
7.2.2	Formation	52
7.3	Infrastructure	52
7.3.1	Généralités	52
7.3.2	Équipement de support	52
7.3.3	Équipement de test intégré (BITE)	56
7.3.4	Moyens de maintenance	58
7.3.5	Moyens techniques et administratifs	58
7.3.6	Systèmes d'information de maintenance informatisés	60
7.4	Ressources d'information	60
7.4.1	Généralités	60
7.4.2	Documentation	60
7.4.3	Information de maintenance	66
7.5	Matériels et pièces détachées	68
7.5.1	Généralités	68
7.5.2	Quantification des pièces détachées	70
7.5.3	Identification des pièces détachées	72
8	Mesures, analyses et amélioration	74
8.1	Généralités	74
8.2	Surveillance et mesures	74
8.2.1	Généralités	74
8.2.2	Mesures liées aux clients	74
8.2.3	Mesures liées aux clients	76
8.3	Évaluation de la maintenance	76
8.4	Amélioration de la maintenance	78
8.5	Modifications	78
Annexe A (informative) Facteurs affectant la maintenance et le support de maintenance		82
A.1	Généralités	82
A.2	Application à des systèmes complexes	82
A.3	Facteurs pendant la phase de conception	84
A.4	Facteurs pendant la phase de maintenance et de fonctionnement	86
Bibliographie		90
Figure 1 – Maintenance et support de maintenance pendant le cycle de vie		22
Figure 2 – Relations entre les termes de maintenance		30
Figure 3 – Types de tâches de maintenance		32
Figure 4 – Processus de maintenance		38
Figure 5 – Procédé de planification du support de maintenance et de la maintenance		40
Figure 6 – Processus d'approvisionnement des pièces détachées		72

7	Resource management.....	51
7.1	Provision of resources.....	51
7.2	Human resources.....	51
7.2.1	General.....	51
7.2.2	Training.....	53
7.3	Infrastructure.....	53
7.3.1	General.....	53
7.3.2	Support equipment.....	53
7.3.3	Built-in test equipment (BITE).....	57
7.3.4	Maintenance facilities.....	59
7.3.5	Administration and technical facilities.....	59
7.3.6	Computerized maintenance information systems.....	61
7.4	Information resources.....	61
7.4.1	General.....	61
7.4.2	Documentation.....	61
7.4.3	Maintenance information.....	67
7.5	Materials and spare parts.....	69
7.5.1	General.....	69
7.5.2	Spare parts quantification.....	71
7.5.3	Spare parts identification.....	73
8	Measurement, analysis and improvement.....	75
8.1	General.....	75
8.2	Monitoring and measurement.....	75
8.2.1	General.....	75
8.2.2	Customer-related measurement.....	75
8.2.3	Maintenance-related measurement.....	77
8.3	Maintenance assessment.....	77
8.4	Maintenance improvement.....	79
8.5	Modifications.....	79
	Annex A (informative) Factors affecting maintenance and maintenance support.....	83
A.1	General.....	83
A.2	Application to complex systems.....	83
A.3	Factors during the design phase.....	85
A.4	Factors during the operation and maintenance phase.....	87
	Bibliography.....	91
	Figure 1 – Maintenance and maintenance support during the life cycle.....	23
	Figure 2 – Interrelationship of maintenance terms.....	31
	Figure 3 – Types of maintenance tasks.....	33
	Figure 4 – Maintenance processes.....	39
	Figure 5 – Maintenance and maintenance support planning process.....	41
	Figure 6 – Spare parts provisioning process.....	73

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-14: Guide d'application – Maintenance et support de maintenance

AVANT PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60300-3-14 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

La présente version bilingue, publiée en 2004-07, correspond à la version anglaise.

Cette première édition de la CEI 60300-3-14 annule et remplace la CEI 60706-4, et fournit une approche plus générale à la maintenance et au support de maintenance.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 56/929/FDIS et 56/940/RVD.

Le rapport de vote 56/940/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DEPENDABILITY MANAGEMENT –**Part 3-14: Application guide –
Maintenance and maintenance support****FOREWORD**

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60300-3-14 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

This bilingual version, published in 2004-07, corresponds to the English version.

This first edition of IEC 60300-3-14 cancels and replaces IEC 60706-4, and provides a more general approach to maintenance and maintenance support.

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

FDIS	Report on voting
56/929/FDIS	56/940/RVD

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

La version française n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2004

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2004

INTRODUCTION

Les dispositions de maintenance et le support de maintenance constituent un élément clé pour assurer la sûreté de fonctionnement des entités (produits, équipement et systèmes) durant leur cycle de vie. La fonctionnalité propre, la capacité et la sûreté de fonctionnement sont atteintes par l'apport de la maintenance nécessaire et du support de maintenance combiné à une conception appropriée, à une fabrication de qualité et à des modes opératoires robustes.

La quantité et le type de maintenance et de support de maintenance dépendent des besoins du client, de la nature de l'entité, de son état, de la disponibilité requise et d'autres facteurs. La maintenance et le support de maintenance peuvent nécessiter d'être ajustés au fur et à mesure des évolutions de ces facteurs, plus particulièrement pendant le fonctionnement et la phase de maintenance.

Nombre de fonctions différentes, telles que la gestion de la maintenance et la gestion des biens, traitent déjà de la maintenance et du support de maintenance. Cette norme n'exclut pas leur utilisation, mais indique ce qu'il est important d'appliquer.

Une maintenance incorrecte, excessive ou inadéquate peut entraîner des défaillances qui peuvent réduire significativement la disponibilité des entités et résulter en des coûts accrus dus à une perte de l'aptitude à fonctionner et des dommages secondaires possibles. La disponibilité limitée produit souvent des pénalités opérationnelles et une perte conséquente de revenu, qui peut significativement être plus importante que le coût de la maintenance ou même de la défaillance originale. La sécurité peut également être touchée, et, dans certaines industries, cela peut être la considération la plus importante.

Cette norme fournit une approche plus générale de la maintenance et du support de maintenance que celle d'un support logistique intégré (ILS). ILS est une méthode par laquelle tous les services de support logistique sont considérés et fournis comme une partie intégrante du développement du produit. Cette norme aborde le cas de systèmes complexes où la maintenance et le support de maintenance ont besoin d'être ajustés à des situations spécifiques pendant la phase de conception et pendant la phase de fonctionnement et de maintenance.

INTRODUCTION

The provision of maintenance and maintenance support is a key element in ensuring the dependability of items (products, equipment and systems) throughout their life cycle. Proper functionality, capability and dependability performance are achieved by providing the necessary maintenance and maintenance support in conjunction with appropriate design, quality manufacturing, and sound operating practices.

The amount and type of maintenance and maintenance support depends on customer needs, the nature of the item, its condition, required availability and other factors. As these factors change, especially during the operation and maintenance phase, maintenance and maintenance support may need to be adjusted.

A number of different functions, such as maintenance management and asset management, include maintenance and maintenance support. This standard does not preclude their use, but does indicate what should be addressed under these headings.

Inadequate, excessive or incorrect maintenance can cause failures, which may significantly reduce the availability of items and result in greatly increased cost due to loss of performance and possible secondary damage. The reduced availability often produces operational penalties and a consequent loss of revenue, which can be significantly greater than the cost of maintenance or even the cost of the original failure. Safety may also be affected and in some industries this may be the most important consideration.

This standard provides a more general approach to maintenance and maintenance support than used in integrated logistic support (ILS). ILS is a method by which all logistic support services are considered and provided for customers as an integral part of product development. This standard addresses the case for complex systems where maintenance and maintenance support need to be adjusted to specific situations during both the design phase and the operation and maintenance phase.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2004

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-14: Guide d'application – Maintenance et support de maintenance

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 60300 décrit un cadre pour la maintenance et le support de maintenance et les diverses pratiques communes minimales qui peuvent être prises. L'objet de cette norme est de souligner, d'une façon générique, la gestion, les procédés et techniques liés à la maintenance et au support de maintenance qui sont nécessaires pour atteindre une sûreté de fonctionnement adéquate répondant aux besoins opérationnels du client.

NOTE 1 La maintenance et le support de maintenance constituent un élément majeur de la sûreté de fonctionnement décrite dans la CEI 60300-1 et CEI 60300-2.

Dans certains cas, il faut prendre en considération les exigences réglementaires et obligatoires. Il peut être nécessaire de spécifier dans un contrat citant cette norme les exigences de maintenance, support de maintenance et obligations.

Cette norme est destinée à être utilisée par un grand nombre de fournisseurs, d'organisations de support de maintenance et d'utilisateurs, et peut être appliquée à toute entité.

Cette norme est applicable aux entités, qui comprennent tout type de produits, équipements et systèmes (matériel et logiciel associé). La plupart de ceux-ci nécessitent un certain niveau de maintenance pour assurer que leurs exigences de fonctionnalité, de sûreté de fonctionnement, de capacité, de coût, de sécurité et de réglementation sont respectées.

NOTE 2 Pour plus de cohérence, cette norme utilisera le terme « entité » tel que défini en 3.1.5, sauf si le contexte ne s'y prête pas.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60300-1:2003, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 1: Systèmes de gestion de la sûreté de fonctionnement* (en anglais seulement)

CEI 60300-2:2004, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 2: Lignes directrices pour la gestion de la sûreté de fonctionnement*

CEI 60300-3-2, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 2: Recueil de données de la sûreté de fonctionnement dans des conditions d'exploitation*

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

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

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

Part 3-14: Application guide – Maintenance and maintenance support

1 Scope

This part of IEC 60300 describes a framework for maintenance and maintenance support and the various minimal common practices that should be undertaken. The purpose of this standard is to outline, in a generic manner, management, processes and techniques related to maintenance and maintenance support that are necessary to achieve adequate dependability to meet the operational needs of the customer.

NOTE 1 Maintenance and maintenance support are a major element of dependability as described in IEC 60300-1 and IEC 60300-2.

In some cases, regulatory and other mandatory requirements need to be considered. Maintenance and maintenance support requirements and obligations may therefore need to be specified in a contract, which cites this standard.

This standard is intended for use by a wide range of suppliers, maintenance support organizations and users and can be applied to all items.

This standard is applicable to items, which include all types of products, equipment and systems (hardware and associated software). Most of these require a certain level of maintenance to ensure that their required functionality, dependability, capability, economic, safety and regulatory requirements are achieved.

NOTE 2 For consistency, this standard will use the term "item" as defined in 3.1.5, except where the context requires otherwise.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60300-1:2003, *Dependability management – Part 1: Dependability management systems*

IEC 60300-2:2004, *Dependability management – Part 2: Guidelines for dependability management*

IEC 60300-3-2, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 2: Collection of dependability data from the field*

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

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

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

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

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

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

CEI 60812, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

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

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

3 Termes, définitions et acronymes

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1.1

maintenance corrective

maintenance effectuée après détection de panne et destinée à mettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise

NOTE En Français, le terme « dépannage » implique parfois une remise en état provisoire.

[VEI 191-07-08:1990]

3.1.2

sûreté de fonctionnement

ensemble des propriétés qui décrivent la disponibilité et les facteurs qui la conditionnent: fiabilité, maintenabilité et logistique de maintenance

NOTE La sûreté de fonctionnement est une notion générale sans caractère quantitatif.

[VEI 191-02-03:1990]

3.1.3

niveau d'intervention

niveau de subdivision d'une entité au point de vue de la maintenance

NOTE 1 Le niveau d'intervention peut correspondre par exemple aux sous-systèmes, aux cartes de circuit imprimé ou aux composants.

NOTE 2 Le niveau d'intervention dépend de la complexité de la structure de l'entité, de l'accessibilité aux sous-entités, du niveau de compétence du personnel de maintenance, des moyens de test, des considérations de sécurité, etc.

[VEI 191-07-05:1990]

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

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

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

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

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

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

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

3 Terms, definitions and acronyms

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document the following definitions apply.

3.1.1

corrective maintenance

maintenance carried out after fault recognition and intended to put an item into a state in which it can perform a required function

NOTE In French, the term “dépannage” sometimes implies a provisional restoration.

[IEV 191-07-08:1990]

3.1.2

dependability

collective term used to describe the availability performance and its influencing factors: reliability performance, maintainability performance and maintenance support performance

NOTE Dependability is used only for general descriptions in non-quantitative terms.

[IEV 191-02-03:1990]

3.1.3

indenture level

level of subdivision of an item from the point of view of a maintenance action

NOTE 1 Examples of indenture levels could be a subsystem, a circuit board, a component.

NOTE 2 The indenture level depends on the complexity of the item's construction, the accessibility to subitems, skill level of maintenance personnel, test equipment facilities, safety considerations, etc.

[IEV 191-07-05:1990]

3.1.4

support logistique intégré

ILS

méthode de gestion par laquelle tous les services de support logistique requis par un client peuvent être réunis de façon structurée et en harmonie avec un produit

3.1.5

entité

tout élément, composant, dispositif, sous-système, unité fonctionnelle, équipement ou système que l'on peut considérer individuellement

NOTE 1 Une entité peut être constituée de matériel, de logiciel ou des deux à la fois, et peut aussi, dans certains cas, comprendre du personnel .

NOTE 2 Le terme français « entité » est préféré au terme « dispositif » en raison de son sens plus général. Le terme « dispositif » a aussi un autre sens usuel équivalent au terme anglais « device ».

NOTE 3 Le terme français « individu » est employé principalement en statistique.

NOTE 4 Un ensemble déterminé d'entités, par exemple une population ou un échantillon, peut lui-même être considéré comme une entité.

[VEI 191-01-01:1990]

3.1.6

niveau de maintenance

ensemble des opérations de maintenance à effectuer à un niveau d'intervention spécifié

NOTE Les opérations de maintenance peuvent consister par exemple à remplacer un composant, une carte de circuit imprimé, un sous-système, etc.

[VEI 191-07-06:1990]

3.1.7

maintenabilité (aptitude)

dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits

NOTE Le terme « maintenabilité » est aussi employé comme caractéristiques de cette aptitude (voir 191-13-01).

[VEI 191-02-07:1990]

3.1.8

maintenance

combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les opérations de surveillance, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise

[VEI 191-07-01:1990]

3.1.9

opération de maintenance

tâche de maintenance

succession d'opérations élémentaires de maintenance effectuées dans un but donné

NOTE Des exemples d'opération de maintenance sont le diagnostic de panne, la localisation de panne, la vérification de fonctionnement, ou leurs combinaisons.

[VEI 191-07-18:1990]

3.1.10

concept de maintenance

relations entre les échelons de maintenance, les niveaux d'intervention et les niveaux de maintenance à appliquer pour la maintenance d'une entité

3.1.4**integrated logistic support****ILS**

management method by which all the logistic support services required by a customer can be brought together in a structured way and in harmony with a product

3.1.5**item**

any part, component, device, subsystem, functional unit, equipment or system that can be individually considered

NOTE 1 An item may consist of hardware, software or both, and may also, in particular cases, include people.

NOTE 2 In French the term "entité" is preferred to the term "dispositif" due to its more general meaning. The term "dispositif" is also the common equivalent to the English term "device".

NOTE 3 In French the term "individu" is used mainly in statistics.

NOTE 4 A number of items, e.g. a population of items or a sample, may itself be considered as an item.

[IEV 191-01-01:1990]

3.1.6**level of maintenance**

set of maintenance actions to be carried out at a specified indenture level

NOTE Examples of a maintenance action are replacing a component, a printed circuit board, a subsystem, etc.

[IEV 191-07-06:1990]

3.1.7**maintainability (performance)**

ability of an item under given conditions of use, to be retained in, or restored to, a state in which it can perform a required function, when maintenance is performed under given conditions and using stated procedures and resources

NOTE The term "maintainability" is also used as a measure of maintainability performance (see 191-13-01).

[IEV 191-02-07:1990]

3.1.8**maintenance**

combination of all technical and administrative actions, including supervision actions, intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform a required function

[IEV 191-07-01:1990]

3.1.9**maintenance action**

maintenance task

sequence of elementary maintenance activities carried out for a given purpose

NOTE Examples are fault diagnosis, fault localization, function check-out, or combinations thereof.

[IEV 191-07-18:1990]

3.1.10**maintenance concept**

interrelationship between the maintenance echelons, the indenture levels and the levels of maintenance to be applied for the maintenance of an item

3.1.11

échelon de maintenance

position, au sein d'une organisation, où des niveaux de maintenance spécifiés sont effectués sur une entité

NOTE 1 Exemples d'échelons de maintenance: sur site, ateliers de réparation, constructeur.

NOTE 2 L'échelon de maintenance est caractérisé par la compétence du personnel, les moyens disponibles, l'emplacement, etc.

[VEI 191-07-04:1990]

3.1.12

politique de maintenance

approche générale des dispositions de maintenance et logistique de maintenance fondée sur les objectifs et politiques de gestion des propriétaires, utilisateurs et clients

3.1.13

support de maintenance

ressources nécessaires pour maintenir une entité, sous un concept de maintenance donné et guidé par une politique de maintenance

NOTE Ressources comprenant du personnel, des équipements de support, du matériel et pièces détachées, des moyens de maintenance, de la documentation, des informations et des systèmes d'information de maintenance.

3.1.14

logistique de maintenance

aptitude d'une organisation de maintenance à fournir sur demande, dans des conditions données, les moyens nécessaires à la maintenance d'une entité sous un concept de maintenance donné et conformément à une politique de maintenance donnée

NOTE Les conditions données portent sur l'entité elle-même, ainsi que sur les conditions dans lesquelles cette entité est utilisée et dans lesquelles on assure sa maintenance.

[VEI 191-02-08:1990, modifiée]

3.1.15

maintenance préventive

maintenance effectuée à intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'une entité

[VEI 191-07-07:1990]

NOTE 1 La maintenance préventive comprend des tâches basées sur les conditions comme la surveillance des conditions, les essais de fonctionnement et de contrôle.

NOTE 2 Les intervalles prédéterminés s'appliquent aux réparations ou remplacements qui sont effectués à des intervalles spécifiques tels que l'intervalle de temps, les heures de fonctionnement, la distance, le nombre de cycles ou autres mesures appropriées.

3.1.16

produit

tout produit ou service spécifié

NOTE 1 Dans le contexte de la sûreté de fonctionnement, un produit peut être simple (par exemple un dispositif, un algorithme de logiciel) ou complexe (par exemple un système ou une structure intégrée comprenant du matériel, du logiciel et du personnel et des moyens de support et activités).

NOTE 2 Un produit a ses propres phases de cycle de vie.

3.1.17

maintenance programmée

maintenance préventive est effectuée conformément à un programme établi

[VEI 191-07-10:1990, modifiée]

3.1.11**maintenance echelon**

position in an organization where specified levels of maintenance are to be carried out on an item

NOTE 1 Examples of maintenance echelons are: field, repair shop, manufacturer.

NOTE 2 The maintenance echelon is characterized by the level of skill of the personnel, the facilities available, the location, etc.

[IEV 191-07-04:1990]

3.1.12**maintenance policy**

general approach to the provision of maintenance and maintenance support based on the objectives and policies of owners, users and customers

3.1.13**maintenance support**

resources required to maintain an item under a given maintenance concept and guided by a maintenance policy

NOTE Resources include human resources, support equipment, materials and spare parts, maintenance facilities, documentation, information and maintenance information systems.

3.1.14**maintenance support performance**

ability of a maintenance organization, under given conditions, to provide upon demand, the resources required to maintain an item, under a given maintenance concept and guided by a maintenance policy

NOTE The given conditions are related to the item itself and to the conditions under which the item is used and maintained.

[IEV 191-02-08:1990, modified]

3.1.15**preventive maintenance**

maintenance carried out at predetermined intervals or according to prescribed criteria and intended to reduce the probability of failure or the degradation of the functioning of an item

[IEV 191-07-07:1990]

NOTE 1 Preventive maintenance includes condition-based tasks that consist of condition monitoring, inspection and functional testing.

NOTE 2 Predetermined intervals apply to repair or replacement that are carried out at specific intervals such as elapsed time, operating hours, distance, number of cycles or other relevant measures.

3.1.16**product**

any specified deliverable goods or service

NOTE 1 In the context of dependability, a product may be simple (e.g. a device, a software algorithm) or complex (e.g. a system or an integrated network comprising of hardware, software and human elements and support facilities and activities).

NOTE 2 A product has its own life cycle phases.

3.1.17**scheduled maintenance**

preventive maintenance carried out in accordance with an established time schedule

[IEV 191-07-10:1990]

3.1.18

système

ensemble d'éléments corrélés ou interactifs

[ISO 9000:2000, 3.2.1]

NOTE 1 Dans un contexte de sûreté de fonctionnement, un système aura

- a) un objectif défini exprimé en termes de fonctions requises;
- b) l'indication des conditions d'exploitation (191-01-12);
- c) des limites définies.

NOTE 2 La structure d'un système peut être hiérarchique.

3.1.19

testabilité

caractéristique de conception qualitative qui détermine le degré auquel une entité peut être testée dans des conditions établies

3.1.20

maintenance non programmée

maintenance effectuée après réception d'une indication concernant l'état d'une entité mais sans se conformer à un programme établi

[VEI 191-07-11:1990, modifiée]

3.2 Acronymes

ATE	équipement de test automatisé
BITE	équipement de test intégré
CBIT	test intégré et continu
COTS	article standard
AMDE	analyses des modes de défaillance et de leurs effets
AMDEC	analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité
ILS	support logistique intégré
IBIT	test intégré avec interruption
LORA	analyse des niveaux de réparation
MTBF	moyenne des temps de bon fonctionnement
MTTF	durée moyenne de fonctionnement avant défaillance
POST	auto-test à la mise sous tension
RCM	maintenance axée sur la fiabilité
STTE	équipement spécifique de test

4 Vue d'ensemble du support de maintenance et de la maintenance

4.1 Aspects du cycle de vie

4.1.1 Généralités

La maintenance et le support de maintenance doivent être considérés pendant toutes les phases du cycle de vie. Les tâches spécifiques qui doivent être effectuées sont décrites dans cet article et illustrées à la Figure 1.

3.1.18**system**

set of interrelated or interacting elements

[ISO 9000:2000, 3.2.1]

NOTE 1 In the context of dependability, a system will have

- a) a defined purpose expressed in terms of required functions;
- b) stated conditions of operation/use (191-01-12);
- c) defined boundaries.

NOTE 2 The structure of a system may be hierarchical.

3.1.19**testability**

qualitative design characteristic which determines the degree to which an item can be tested under stated conditions

3.1.20**unscheduled maintenance**

maintenance carried out, not in accordance with an established time schedule, but after reception of an indication regarding the state of an item

[IEV 191-07-11:1990]

3.2 Acronyms

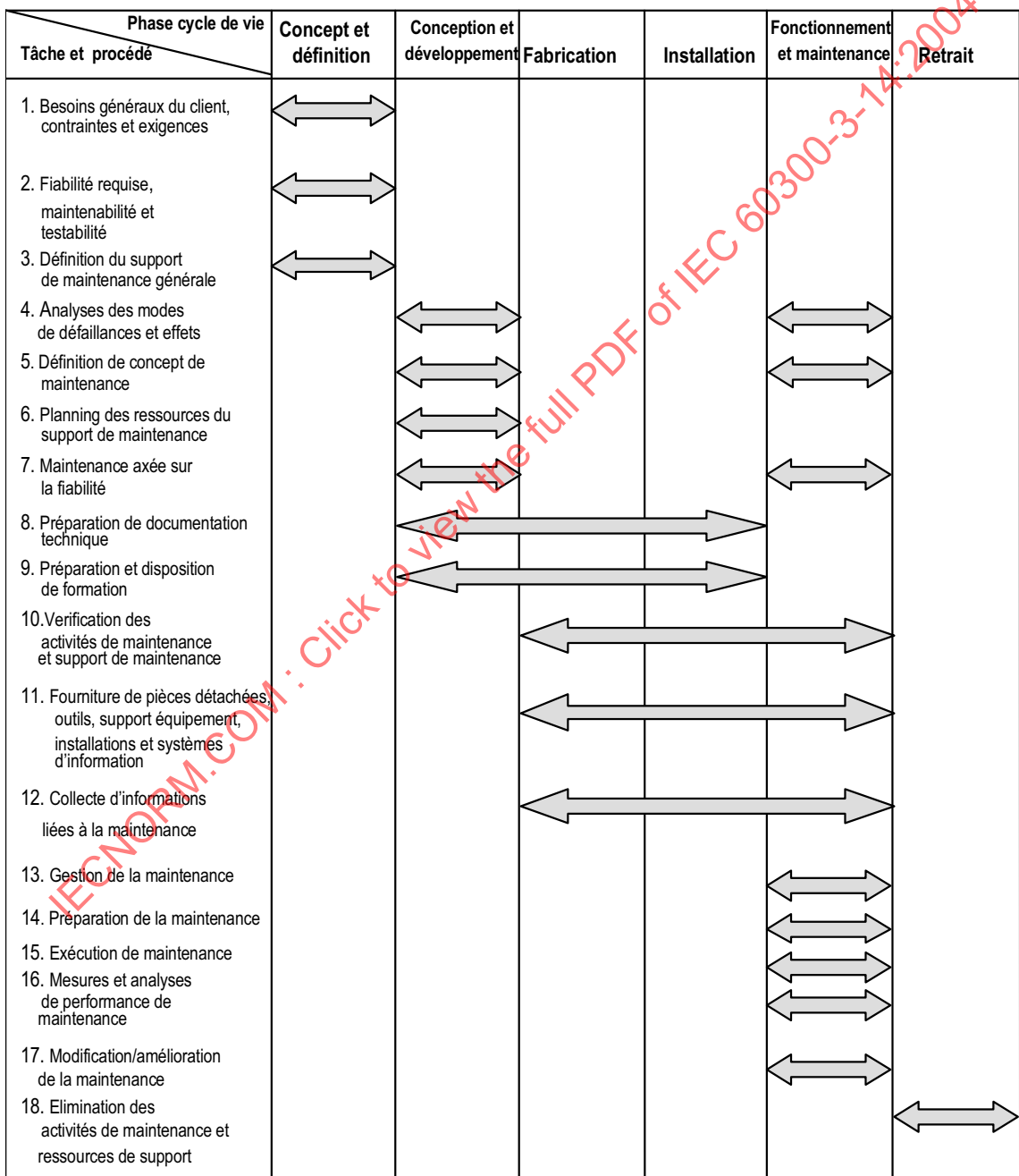
ATE	automatic test equipment
BITE	built-in test equipment
CBIT	continuous built-in test
COTS	commercial-off-the-shelf
FMEA	failure mode and effects analysis
FMECA	failure mode, effects and criticality analysis
ILS	integrated logistic support
IBIT	interruptive built-in test
LORA	level of repair analysis
MTBF	mean operating time between failures
MTTF	mean time to failure
POST	power on self test
RCM	reliability centred maintenance
STTE	special to type test equipment

4 Maintenance and maintenance support overview**4.1 Life cycle aspects****4.1.1 General**

Maintenance and maintenance support need to be considered during all phases of the life cycle. The specific tasks that need to be carried out are outlined in this clause and are illustrated in Figure 1.

La clé essentielle de la maintenance est la conception initiale, qui détermine la maintenabilité d'une entité. Lorsqu'une entité est conçue par une organisation et utilisée comme partie d'un système plus large ou utilisée dans des applications ou environnements différents, la conception du système doit assurer que la maintenabilité inhérente de l'entité ne sera pas dégradée.

La sûreté de fonctionnement qui peut être atteinte est fortement influencée par les décisions prises pendant les premières phases du cycle de vie. Il convient que le planning pour la maintenance et le support de maintenance soit considéré aussitôt que possible pour que des arbitrages puissent être pris en compte entre les besoins fonctionnels, la capacité, le coût du cycle de vie (voir CEI 60300-3-3), la fiabilité, la maintenabilité et le support de maintenance.

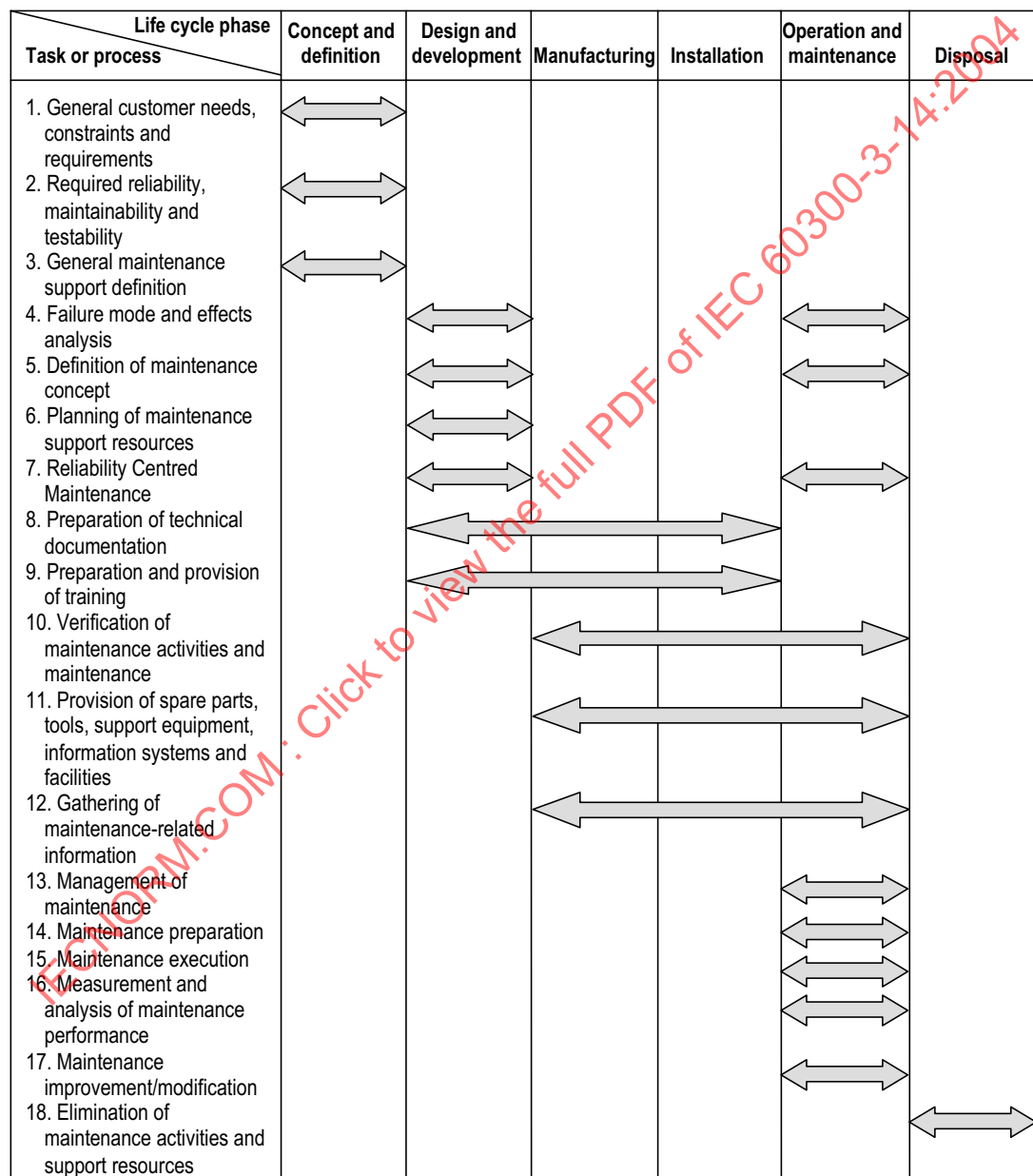


IEC 260/04

Figure 1 – Maintenance et support de maintenance pendant le cycle de vie

The major maintenance driver is the initial design, which determines the maintainability of an item. Where an item is designed by one organization and used as part of a larger system or used within different applications or environments, the design of the system has to ensure that the inherent maintainability of the item is not degraded.

The dependability that can be achieved during operation is greatly influenced by decisions that are made during the early phases of the life cycle. Planning for maintenance and maintenance support should be considered as early as possible so that trade-offs can be considered between functional needs, capability, life cycle cost (see IEC 60300-3-3), reliability, maintainability and maintenance support.



IEC 260/04

Figure 1 – Maintenance and maintenance support during the life cycle

4.1.2 Scénarios pour la maintenance et le support de maintenance

Il existe différents scénarios pour la planification et la fourniture de la maintenance et du support de maintenance, selon qui a la responsabilité de leur mise en application et dans quelles phases du cycle de vie ils surviennent.

Un scénario commun pour de nombreuses entités est que le fabricant fournit une maintenance complète et des services de support de maintenance comme composant intégré de la livraison du produit. Ces services sont fournis sur une base contractuelle ou accessible sur demande par l'utilisateur. La planification et les dispositions de maintenance et le support de maintenance peuvent alors être traités pendant la conception et le développement et rester la responsabilité primordiale du fabricant, du vendeur ou toute autre organisation de support extérieure. L'utilisateur du produit dépend principalement de ce réseau pour obtenir les services de support complets pendant le fonctionnement et la phase de maintenance. Dans ce cas, l'environnement de l'utilisateur final et les capacités de support sont connus et il convient que l'application de support logistique intégré s'applique à ces cas (voir CEI 60300-3-12) avec le développement de la maintenance et le support de maintenance entrepris comme partie de la conception et du processus de développement.

Un autre scénario commun est que les vendeurs d'entités fournissent uniquement un planning de support de maintenance standard ou de base. Les utilisateurs fournissent la maintenance requise et le support de maintenance pour leur application spécifique en utilisant souvent des ressources internes. C'est le cas spécialement quand des produits existants sont combinés en des systèmes complexes par un autre vendeur ou organisation et sont ainsi fournis à un utilisateur. La responsabilité du développement de la maintenance et du support de maintenance doit alors être établie entre le vendeur et l'utilisateur.

Les recommandations de support de maintenance et de maintenance exigent une flexibilité car il y a une large gamme de scénarios de support différents. Des informations sur des facteurs qui peuvent résulter en des modifications dans la maintenance et le support de maintenance à diverses étapes du cycle de vie des propriétaires, opérateurs et utilisateurs sont données à l'Annexe A.

4.1.3 Concept et phase de définition

Il est important de considérer la maintenance et le support de maintenance au stade le plus précoce du cycle de vie. Les dispositions prises à ce stade peuvent accroître ou limiter l'efficacité du support de maintenance dans des phases de cycle de vie ultérieures.

Au cours du stade de définition et de conception, cela peut être réalisé par l'identification d'une politique de maintenance conceptuelle qui consiste en ce qui suit :

- maintenance générale et objectifs du support de maintenance, besoins du client, contraintes et exigences réglementaires;
- disponibilité requise, fiabilité, maintenabilité et testabilité;
- maintenance générale et définition du support de maintenance.

4.1.4 Conception et phase de développement

La maintenance spécifique et les besoins du support de maintenance sont identifiés pendant la conception et la phase de développement fondée sur les besoins repérés dans la phase précédente. La disponibilité, l'aptitude à fonctionner, la production, les objectifs économiques et de sécurité sont souvent liés à l'atteinte d'un degré élevé de fiabilité, de maintenabilité et de support de maintenance. Les aspects de maintenabilité sont décrits dans la CEI 60300-3-10. Les facteurs environnementaux et opérationnels sont également des considérations importantes. Une analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) peut être effectuée pour évaluer la conception et identifier les modes de défaillance inacceptables. Cela peut être abordé par la reconception, des restrictions dans l'utilisation, la maintenance ou autre solution.

4.1.2 Scenarios for maintenance and maintenance support

There are different scenarios for planning and providing maintenance and maintenance support, depending on who takes responsibility for their implementation and in which phase of the life cycle they occur.

A common scenario for many items is that the manufacturer provides complete maintenance and maintenance support services as an integrated component of the delivery of the product. These services are either provided on a contractual basis or are accessed as needed by the user. The planning and provision of maintenance and maintenance support can thus occur during design and development and remains the primary responsibility of the manufacturer, vendor or other outsourced support organization. The user of the product depends primarily upon this network to supply total support services during the operation and maintenance phase. In this case, the end user environment and support capabilities are known and the application of integrated logistic support should apply in these cases (see IEC 60300-3-12) with the development of the maintenance and maintenance support undertaken as part of the design and development process.

Another common scenario is that item vendors provide only basic or standardized maintenance support planning. Users then provide the required maintenance and maintenance support for their specific application, often using internal resources. This occurs especially when existing products are combined into complex systems by another vendor or organization and are then supplied to a user. The responsibility for developing maintenance and maintenance support then needs to be established between the vendor and user.

Maintenance and maintenance support recommendations require flexibility because there is a wide range of different support scenarios. Information on factors that may result in changes to maintenance and maintenance support at the various stages of the life cycle by owners, operators and users is provided in Annex A.

4.1.3 Concept and definition phase

It is important to consider maintenance and maintenance support at the earliest stage of the life cycle. Decisions made at this point may enhance or limit the effectiveness of maintenance support in later life cycle phases.

During the concept and definition stage, this can be achieved by identifying a conceptual maintenance policy that consists of the following:

- general maintenance and maintenance support objectives, customer needs, regulatory requirements and constraints;
- required availability, reliability, maintainability and testability;
- general maintenance and maintenance support definition.

4.1.4 Design and development phase

Specific maintenance and maintenance support needs are identified during the design and development phase based on the needs identified in the previous phase. Availability, performance, production, safety and economic objectives are often dependent on achieving a high degree of reliability, maintainability and maintenance support. Maintainability aspects are outlined in IEC 60300-3-10. Operational and environmental factors are also important considerations. A failure mode, effects and criticality analysis (FMECA) may be carried out to evaluate the design and identify unacceptable failure modes. These may be addressed by redesign, restrictions to operational use, maintenance or some other solution.

Pour des entités telles que les logiciels, les produits de consommation ou équipement militaire, la maintenance et le support de maintenance sont planifiés, testés et fournis pendant cette phase. Il convient de consulter les clients pour s'assurer que leurs besoins sont satisfaits mais ils dépendent souvent des fournisseurs ou autres organisations de support pour fournir la maintenance ou support de maintenance pendant la durée de vie du produit ou des systèmes. Ce scénario est connu comme développement sur mesure et une approche de support logistique intégrée est recommandée telle que décrite dans la CEI 60300-3-12.

Dans d'autres cas, un fournisseur fabrique un produit qui est ensuite intégré dans un système plus large tel qu'une usine de fabrication, une usine de procédés ou un réseau de télécommunications par une organisation de construction et de conception indépendante. Le fournisseur à l'origine fournit un planning de support de maintenance de base mais il convient que l'organisation de construction et de conception prenne en considération les conséquences de l'utilisation des produits et l'intégration dans la conception du système final.

Les aspects finaux de maintenance et de support de maintenance peuvent être établis et mis en application par l'utilisateur, l'opérateur et le client (voir Annexe A). Il convient que le développeur de la maintenance et du plan de support de maintenance et l'utilisateur déterminent le concept de maintenance tôt dans la conception. Quelle que soit celui qui finalise la maintenance et les besoins de support de maintenance, ceux-ci devront être établis avant l'exploitation de façon à être planifiés correctement. La maintenance et les ressources de support de maintenance peuvent provenir d'une analyse de maintenance axée sur la fiabilité telle que décrite dans la CEI 60300-3-11 ou par d'autres méthodes.

On peut avoir besoin d'arbitrages, la maintenance et le support de maintenance peuvent nécessiter un ajustement pour optimiser les qualités de fonctionnement, la fiabilité, la maintenabilité, la sécurité et le coût. Il peut être souhaitable de supprimer le besoin de maintenance si cela est possible techniquement et économiquement.

La documentation de formation, les aides et équipements doivent être identifiés et fournis au moment de la formation, avant l'exploitation et la maintenance. Cette formation se poursuivra autant que nécessaire pendant la phase de maintenance et de fonctionnement.

Il peut être nécessaire de procéder à des vérifications et des essais des activités de maintenance planifiées et de l'efficacité des procédures de support de maintenance, outils, documentation, moyens et autres ressources pendant la conception et les phases de fabrication. Il convient que cela concerne le client, l'opérateur ou l'utilisateur pour être sûr que leurs besoins sont respectés (voir CEI 60706-3).

4.1.5 Phase de fabrication

En plus de la conception et de la sélection des composants, la qualité de la fabrication affecte aussi directement la fiabilité des produits et des systèmes et les efforts de maintenance ultérieurs. Quand cela est possible, il convient que les utilisateurs assurent que le niveau de fiabilité, de maintenabilité et de testabilité répond aux objectifs pour que la maintenance et le support de maintenance puissent être effectués tels que planifiés pendant la phase de maintenance et de fonctionnement.

Pendant cette phase, il convient de fournir les outils, moyens et équipements de support nécessaires pour entreprendre les activités de maintenance. La collecte d'information de fabrication et de données reliées à la maintenance peut être importante pour la maintenance et ses objectifs. A ce stade, il convient également de considérer le besoin de se procurer des pièces détachées.

For items such as software, consumer products or military equipment, maintenance and maintenance support are planned, tested and provided during this phase. Customers should be consulted to ensure their needs are met but they usually depend upon suppliers or other support organizations to provide maintenance and maintenance support services during the life of the product or systems. This scenario is known as custom development and an integrated logistic support approach is recommended as described in IEC 60300-3-12.

In other instances, a supplier manufactures a product that is then integrated into a larger system such as a manufacturing facility, process plant or telecommunications network by an independent design and construction organization. The original supplier provides basic maintenance support planning but the design and construction organization should consider the consequences of the use of the products and integration in the final system design.

Final aspects of maintenance and maintenance support may be established and implemented by the user, operator or customer (see Annex A). The developer of the maintenance and maintenance support plan and the user should determine the maintenance concept early in the design. Regardless of who finalizes maintenance and maintenance support needs, these should be established prior to operation so that they can be planned properly. Maintenance and maintenance support resources may be derived from a reliability centred maintenance analysis as described in IEC 60300-3-11 or by other methods.

Trade-offs may need to be made and maintenance and maintenance support may have to be adjusted to optimize performance, reliability, maintainability, safety and cost. It may be desirable to eliminate the need for maintenance if it is technically possible or economically feasible.

Training documentation, aids and equipment need to be identified and provided at the time that training is performed prior to operation and maintenance. This training will continue as needed during the operation and maintenance phase.

It may be necessary to provide verification and testing of planned maintenance activities and the effectiveness of maintenance support procedures, tools, documentation, facilities and other resources during the design and manufacturing phases. This should include the customer, operator or user to ensure that their needs are met (see IEC 60706-3).

4.1.5 Manufacturing phase

In addition to design and component selection, the quality of manufacturing also directly affects the reliability of products and systems and subsequent maintenance efforts. Where feasible, users should ensure that the level of reliability, maintainability and testability meets their objectives so that maintenance and maintenance support can be achieved as planned during the operation and maintenance phase.

The tools, support equipment and facilities needed to undertake maintenance activities should be provided during this phase. The gathering of manufacturing information and maintenance-related data may be important for maintenance and maintenance purposes. The need to procure spare parts should also be considered at this stage.

4.1.6 Phase d'installation

L'installation et la mise en service correcte d'une entité sont essentielles à un fonctionnement et une utilisation réussis. Il convient de suivre les instructions et procédures fournies par le fabricant et, pendant les activités d'essai, de ne pas faire fonctionner les entités en dehors des limites spécifiées.

Des démonstrations de maintenabilité et essais de support de maintenance peuvent être menés pendant cette phase en plus d'essais effectués plus tôt pendant la phase de conception et de développement. L'aptitude à fonctionner et autres essais peuvent fournir une base pour la surveillance des conditions et les tâches de maintenance.

4.1.7 Phase de fonctionnement et de maintenance

Pendant la phase de fonctionnement et de maintenance, l'utilisateur et l'opérateur mettent en application la maintenance et le support de maintenance planifiés pendant la phase de conception et de développement. Si ceux-ci n'ont pas été complètement déterminés, ils devront être développés et documentés dès que possible (voir Annexe A).

Pour la période de garantie initiale, il convient que les pratiques de fonctionnement et de maintenance définies par le fabricant soient soigneusement suivies pour assurer la validité de la garantie en cas de défaillance.

Il convient que les responsabilités organisationnelles soient définies et assignées à toute maintenance et tout support de maintenance. L'organisation peut choisir d'effectuer elle-même toute la maintenance et les supports de maintenance requis ou de les sous-traiter partiellement ou totalement. Si l'utilisateur sous-traite la totalité ou une partie de ces activités, celles-ci restent de sa responsabilité finale mais il devient important d'établir un accord de niveau de service de façon à spécifier contractuellement les obligations avec ces organisations extérieures. Les fabricants peuvent prendre la responsabilité d'une période prescrite pour fournir des ressources et un support technique tels que des pièces détachées, soit comme partie de l'accord de fourniture original, soit dans un accord de maintenance ultérieur. Il est nécessaire que la maintenance et le support de maintenance soient revus régulièrement pour s'ajuster aux évolutions de besoins du client et aux conditions de fonctionnement ainsi qu'aux avancées dans la technologie de maintenance tels que les outils et méthodes de surveillance des conditions. Ils peuvent avoir besoin d'être modifiés suivant le vieillissement des entités ou sur la base de l'exploration du vieillissement si un programme RCM a été mis en place. Dès lors que de nouveaux systèmes sont ajoutés ou des modifications apportées, il convient de s'attacher aux changements dans la maintenance et le support de maintenance.

4.1.8 Phase de retrait

La nécessité de remplacer ou retirer une entité peut venir d'un grand nombre de raisons comprenant l'obsolescence, l'incapacité à répondre aux exigences fonctionnelles, le retrait de la capacité de support de maintenance par le fabricant, ou autres ressources de support extérieurs, ou pour des raisons économiques. Il peut être nécessaire de modifier ou supprimer le support de maintenance lorsqu'il y a retrait. Le manque de support de maintenance adapté, rentable, peut conduire au retrait d'une entité non réparable et par conséquent il convient d'examiner la disponibilité d'un support à long terme, pour toute la durée proposée d'une entité.

4.2 Description de la maintenance

4.2.1 Généralités

La maintenance est la combinaison de toutes les actions techniques et administratives, y compris les opérations de surveillance, destinées à maintenir ou à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise.

4.1.6 Installation phase

Correct installation and commissioning of items is essential to successful use and operation. Instructions and procedures provided by the manufacturer should be followed and items should not be operated outside specified limits during testing activities.

Maintainability demonstrations and testing of maintenance support may be carried out during this phase in addition to earlier testing carried out during the design and development phase. Performance and other testing may provide a baseline for condition monitoring and maintenance tasks.

4.1.7 Operation and maintenance phase

During the operation and maintenance phase, the user or operator implements the maintenance and maintenance support planned during the design and development phase. If these have not been fully determined, they need to be developed and documented as early as possible (see Annex A).

For the initial warranty period, operating and maintenance practices defined by the manufacturer should be carefully followed to ensure validity of the warranty in case of failure.

Organizational responsibilities should be defined and assigned for all maintenance and maintenance support. The organization may choose to carry out all of the required maintenance and maintenance support itself or to outsource some or all of them. If the user outsources some or all of these activities, they still retain ultimate responsibility but it becomes important to establish a service level agreement in order to specify contractual obligations with these external organizations. Manufacturers may take responsibility for a prescribed time period to provide technical support and resources such as spare parts, either as a part of the original procurement agreement or in a subsequent maintenance agreement. Maintenance and maintenance support needs to be reviewed on a regular basis to adjust for changes in customer needs and operating conditions and for advances in maintenance technology such as tools and condition monitoring methods. It may also need to be modified as items age or on the basis of age exploration if a RCM programme has been implemented. Whenever new systems are added or modifications are made, changes in maintenance and maintenance support should be addressed.

4.1.8 Disposal phase

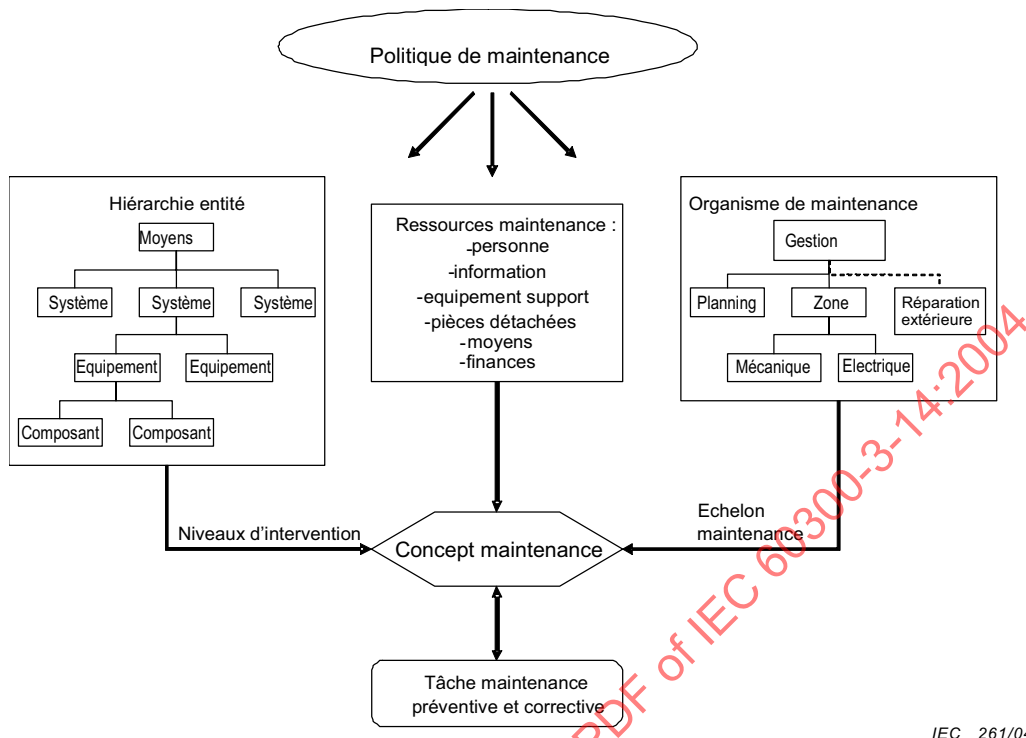
The need to replace and dispose of an item can be for a number of reasons including obsolescence, inability to meet functional specifications, the withdrawal of maintenance support capability by the manufacturer, or other external support resources, or for economic reasons. Maintenance support may have to be modified or eliminated when disposal occurs. The lack of suitable, cost effective maintenance support may itself lead to disposal of an item as it becomes non-repairable, and therefore the availability of long-term support, throughout the proposed life of the item, should always be examined.

4.2 Description of maintenance

4.2.1 General

Maintenance is the combination of all technical and administrative actions, including supervisory actions, intended to retain an item in, or restore it to, a state in which it can perform a required function.

Les termes basiques liés à la maintenance et leurs relations sont illustrés dans la Figure 2.



IEC 261/04

Figure 2 – Relations entre les termes de maintenance

4.2.2 Politique de maintenance et concept

Une politique de maintenance définit une approche générale des dispositions de maintenance et de support de maintenance fondée sur les objectifs et politiques des propriétaires, utilisateurs et clients (voir 5.3). Elle influence les décisions prises sur les activités de maintenance et les ressources pendant le cycle de vie complet d'une entité.

Le concept de maintenance est l'approche de maintenance spécifique développée pour les entités utilisant différents niveaux de maintenance liés aux niveaux d'intervention. Il utilise des ressources de support de maintenance dans le cadre de la politique de maintenance et il est effectué par un échelon de maintenance.

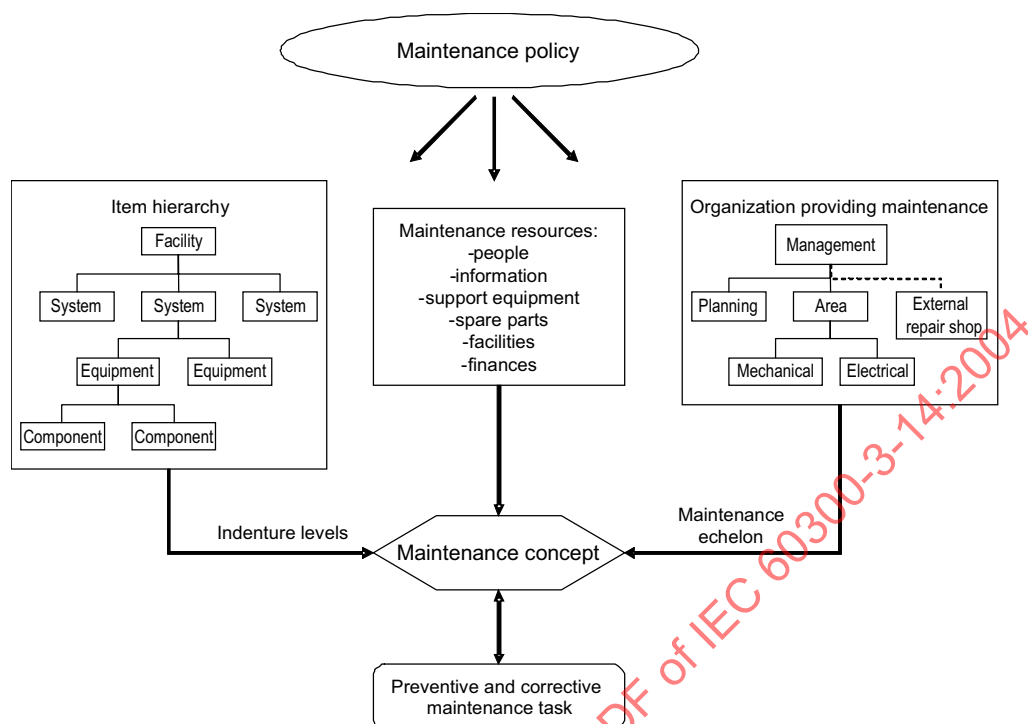
4.2.3 Niveaux d'intervention

Les entités peuvent être sous-divisées hiérarchiquement (par exemple dispositif, système, équipement et composant) ou en niveaux d'intervention pour lesquels les tâches de maintenance sont prescrites. Par l'ensemble des tâches de maintenance menées à un niveau spécifié d'intervention, on fait référence au niveau de maintenance. Le niveau de maintenance peut être décomposé en unités de travail ou activités de maintenance élémentaires. Une séquence d'activités de maintenance élémentaire menée dans un but donné devient la tâche de maintenance effective.

4.2.4 Echelons de maintenance

Par les lignes de maintenance ou échelons de maintenance, on fait référence aux unités organisationnelles où la maintenance est effectuée. Il peut s'agir de groupes internes tels que des mécaniciens sur terrain ou du personnel dans des ateliers de réparation, ou de groupes extérieurs tels que du personnel pour les installations de révision du fabricant.

Basic terms relating to maintenance and their interrelationship are illustrated in Figure 2.



IEC 261/04

Figure 2 – Interrelationship of maintenance terms

4.2.2 Maintenance policy and concept

A maintenance policy defines the general approach for the provision of maintenance and maintenance support based on the objectives and policies of owners, users and customers (see 5.3). It influences the decisions made on maintenance activities and resources during the complete life cycle of an item.

The maintenance concept is the specific maintenance approach developed for items using the different levels of maintenance based on the indenture levels. It makes use of maintenance support resources within the framework of the maintenance policy and is performed by a maintenance echelon.

4.2.3 Indenture levels

Items may be subdivided into a hierarchy (for example, facility, system, assembly, equipment and component) or indenture levels against which maintenance tasks are prescribed. The set of maintenance tasks to be carried out at a specified indenture level are referred to as the level of maintenance. The level of maintenance can be broken down into units of work or elementary maintenance activities. A sequence of elementary maintenance activities carried out for a given purpose becomes the actual maintenance task.

4.2.4 Maintenance echelons

Organizational units where maintenance is carried out are referred to as the lines of maintenance or maintenance echelons. These can be internal groups such as field mechanics and personnel in repair shops or they can be external such as personnel in manufacturer overhaul facilities.

4.2.5 Maintenance préventive et corrective

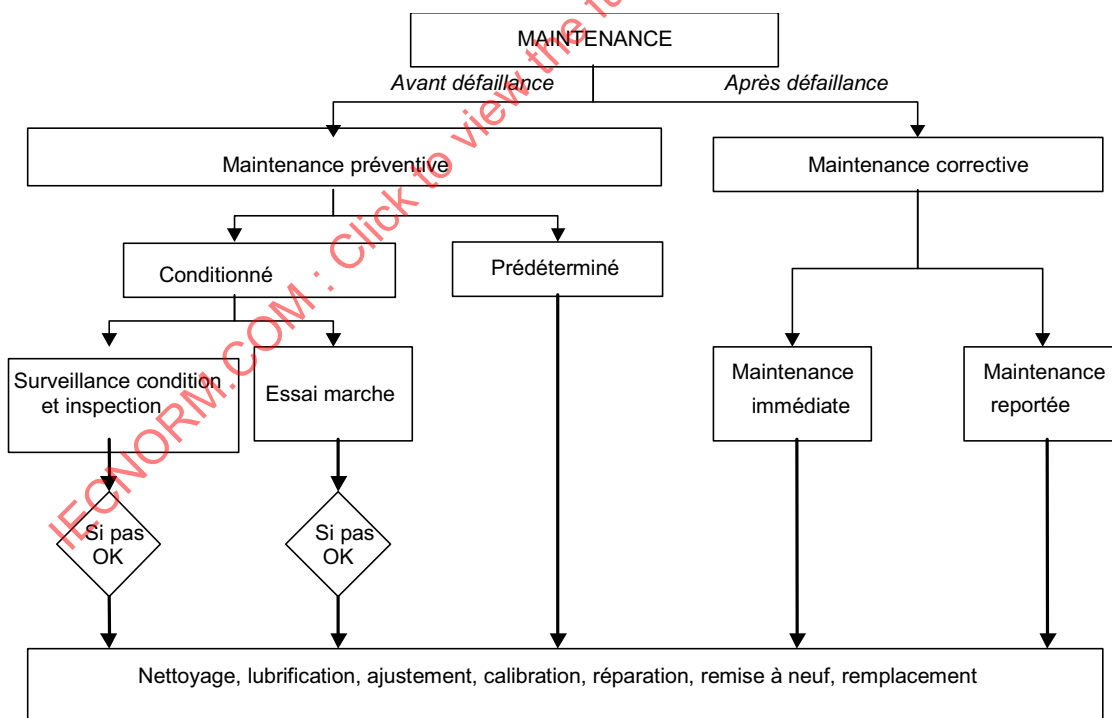
La maintenance préventive peut être effectuée à intervalles réguliers ou suivant des critères prescrits pour diminuer la probabilité de défaillance ou de dégradation afin de maintenir l'exploitation d'un dispositif ou de détecter un défaut caché. Cela peut être lié à des conditions et atteint en surveillant ces conditions jusqu'à ce que la défaillance devienne imminente, ou par des vérifications du fonctionnement pour détecter la défaillance de fonctions cachées, et pratiquer ensuite la maintenance. On peut aussi prédéterminer à intervalle fixe (tel que durée calendaire, heures d'exploitation, nombres de cycles) qui consiste en une mise à neuf régulière ou remplacement d'une entité ou de ses composants.

La maintenance corrective rétablit les fonctions d'une entité après une défaillance ou une inaptitude à atteindre les limites données. Certaines défaillances sont acceptables si les conséquences (telles que perte de production, sécurité, impact sur l'environnement, coût) sont tolérables comparées au coût de la maintenance préventive. Il en résulte une approche de la maintenance par la planification de la défaillance.

Si les conséquences de la défaillance sont importantes, il convient d'effectuer une analyse des causes d'origine pour éviter que cela ne se reproduise.

La maintenance préventive est généralement programmée, contrairement à la maintenance corrective. Il n'est pas inhabituel de reporter une maintenance corrective à un moment plus adapté lorsqu'une redondance maintient la fonction.

Selon la criticité du produit et le concept de maintenance choisi, différentes approches peuvent être prises pour les tâches de maintenance. Elles sont illustrées à la Figure 3.



IEC 262/04

Figure 3 – Types de tâches de maintenance

4.2.5 Preventive and corrective maintenance

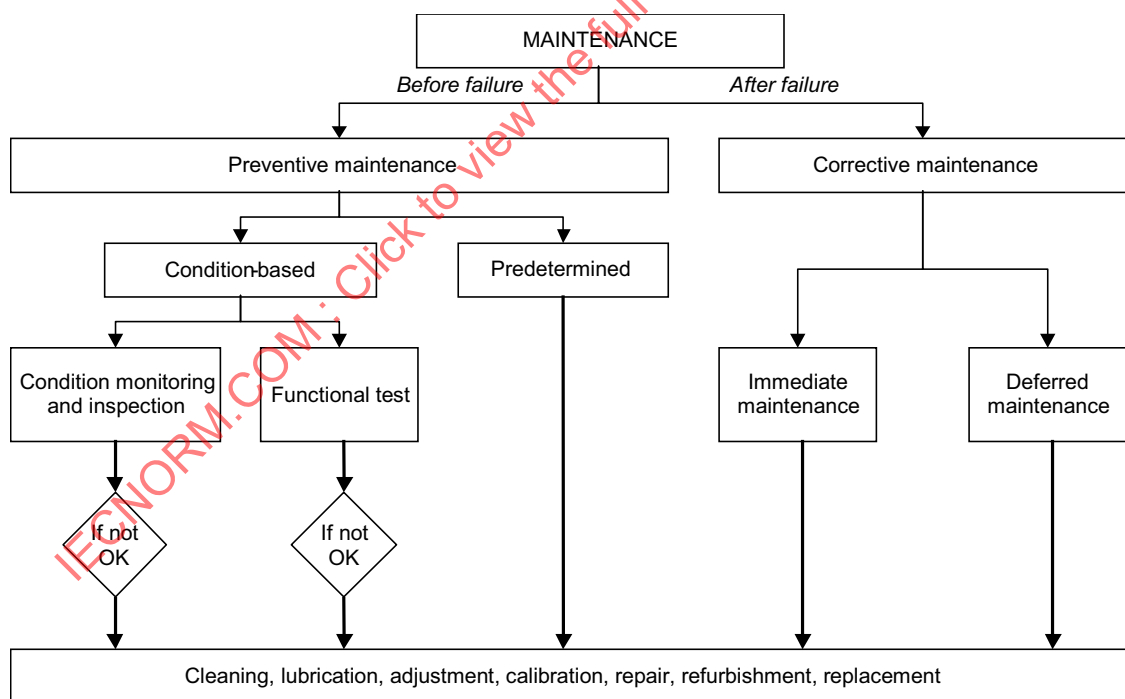
Preventive maintenance may be carried out at regular intervals or according to prescribed criteria to reduce the probability of failure or degradation in order to retain the functioning of an item or to detect a hidden fault. This can be condition based and achieved by monitoring its condition until failure is imminent, or by functional checks to detect failure of hidden functions, and then performing maintenance. It can also be predetermined, based on a fixed interval (such as calendar time, operating hours, number of cycles) consisting of regular refurbishment or replacement of an item or its components.

Corrective maintenance restores the functions of an item after failure has occurred or performance fails to meet stated limits. Some failures are acceptable if the consequences of failure (such as production loss, safety, environmental impact, failure cost) are tolerable compared to the cost of preventive maintenance. This results in a planned run-to-failure approach to maintenance.

If failure consequences are severe, root cause analysis should be performed to prevent reoccurrence.

Preventive maintenance is normally scheduled while corrective maintenance is usually unscheduled. It is not unusual to defer corrective maintenance for a later convenient time when redundancy preserves function.

Different approaches are taken to maintenance tasks, depending on product criticality and selected maintenance concept. They are illustrated in Figure 3.



IEC 262/04

Figure 3 – Types of maintenance tasks

4.3 Description du support de maintenance

Le support de maintenance est constitué des ressources exigées pour maintenir une entité, sous un concept de maintenance donné, et guidé par une politique de maintenance. Les ressources comprennent du personnel, des équipements de support, du matériel et des pièces détachées, des possibilités de maintenance, de la documentation, des informations et des systèmes d'information de maintenance (voir Article 7). On fait référence à la capacité d'une organisation à fournir un support de maintenance dans des conditions données en terme de logistique de maintenance.

5 Responsabilité de gestion

5.1 Engagement de gestion

La gestion représentant les propriétaires, utilisateurs, opérateurs, fabricants, fournisseurs ou clients a la responsabilité d'assurer que la maintenance et le support de maintenance sont fournis comme un composant d'un plan de sûreté de fonctionnement global pour répondre aux conditions de fonctionnement économique. Cela comprend

- l'établissement de la politique de maintenance,
- la planification de la maintenance et du support de maintenance pendant la phase de conception et de développement,
- la prise de décisions dans l'arbitrage entre les besoins fonctionnels, la capabilité, le coût du cycle de vie et la fiabilité, la maintenabilité et le support de maintenance,
- la fourniture et l'amélioration de la maintenance et des ressources du support de maintenance pendant la phase de fonctionnement et de maintenance.

Pour certaines entités, cette responsabilité commence avec et reste celle du fabricant. Pour d'autres, le fabricant a des responsabilités initiales pour identifier les besoins du support de maintenance mais l'utilisateur final ou l'opérateur prend la responsabilité finale de compléter le processus de planification et la mise en application des résultats.

5.2 Clients

Pour certaines entités, le client est également l'utilisateur et dépend largement du fabricant pour la maintenance et le support de maintenance. Le fabricant garde la responsabilité d'assurer que ces services sont fournis de façon adéquate et ainsi doit se tenir informé de leur adéquation. Cela exige du fabricant une expertise technique et une communication permanente avec les clients incluant un retour de leur part. De plus en plus, la responsabilité de la maintenance et du support de maintenance peut être attribuée à une tierce partie au travers d'un accord de niveau de service.

Pour d'autres entités, l'opérateur fournit un service à un client et prend alors la responsabilité principale de la maintenance et du support de maintenance. Il convient que l'organisation de fonctionnement communique avec le client pour assurer qu'une sûreté de fonctionnement globale est atteinte.

5.3 Politique de maintenance

Il convient que l'organisation responsable pour la maintenance et le support de maintenance établisse une politique de maintenance pour guider la planification, l'exécution, l'évaluation, l'analyse et l'amélioration de la maintenance et du support de maintenance. Il convient de définir une politique de maintenance conceptuelle pendant la phase de conceptualisation et de définition et de la rendre plus spécifique pendant la phase de développement et de conception. D'autres modifications ou améliorations peuvent survenir pendant la phase de maintenance et d'exploitation d'où la nécessité de mettre à jour périodiquement la politique de maintenance.

4.3 Description of maintenance support

Maintenance support consists of the resources required to maintain an item, under a given maintenance concept and guided by a maintenance policy. Resources include human resources, support equipment, materials and spare parts, maintenance facilities, documentation, information and maintenance information systems (see Clause 7). The ability of an organization to provide maintenance support under given conditions is referred to as maintenance support performance.

5 Management responsibility

5.1 Management commitment

Management representing owners, users, operators, manufacturers, suppliers or customers is responsible for ensuring that maintenance and maintenance support are provided as a component of an overall dependability plan to meet the economic operating conditions. This includes

- establishing the maintenance policy,
- planning for maintenance and maintenance support during design and development phase,
- making decisions on trade-offs between functional needs, capability, life cycle cost and reliability, maintainability and maintenance support,
- providing and improving maintenance and maintenance support resources during the operation and maintenance phase.

For some items this responsibility begins and remains with the manufacturer. For others, the manufacturer has initial responsibility for identifying maintenance support needs but the end user or operator takes final responsibility for completing the planning process and implementing the results.

5.2 Customers

For some items, the customer is also the user and depends largely on the manufacturer for maintenance and maintenance support. The manufacturer remains responsible for ensuring these services are adequately provided and thus needs to remain aware of their adequacy. This requires technical expertise from the manufacturer and ongoing communication with customers including customer feedback. Increasingly, the responsibility for maintenance and maintenance support may be allocated to a third party through a service level agreement.

For other items, the operator provides a service to a customer and thus takes primary responsibility for maintenance and maintenance support. The operating organization should communicate with the customer to ensure overall dependability is achieved.

5.3 Maintenance policy

The organization responsible for maintenance and maintenance support should establish a maintenance policy to guide the planning, execution, assessment, analysis and improvement of maintenance and maintenance support. A conceptual maintenance policy should be defined during the concept and definition phase and then made more specific during the design and development phase. Further changes and improvements may occur during the operation and maintenance phase so the maintenance policy will have to be updated periodically.

Le développement de la politique peut suivre des méthodes de planification organisationnelles standards, qui comprennent les objectifs de la société, la politique et les objectifs pour la maintenance, les plans d'action et mesures d'aptitude. Selon la situation, il convient que ce développement comprenne le propriétaire, l'utilisateur et le client.

Les objectifs pour la maintenance sont développés à partir des politiques d'entreprises et des besoins des clients. Ces objectifs peuvent comprendre la disponibilité, la sécurité, l'aptitude et le coût de la maintenance et il convient de les communiquer à tout le personnel impliqué dans la maintenance et le support de maintenance y compris les parties extérieures.

Les plans d'action développés à partir des objectifs fournissent la base pour assurer que les besoins du client sont satisfaits et que des améliorations peuvent être apportées aux mesures de l'aptitude à fonctionner orientées vers la maintenance, les affaires et les clients. Les plans peuvent inclure des améliorations telles que des méthodes et outils de surveillance des conditions nouvelles, une meilleure gestion de l'information et des processus de gestion du travail plus efficaces. Les mesures de l'aptitude à fonctionner sont traitées en 8.2.

5.4 Planification de la maintenance et du support de maintenance

Il convient que la planification de la maintenance et du support de maintenance prennent en compte

- les buts et objectifs de la sûreté de fonctionnement liés aux besoins des clients, à la sécurité et à la réglementation,
- le concept de maintenance à utiliser,
- la méthodologie pour optimisation de la maintenance,
- les ressources nécessaires pour la mise en application du concept de maintenance établi,
- la gestion et les responsabilités d'organisation pour les activités de maintenance,
- l'intégration de recommandations de maintenance de produit individuel dans un système plus large,
- l'impact sur les ressources de support existant, et leur disponibilité.

5.5 Responsabilité, autorité et communication

Il convient que la gestion assure que la planification de la maintenance et du support de maintenance se déroule comme une partie du programme de sûreté de fonctionnement global (voir CEI 60300-1 et CEI 60300-2). Il convient d'identifier, d'assigner et de communiquer les responsabilités et fonctions spécifiques, aux clients, utilisateurs et parties concernées de l'organisation et des participants extérieurs.

6 Mise en application du processus de maintenance

6.1 Généralités

Il convient que l'utilisateur établisse des processus pour assurer une application cohérente de la maintenance et du support de maintenance à la fois pour la planification et l'exécution. Une description générale des processus essentiels est montrée dans la Figure 4 et expliquée en 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 8.2, 8.3 et 8.4. Il convient que chaque organisation adapte ses processus aux besoins des clients et au contexte dans lequel la maintenance et le support de maintenance sont appliqués.

Development of the policy may follow standard organizational planning methods, which normally include corporate goals, policies and objectives for maintenance, action plans and performance measures. Depending on the situation, this development should include the owner, user and customer.

Objectives for maintenance are developed from corporate policies and customer needs. These objectives may include availability, safety, performance and maintenance cost and should be communicated to all personnel involved in maintenance and maintenance support, including external parties.

Action plans developed from the objectives provide the basis for ensuring customer needs are met and improvements can be made based on accepted customer, business and maintenance related performance measures. Plans may include improvements such as new condition monitoring methods and tools, better information management and more efficient work management processes. Performance measurement is covered in 8.2.

5.4 Planning of maintenance and maintenance support

Planning for maintenance and maintenance support should consider the following:

- dependability objectives and targets related to customer needs, safety and regulations;
- maintenance concept to be applied;
- methodology for maintenance optimization;
- support resources needed to implement the stated maintenance concept;
- management and organizational responsibilities for maintenance activities;
- integration of individual product maintenance recommendations within a larger system;
- impact on, and availability of, existing support resources.

5.5 Responsibility, authority and communication

Management should ensure that planning for maintenance and maintenance support occurs as a part of the overall dependability programme (see IEC 60300-1 and IEC 60300-2). Specific functions and responsibilities should be identified, assigned and communicated to customers, users and relevant parts of the organization and external participants.

6 Maintenance process implementation

6.1 General

The user should establish processes to ensure consistent application of maintenance and maintenance support both for planning and execution. A general description of the essential processes is shown in Figure 4 and is further explained in 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 8.2, 8.3 and 8.4. Each organization should tailor its processes based on customer needs and the context in which maintenance and maintenance support is being applied.

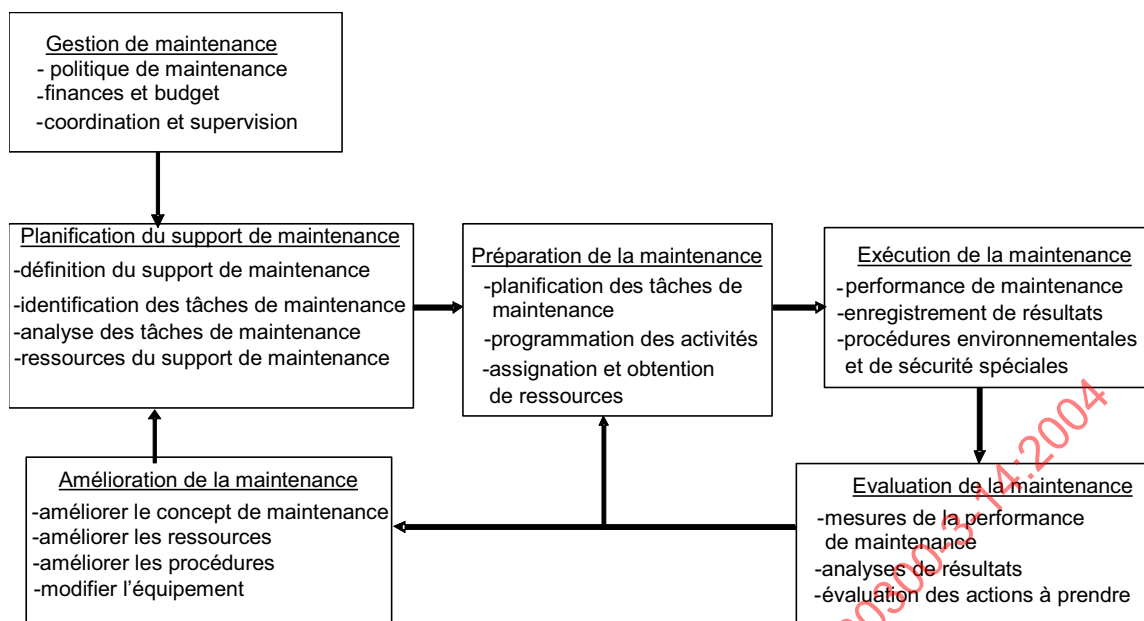


Figure 4 – Processus de maintenance

IEC 263/04

6.2 Gestion de la maintenance

La gestion de la maintenance et des activités de support de maintenance consiste en ce qui suit:

- le développement et la mise à jour de la politique de maintenance,
- l'attribution d'un budget pour la maintenance,
- la coordination et la supervision de la maintenance.

La politique de maintenance est développée par le responsable de la gestion pour la maintenance et le support de maintenance, conjointement avec tous les groupes impliqués dans la maintenance. Il convient de la documenter formellement, de la revoir et de la renouveler régulièrement.

Il convient de fournir un support financier adéquat, à l'aide de méthodes de budgétisation et de rapports financiers.

Il convient que la gestion conçoive des structures organisationnelles qui permettent la maintenance et les activités de support de maintenance et traitent efficacement avec les groupes qui fournissent les ressources de maintenance aussi bien en interne qu'en externe.

6.3 Maintenance et planification du support de maintenance

6.3.1 Généralités

Le but de la maintenance et de la planification du support de maintenance est d'établir le concept de maintenance pour les entités exigeant une maintenance, de fournir les ressources de maintenance nécessaires pour assurer que les informations requises sont recueillies pendant la maintenance.

La maintenance et la planification du support de maintenance peuvent se présenter pendant les phases de conception, de développement, d'exploitation et de maintenance du cycle de vie, suivant les scénarios décrits en 4.1.2, 4.1.4 et 4.1.7. Pour certaines entités cette planification est presque entièrement menée avant l'exploitation et la phase de maintenance après quoi seules les activités d'amélioration se présentent. La CEI 60300-3-12 décrit une méthode pour l'intégration de la planification de la maintenance et du support de maintenance dans ce contexte.

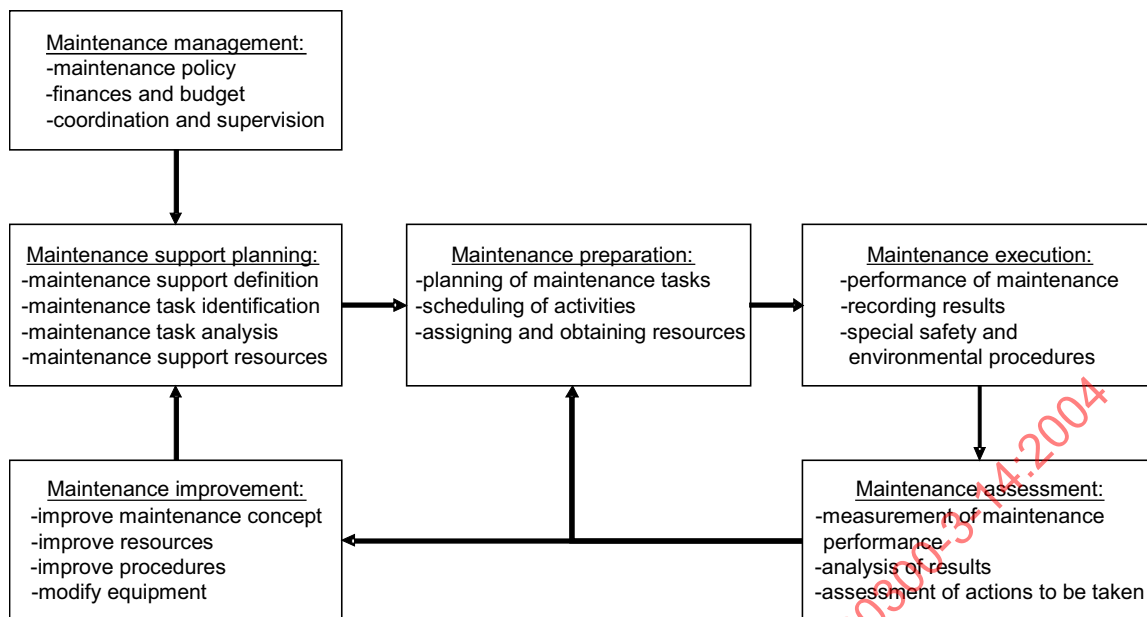


Figure 4 – Maintenance processes

IEC 263/04

6.2 Maintenance management

The management of maintenance and maintenance support activities consists of

- developing and updating the maintenance policy;
- providing finances for maintenance;
- coordination and supervision of maintenance.

The maintenance policy is developed by the management responsible for maintenance and maintenance support, in conjunction with all groups involved in maintenance. It should be documented formally and reviewed and renewed on a regular basis.

Adequate financial support should be provided, supported by budgeting methods and financial reporting.

Management should design organizational structures that enable maintenance and maintenance support activities and deal effectively with groups that provide maintenance resources both internally and externally.

6.3 Maintenance and maintenance support planning

6.3.1 General

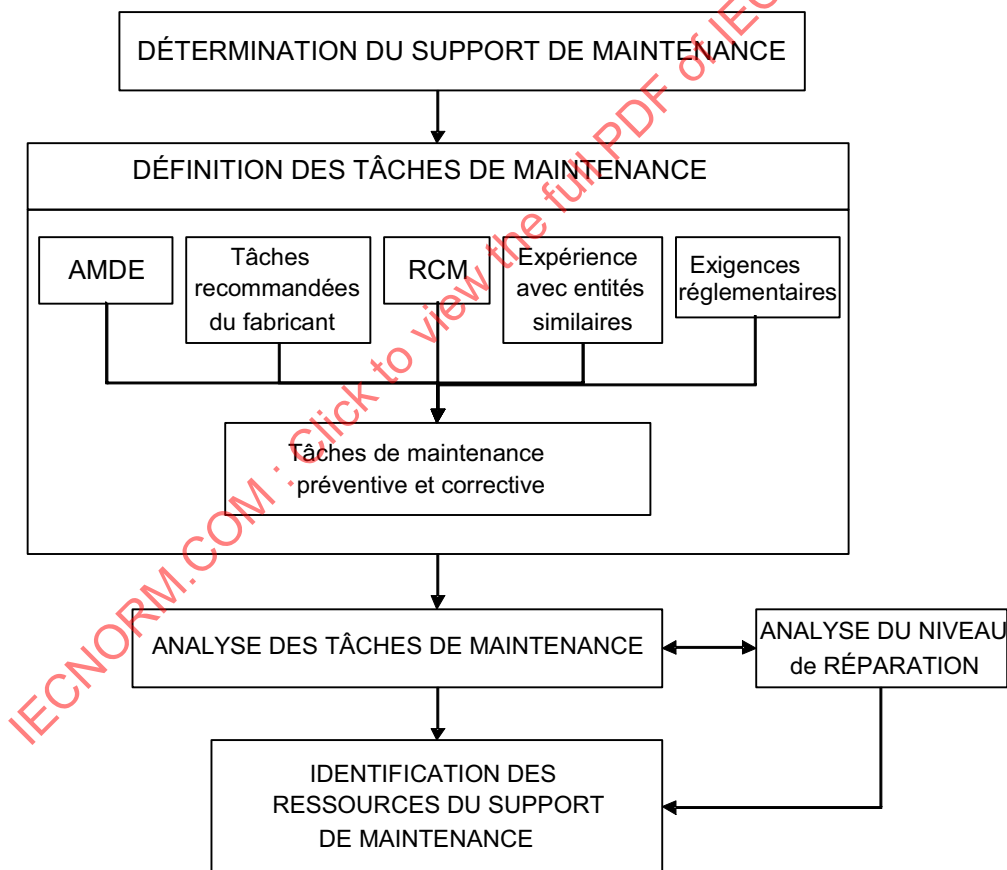
The purpose of maintenance and maintenance support planning is to establish the maintenance concept for items requiring maintenance, to provide for the necessary maintenance resources and to ensure that the required information is collected during maintenance.

Maintenance and maintenance support planning may occur during design and development and operation and maintenance phases of the life cycle, depending on the scenarios outlined in 4.1.2, 4.1.4 and 4.1.7. For some items this planning is almost entirely carried out prior to the operation and maintenance phase after which only improvement activities occur. IEC 60300-3-12 describes a method for integrated planning of maintenance and maintenance support in this context.

Dans d'autres cas, l'utilisateur final/opérateur est responsable de la planification et du développement de la maintenance et du support de maintenance, qui prend ensuite place pendant les étapes initiales de la phase de maintenance et d'exploitation. Cela arrive souvent quand des articles standards (COTS) sont assemblés, construits et installés dans un système plus large tel que des usines de fabrication et des usines de procédés pétrochimiques. Le fabricant de l'entité COTS spécifie normalement les tâches et ressources de maintenance recommandées. Cela doit généralement être revu et ajusté aux conditions et situations spécifiques. L'Annexe A décrit les facteurs qui doivent être pris en considération.

Les utilisateurs peuvent établir un contrat avec une tierce partie pour un accord de service à long terme pour fournir la maintenance et le support de maintenance. Ceux-ci couvriront certains aspects de la maintenance et du support de maintenance tels que la fourniture de pièces détachées ou la disposition de services de maintenance, ou ils peuvent constituer une responsabilité totale pour tous les aspects de la maintenance et du support de maintenance avec une garantie de l'aptitude à fonctionner et de la disponibilité. Une définition claire des objectifs et responsabilités de la maintenance et du support de maintenance est très importante.

Les éléments de la maintenance et de la planification du support de maintenance sont illustrés à la Figure 5 et décrits dans les paragraphes suivants.



IEC 264/04

Figure 5 – Procédé de planification du support de maintenance et de la maintenance

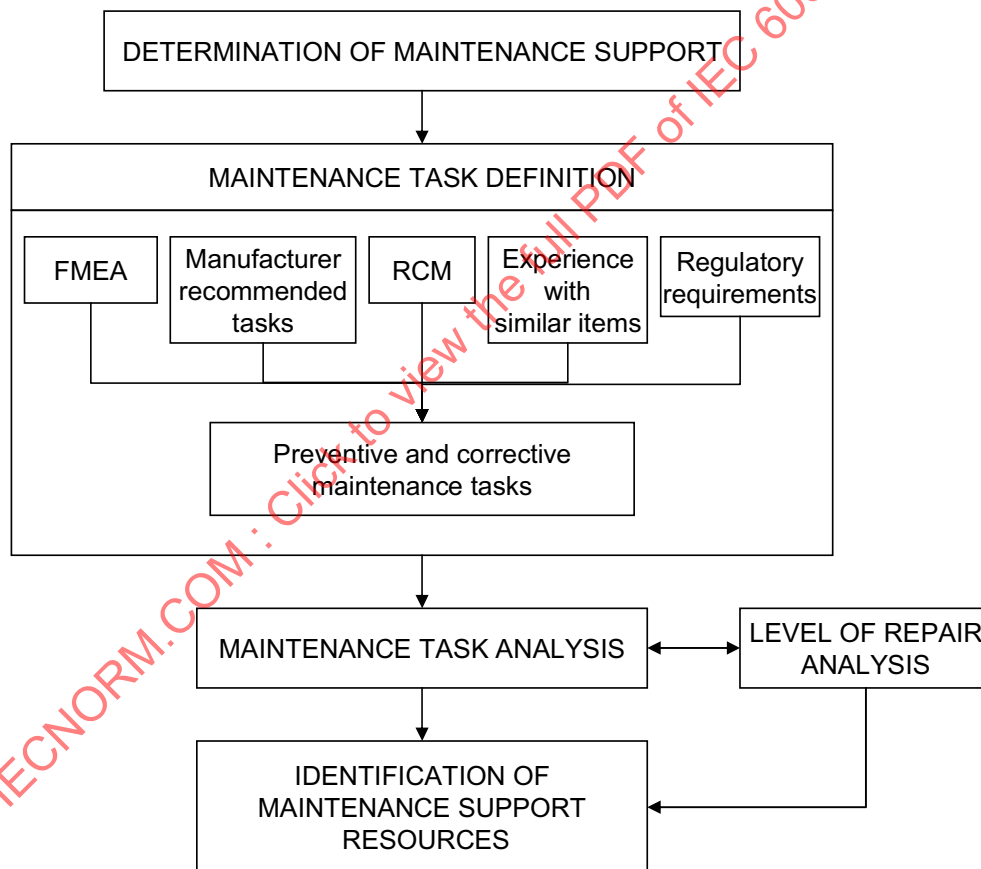
6.3.2 Description du support de maintenance

La première étape est de définir les lignes directrices générales de planification de la maintenance et du support de maintenance en se basant sur la politique de maintenance et les considérations d'utilisation opérationnelles.

In other instances, the final user and operator is responsible for planning and developing maintenance and maintenance support, which then takes place during the initial stages of the operation and maintenance phase. This often occurs when commercial-off-the-shelf (COTS) items are assembled, constructed and installed into a larger system such as a manufacturing facility or petrochemical process plant. The manufacturer of the COTS items normally specifies recommended maintenance tasks and resources. These usually need to be reviewed and adjusted for specific situations and conditions. Annex A describes the factors that may need to be considered.

Users may contract with a third party for a long-term service agreement to provide maintenance and maintenance support. These may cover some aspects of maintenance and maintenance support such as spare parts supply or provision of maintenance services, or they may entail complete responsibility for all aspects of maintenance and maintenance support with a performance and availability guarantee. A clear definition of maintenance and maintenance support objectives and responsibilities is very important.

The elements of maintenance and maintenance support planning are illustrated in Figure 5 and described in the following clauses.



IEC 264/04

Figure 5 – Maintenance and maintenance support planning process

6.3.2 Determination of maintenance support

The first step is to define general guidelines for maintenance and maintenance support planning based upon the maintenance policy and operational use considerations.

Il convient que la politique de maintenance soit consultée pour les lignes directrices générales sur les buts, les objectifs et les politiques relatives à

- l'aptitude ou capacité de l'entité et du procédé,
- la fiabilité et la disponibilité de l'entité et du procédé,
- l'utilisation de ressources extérieures et de contrats de services de maintenance,
- les responsabilités et la structure organisationnelles,
- l'utilisation d'outils et de techniques de surveillance des conditions,
- le coût et autres contraintes.

En plus, il convient qu'une étude d'utilisation opérationnelle identifie

- les entités et systèmes qui sont importants pour répondre aux objectifs du processus,
- les entités et systèmes qui impliquent des considérations de sécurité,
- les schémas opérationnels,
- les conditions environnementales,
- la durée de fonctionnement attendue.

Il convient d'identifier et de se documenter sur les facteurs de support de maintenance pertinents liés à l'utilisation prévue. Il convient d'organiser des visites de ces unités opérationnelles et activités de support de maintenance qui représentent le mieux l'environnement de support de maintenance et de fonctionnement planifié. Il convient de documenter les facteurs de support de maintenance concernés par l'utilisation prévue de la nouvelle entité, les données quantitatives et rapports de visite.

Il convient de revoir l'expérience de fonctionnement avec des systèmes similaires pour rattacher les enseignements du passé à la maintenance et aux exigences du support de maintenance de la nouvelle acquisition. Il convient que cette révision se serve de fourniture, maintenance et information de fonctionnement des systèmes opérationnels. Il convient de se servir des systèmes de collecte de données et autre documentation significative, en retour d'expérience des visites. Cette information s'appliquera aux améliorations dans la maintenance et le support de maintenance.

6.3.3 Identification des tâches de maintenance

Les tâches de maintenance sont alors identifiées par une seule ou par une combinaison des approches suivantes:

- en adoptant les recommandations du fabricant,
- en analysant les entités utilisant une approche structurée telle que la fiabilité axée sur la maintenance (RCM) fondée sur une AMDEC,
- en comptant sur l'expérience réelle avec l'entité.

Il est possible de dépendre uniquement des recommandations du fabricant pour les tâches de maintenance mais il est nécessaire que les utilisateurs confirment qu'elles sont appropriées à une utilisation fonctionnelle. Le fabricant n'est généralement pas capable d'anticiper des facteurs tels que les conséquences des défaillances sur les affaires, les considérations de sécurité, les exigences réglementaires, l'utilisation des techniques de surveillance des conditions, la disponibilité des ressources et conditions environnementales uniques.

Pour les situations où les tâches de maintenance liées au fabricant ne sont pas spécifiées ou adaptées et où les entités sont considérées comme importantes, il convient de procéder à une analyse structurée telle que RCM (voir CEI 60300-3-11). La RCM est basée sur une AMDEC (voir CEI 60812), qui identifie systématiquement les modes de défaillance probables,

Maintenance policy should be consulted for general guidelines on goals, objectives and policies relative to

- process and item performance or capacity;
- process and item availability and reliability;
- use of external resources and contracts for maintenance services;
- organizational structure and responsibilities;
- use of condition monitoring techniques and tools;
- cost and other constraints.

In addition, an operational use study should identify

- items and systems that are important to meet process objectives;
- items and systems that involve safety considerations;
- operational patterns;
- environmental conditions;
- expected service life.

Pertinent maintenance support factors related to the intended use should 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 the new item, quantitative data and field visit reports should be documented.

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.

6.3.3 Maintenance task identification

Maintenance tasks are then identified by one or a combination of the following approaches:

- adopting manufacturer's recommendations;
- analysing items using a structured approach such as reliability centred maintenance (RCM) based on a FMECA;
- relying on actual experience with the item.

It is possible to depend solely on manufacturer recommendations for maintenance tasks but users need to confirm that they are appropriate for their operational use. The manufacturer is usually not able to anticipate factors such as business-related consequences of failure, safety considerations, regulatory requirements, the use of condition monitoring techniques, availability of resources and unique environmental conditions.

For situations where manufacturer-based maintenance tasks are not specified or suitable and where items are deemed to be important, a structured analysis such as RCM should be carried out (see IEC 60300-3-11). RCM is based on a FMECA (see IEC 60812), which systematically identifies the likely modes of failure, the frequency of occurrence, the possible effects of each failure, and the criticality of each effect on capacity, availability, reliability,

la fréquence d'apparition, les effets possibles de chaque défaillance, et la criticité de chaque effet sur la capacité, la disponibilité, la fiabilité, la sécurité ou autres conséquences significatives. L'AMDEC peut être comprise dans le programme de fiabilité pendant la conception ou être effectuée avant la RCM. L'AMDEC sera d'autant plus valable si elle est réalisée comme partie de la RCM bien qu'une AMDE puisse être effectuée seule pour identifier la maintenance corrective.

Une analyse RCM consiste en une approche systématique pour analyser la fiabilité et les données de sécurité de façon à déterminer la faisabilité et l'intérêt des tâches de maintenance préventive, pour attirer l'attention sur les zones de problème de maintenance en vue de la revue de conception et pour établir le programme de maintenance préventive le plus efficace. La logique RCM est appliquée aux modes de défaillance individuels de chaque entité identifiés pendant l'AMDEC au travers d'une détermination progressive de la façon dont peuvent être détectées et corrigées les défaillances imminentes, pour préserver les niveaux inhérents de fiabilité et de sécurité.

L'analyse RCM est basée sur les données AMDEC et identifie les tâches de maintenance préventive de façon à

- détecter et corriger les défaillances naissantes soit avant qu'elles ne surviennent soit avant qu'elles ne développent des défauts importants,
- réduire la probabilité de défaillance,
- détecter les défaillances cachées qui se sont produites,
- accroître la rentabilité du programme de maintenance.

Si les conséquences de la défaillance peuvent être tolérées et que le coût de la maintenance corrective est inférieure au coût de la maintenance préventive, la meilleure approche peut être une maintenance non programmée.

Pour les entités ayant une expérience de fonctionnement suffisante et un historique de maintenance, il est possible de compter sur les pratiques et l'expérience réelle de la maintenance. Cependant, il convient de réviser et considérer les facteurs traités en 6.3.2.

Lorsque différents types de tâches de maintenance sont possibles (par exemple surveillance des conditions ou remplacement régulier), les arbitrages entre des facteurs tels que la disponibilité de l'entité, le temps disponible pour la maintenance et le coût peuvent nécessiter une considération et évaluation.

6.3.4 Analyse des tâches de maintenance

L'analyse des tâches de maintenance détermine les ressources et informations spécifiques pour chaque entité qui exige une maintenance comprenant:

- une description de la tâche de maintenance au niveau de détail nécessaire pour une personne qualifiée en maintenance,
- la fréquence de la tâche basée sur une mesure appropriée telle que le temps écoulé, les heures de fonctionnement, le nombre de cycles opérationnels ou distance,
- le nombre de personnes, le niveau de qualification et le temps exigé pour réaliser la tâche,
- les procédures de maintenance pour démontage et remontage,
- les procédures de sécurité à suivre,
- les procédures de manipulation, transport et destruction de matériaux dangereux,
- les outils spéciaux, les équipements d'essai et équipements de support exigés,
- les pièces détachées, matériaux et consommables à utiliser ou à remplacer,

safety or other significant outcomes. FMECA may be included under the reliability programme during design or may need to be carried out prior to performing RCM. The FMECA will be most valid if it is performed as a part of RCM although a FMEA may be carried out on its own to identify corrective maintenance.

A RCM analysis consists of a systematic approach to analysing reliability and safety data in order to determine the feasibility and desirability of preventive maintenance tasks, to highlight maintenance problem areas for design review consideration and to establish the most effective preventive maintenance programme. RCM logic is applied to the individual failure modes of each item identified during the FMECA, through a progressive determination of how impending failures can be detected and corrected in order to preserve the inherent levels of reliability and safety.

The RCM analysis is based on FMECA data and 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.

If the consequences of failure can be tolerated and the cost of corrective maintenance is less than the cost of preventive maintenance, the best approach may be no scheduled maintenance.

For items that have sufficient operational experience and maintenance history, it may be possible to rely on actual maintenance practices and experience. However, the factors discussed in 6.3.2 should still be reviewed and considered.

Where different types of maintenance tasks are possible (for example, condition monitoring or regular replacement), trade-offs between such factors as item availability, times available for maintenance and cost may need to be considered and evaluated.

6.3.4 Maintenance task analysis

Maintenance task analysis determines the specific information and resources for each item that requires maintenance including the following:

- description of the maintenance task to the level of detail necessary for a skilled maintenance person;
- frequency of the task based on a relevant measure such as elapsed time, operating hours, number of operational cycles or distance;
- number of personnel, skill level and time required to perform the task;
- maintenance procedures for disassembly and reassembly;
- safety procedures to be followed;
- procedures for handling, transportation and disposal of hazardous materials;
- special tools, test equipment and support equipment required;
- spare parts, materials and consumables to be used or replaced;

- les observations et mesures à faire,
- les procédures de contrôle pour vérifier le bon fonctionnement et le succès de la tâche de maintenance.

Les tâches sont alors révisées et des ajustements de leurs fréquences sont faits comme résultante de contraintes telles que des fenêtres de coupure disponibles, le besoin de maximiser la disponibilité ou l'optimisation des ressources.

Chaque fois que cela est possible, il convient d'utiliser les sources existantes des données d'analyse de tâche de maintenance (par exemple, les manuels existants, les instructions de maintenance ou rapports ILS). Cependant, l'applicabilité de ces diverses applications ou environnements doit être prise en considération.

6.3.5 Identification des ressources de support de maintenance

En définissant le concept de maintenance détaillé, il est nécessaire de déterminer à quel échelon de maintenance il convient de réparer ou remplacer les entités. Les entités peuvent être maintenues sur site, dans un atelier de réparation local ou par une installation de réparation extérieure. Le but est de définir les lignes de maintenance appropriées et les échelons de maintenance de façon à minimiser les coûts, et à se soumettre aux contraintes de disponibilité.

Une analyse de niveau de réparation (LORA) peut être effectuée pour déterminer les échelons de maintenance optimaux. L'information suivante fournit un accès à l'analyse:

- les données de fonctionnement de l'entité, la quantité et le lieu,
- les alternatives de réparation possibles,
- les facteurs de coût,
- les ressources et le personnel de réparation,
- la fiabilité de l'entité et les données de maintenabilité,
- le temps de transport et de rotation de et vers les lieux de réparation,
- les contraintes et la politique de l'utilisateur.

Le résultat du LORA détaillé rend possible l'assignation d'un niveau de maintenance pour chaque entité et fournit une entrée dans l'analyse de la tâche de maintenance et l'identification de ressources de support de maintenance.

D'après le LORA, il sera alors possible de finaliser le concept de maintenance pour chaque entité. On peut donc prendre les décisions suivantes:

- le personnel de maintenance est-il fourni par l'organisation ou obtenu de sources extérieures ?
- qui fournit les pièces détachées, les matériaux et consommables, par exemple inventaire, approvisionnement local ou fourniture extérieure ?
- d'où proviennent les outils spéciaux, les équipements de support, d'essai, de levage, de transport ?
- l'équipement de surveillance de conditions et logiciels à obtenir,
- l'infrastructure à fournir pour mettre en place les politiques de maintenance.

- observations and measurements to be made;
- checkout procedures to verify proper operation and successful completion of the maintenance task.

The tasks are then reviewed and adjustments made to their frequency as a result of constraints such as available outage windows, the need to maximize availability or the optimization of resources.

Wherever possible existing sources of maintenance task analysis data should be utilized (e.g. existing manuals, maintenance instructions or ILS reports). However, the applicability of these to different applications or environments needs to be considered.

6.3.5 Identification of maintenance support resources

In defining the detailed maintenance concept, it is necessary to determine at which maintenance echelon items should be repaired or replaced. Items may be maintained on site, at a local repair shop or by an external repair facility. The objective is to define appropriate lines of maintenance and maintenance echelons in order to minimize the costs, and subject to availability constraints.

A level of repair analysis (LORA) may be performed to determine the optimum maintenance echelons. The following information provides input to the analysis:

- item operational data, quantity and location;
- feasible repair alternatives;
- cost factors;
- repair personnel and resources;
- item reliability and maintainability data;
- turnaround and transportation time to and from repair facilities;
- user policy and constraints.

The output from the detailed LORA makes possible the assignment of a level of maintenance for each item and provides input into the maintenance task analysis and the identification of maintenance support resources.

Based on the LORA, it will then be possible to finalize the maintenance concept for each item. The following decisions can then also be made:

- whether maintenance personnel are provided by the organization or whether they are obtained from external sources;
- who provides for spare parts, materials and consumables, e.g. inventory, local sourcing or external supply;
- where special tools, transportation, lifting, testing and support equipment is sourced;
- condition monitoring equipment and software to be obtained;
- infrastructure that needs to be provided to implement maintenance policies.

6.4 Préparation de la maintenance

La planification des tâches de maintenance spécifiques doit être établie suffisamment à l'avance pour planifier et fournir les ressources nécessaires. Cela comprend

- l'identification et assignation du personnel,
- l'acquisition des matériaux et pièces détachées de sources extérieures ou du stock,
- assurer la disponibilité des outils, du transport, des équipements de support et de levage,
- la préparation des plans de travail et des procédures de sécurité et environnement, de maintenance et de fonctionnement exigés,
- l'identification et la réservation de ressources extérieures,
- l'identification des ressources de communications,
- la fourniture des formations nécessaires.

Les activités planifiées sont programmées, basées sur un système de priorité, pour assurer que les activités les plus importantes et urgentes sont réalisées en premier et que les ressources sont utilisées efficacement.

La répartition des ressources de maintenance peut être effectuée à l'aide de centres d'appel, de procédures d'appel spécifiques, diagnostics automatiques à distance, d'opérateurs ou d'utilisateurs d'équipement, ou tout autre moyen.

6.5 Exécution de la maintenance

Il convient de réaliser les tâches de maintenance en portant un soin et une attention particulière aux aspects techniques d'isolation, de démontage, de nettoyage, de réparation, de remise à neuf, de remplacement, de ré-assemblage et d'équipements et de composants d'essai. Les procédures environnementales et de sécurité telles que la destruction des matériaux et consommables dangereux doivent être suivies comme prescrit. Il convient d'enregistrer les informations conformément aux observations effectuées, aux lectures et mesures exigées, aux tâches réalisées et aux ressources utilisées.

La maintenance préventive peut consister en ce qui suit:

- rassembler les données techniques et description de tâche,
- obtenir des pièces détachées, outils et équipement de support,
- des déplacements sur le lieu de travail,
- préparer le site de travail (arrêt d'équipement, procédures d'isolation et de fermeture),
- la durée de maintenance active,
- observations et mesures,
- essais et vérifications,
- nettoyage du site de travail,
- enregistrement des informations nécessaires.

La maintenance corrective entraîne les mêmes étapes que celles de la maintenance préventive mais nécessite aussi la tâche supplémentaire d'identification de panne de façon à identifier la position et la nature de la défaillance et la remise à neuf nécessaire ou le remplacement des composants. Dans le cas d'une défaillance importante, la cause doit être recherchée et les preuves réunies avant réparation.

Il peut être nécessaire de réaliser une certification des tâches de maintenance si cela est spécifié par des réglementations, contrat ou exigences d'entreprise.

6.4 Maintenance preparation

Planning for specific maintenance tasks needs to be done with enough lead time to plan and supply the necessary resources. This includes

- identifying and assigning personnel,
- acquiring materials and spare parts from external sources or inventory,
- ensuring tools, transportation, lifting and support equipment are available,
- preparing required operating, maintenance, safety and environmental procedures and work plans,
- identifying and reserving external resources,
- identifying communications resources,
- providing necessary training.

Planned activities are scheduled, based on a priority system, to ensure the most urgent and important activities are carried out first and resources are utilized efficiently.

The dispatch of maintenance resources may be activated through call centres, specialized callout procedures, remote automatic diagnosis, equipment operators or users, or by other means.

6.5 Maintenance execution

Maintenance tasks should be performed with due care and attention to the technical aspects of isolation, disassembling, cleaning, repairing, refurbishing, replacing, re-assembling and testing equipment and components. Special safety and environmental procedures such as disposal of hazardous materials and consumables need to be followed as specified. Information should be recorded with respect to observations made, readings and measurements required, tasks carried out and resources used.

Preventive maintenance may consist of the following:

- gathering of technical data and task description;
- obtaining spare parts and tools and support equipment;
- travel to the worksite;
- preparation of the worksite such as equipment shutdown, isolating and lockout procedures;
- active maintenance time;
- observations and measurement;
- testing and checkout;
- clearing of worksite;
- recording necessary information.

Corrective maintenance entails the same steps as those for preventive maintenance but also requires the additional task of fault identification in order to identify the location and nature of the failure and the necessary refurbishment or replacement of components. In the event of a major failure, the cause needs to be investigated and evidence gathered prior to the repair.

Certification of maintenance tasks may need to be carried out if specified by regulatory, contract or company requirements.

7 Gestion des ressources

7.1 Disposition des ressources

Les principales ressources applicables à la maintenance et au support de maintenance sont les suivantes:

- ressources humaines, comprenant à la fois le personnel en interne et en externe, employé pour la maintenance et le support de maintenance,
- matériels et pièces détachées utilisés pour la réparation ou la remise à neuf d'entités,
- infrastructure qui consiste en des moyens utilisés pour la maintenance et la révision, les outils et équipements de support et les équipements pour soulever et transporter,
- ressources d'information exigées pour gérer et exécuter la maintenance et le support de maintenance,
- ressources financières pour la maintenance et le support de maintenance.

Les ressources nécessaires pour la maintenance et le support de maintenance sont initialement identifiées pendant la planification du support de maintenance, dans la phase de développement et de conception. Au fur et à mesure des changements de conditions dans la phase de maintenance et de fonctionnement, il convient que le type et la quantité de ressources soient révisés et mis à jour régulièrement. De nombreux facteurs influencent les ressources de maintenance tels que les suivants:

- emplacement des moyens et entités à conserver,
- emplacement des ressources de support,
- niveau de sécurité du fonctionnement requis,
- type d'entité à soutenir,
- importance de fonctionnalité du produit,
- facteurs économiques,
- objectifs de l'entreprise,
- exigences réglementaires.

7.2 Ressources humaines

7.2.1 Généralités

Pour réaliser les objectifs d'exploitation au coût le plus bas du cycle de vie complet, on exige du personnel qualifié et formé. Pour la majorité des systèmes, l'élément le plus cher du support de maintenance est le personnel de maintenance. Une sélection soignée du personnel et une formation efficace minimisera ce coût.

Pour les systèmes complexes qui emploient des conceptions avancées dans les règles de l'art, il convient que le nombre de personnes, leur niveau de qualification et leur formation proviennent d'une analyse des besoins de maintenance. Les spécialisations du personnel, les niveaux de qualification (par exemple de base, intermédiaire et élevé) et le nombre nécessaire peuvent être identifiés en évaluant la complexité et la fréquence des tâches comme partie de l'analyse du support de maintenance. Il convient d'établir les spécialisations et les niveaux de qualification pour chaque emplacement où une entité est exploitée et où une maintenance est réalisée.

Il convient que le personnel assigné à la réalisation de la maintenance et au support de maintenance soit compétent, avec des études, des formations, des niveaux et expériences appropriés. Cela doit être maintenu à jour pour répondre aux évolutions dans les besoins de la maintenance et la technologie. Une certification spéciale peut être exigée pour certaines tâches de maintenance.

7 Resource management

7.1 Provision of resources

The primary resources applicable to maintenance and maintenance support are as follows:

- human resources, including both internal and external personnel, used to carry out maintenance and maintenance support;
- materials and spare parts used to repair or refurbish items;
- infrastructure which consists of facilities used for maintenance and overhaul, tools and support equipment and transportation and lifting equipment;
- information resources required to manage and execute maintenance and maintenance support;
- financial resources to fund maintenance and maintenance support.

Resources needed for maintenance and maintenance support are initially identified during maintenance support planning in the design and development phase. As conditions change in the operations and maintenance phase, the type and amount of these resources should be reviewed and updated on a regular basis. Many factors influence maintenance resources such as the following:

- location of facilities and items to be maintained;
- location of support resources;
- level of dependability required;
- type of item being supported;
- importance of product functionality;
- economic factors;
- corporate objectives;
- regulatory requirements.

7.2 Human resources

7.2.1 General

To achieve operational objectives at the lowest overall life cycle cost, it is required that qualified and trained personnel be available. For the majority of systems, the most expensive element of maintenance support is maintenance personnel. Careful selection of personnel and their effective training minimizes this cost.

For complex systems that employ advanced state-of-the-art designs, the number of personnel, their skill levels and their training should be derived from an analysis of maintenance needs. Personnel specialties, skill levels (i.e. basic, intermediate and high) and numbers required can be identified by evaluating the complexity and frequency of tasks as part of the maintenance support analysis. Specialties and skill levels should be established for each location where an item is operated and where maintenance is performed.

Personnel assigned to perform maintenance and maintenance support should be competent, with appropriate education, training, skills and experience. This needs to be kept up-to-date to respond to changes in maintenance needs and technology. Special certification may be required for some maintenance tasks.

7.2.2 Formation

Il convient de développer la formation pour qu'elle soit cohérente avec la conception du système, le concept de maintenance, les procédures et équipements de support et les niveaux de qualification disponibles du personnel de maintenance. Il peut être nécessaire de développer et fournir des aides et de la documentation pour la formation. Il convient de choisir et de former du personnel en techniciens capables et compétents sur site au moment où l'entité livrée entre en exploitation. Il convient que la formation du personnel soit à la fois au départ et en continu pour couvrir les départs, le remplacement du personnel et l'impact des changements ou modifications d'entité.

Il convient qu'un plan de formation et de personnel couvre ce qui suit:

- formation d'opérateur, comprenant le type de formation, les exigences basiques d'entrée et un aperçu des cours,
- formation de maintenance à tous les niveaux d'application de la maintenance, comprenant le type de formation, les exigences basiques d'entrée et un aperçu des cours,
- équipement de formation, dispositifs, aides, et données requises pour soutenir l'opérateur et l'activité de formation de maintenance,
- programme proposé pour formation initiale de maintenance et d'opérateur,
- approche proposée pour une suite de formations tout au long du cycle de vie du système.

Il convient qu'un programme de formation soit constitué des composantes principales suivantes:

- un moyen d'analyser le travail pour identifier les besoins en formation,
- un développement des objectifs de formation spécifiques,
- un développement des critères d'évaluation,
- une sélection de méthodes pour la délivrance d'instructions,
- la mise en place de la formation,
- moyens pour l'évaluation des résultats de la formation.

Lorsque les éléments de maintenance ont été délégués à d'autres organisations de support, il convient d'adapter le plan de formation seulement aux éléments sous la responsabilité de l'organisation de maintenance et toutes interfaces requises avec d'autres organisations.

7.3 Infrastructure

7.3.1 Généralités

L'infrastructure est constituée de moyens et d'équipements de support et est importante pour assurer une maintenance adéquate et un support de maintenance. Cela comprend

- l'équipement de support,
- les moyens de maintenance externes et internes,
- les moyens techniques et administratifs,
- les systèmes d'information de maintenance informatisés.

7.3.2 Equipement de support

7.3.2.1 Généralités

Tout équipement nécessaire pour la maintenance, l'entretien et l'inspection d'une entité, mais non essentiel à son fonctionnement, est appelé «équipement de support». Les types et quantités dépendent du type de support de travail demandé.

7.2.2 Training

Training should be developed so that it is consistent with the system design, maintenance concept, support equipment and procedures and the available skill levels of maintenance personnel. Training aids and documentation may need to be developed and provided. Personnel should be selected and trained to become knowledgeable and capable technicians on site when the delivered item becomes operational. Personnel training should include both initial and continued training to cover attrition, replacement of personnel and the impact of item changes or modifications.

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 applicable 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 analysing the job to identify training needs;
- development of specific training objectives;
- development of evaluation criteria;
- selection of methods for delivery of instructions;
- implementation of the training;
- means for assessment of the results of the training.

Where elements of maintenance have been delegated to other support organizations, the training plan should be tailored to address just those elements under the responsibility of the maintenance organization and any interfaces required with other organizations.

7.3 Infrastructure

7.3.1 General

Infrastructure consists of support equipment and facilities and is important for ensuring adequate maintenance and maintenance support. It includes the following:

- support equipment;
- internal and external maintenance facilities;
- administration and technical facilities;
- computerized maintenance information systems.

7.3.2 Support equipment

7.3.2.1 General

All equipment required for maintenance, servicing and inspection of an item, but not essential for its operation, is called support equipment. The types and quantities depend on the type of support work needed.

L'équipement de support comprend les outils nécessaires pour entreprendre les tâches de maintenance, supports et fixations pour permettre d'effectuer le travail en sécurité et l'équipement de mesures pour tester les paramètres de fonctionnement électroniques, électriques et mécaniques. Il peut également comprendre des équipements et gabarits d'interface pour permettre à une entité d'être testée séparément de l'équipement ou de l'assemblage auquel elle appartient.

7.3.2.2 Types d'équipement de support

L'équipement de support est classé par utilité, disponibilité et à l'origine en deux catégories principales d'équipement de support à but commun ou général et spécifique à l'équipement d'essai type (STTE).

- L'équipement de support commun inclut tout équipement de fourniture générale, tel que outils, embases et toute sorte d'appareils de mesure, qui peuvent être achetés tels quels ou sont généralement disponibles et appliqués au support du produit.

- STTE est cet équipement d'essai, qui est nécessaire pour réaliser une tâche spécifique pour une entité spécifique, telle que fixations pour permettre les mesures de paramètres mécaniques, ou un testeur ou analyseur électronique qui est fabriqué et adapté pour l'entité.

Les équipements importants tels que grues, chariots élévateurs à fourche sont généralement considérés sous le chapitre des moyens, à moins d'avoir été spécifiquement modifiés ou conçus pour l'entité.

7.3.2.3 Sélection d'équipement de support

Avant que l'équipement de support puisse être sélectionné, il convient de connaître les caractéristiques importantes de conception de l'entité. La majorité des équipements de support commun peut être choisie après réalisation de la conception de l'entité, et après qu'un concept de maintenance a été établi.

Il convient que chaque tâche de maintenance pour l'entité soit revue pour identifier l'équipement de support requis. Au tout début de la conception, ces exigences peuvent être assez générales et devenir plus spécifiques alors que des spécifications de conception plus détaillées sont connues. Pour minimiser la quantité d'équipement de support et assurer que le plus d'entités standards possible soient spécifiées, la coordination et la standardisation sont nécessaires dans le processus de sélection. L'équipement de support peut être considéré sous les catégories suivantes comme moyen de clarification des exigences et des responsabilités associées pour fournir ce qui suit:

- équipement standard (COTS): la plupart des équipements de support généraux et communs seront dans cette catégorie,
- équipement industriel: équipement couramment utilisé par un segment spécifique de l'industrie, reconnaissant qu'il peut être nécessaire de le modifier pour l'adapter,
- STTE: équipement conçu et fabriqué sur commande pour convenir à une maintenance spécifique, des exigences d'inspection et d'entretien.

Lorsque la maintenance est réalisée à plus d'un niveau, la répartition des équipements de support dépend des tâches attribuées à chaque niveau. En général l'équipement de support le plus complexe est aux échelons les plus bas, mais parfois des équipements de support sophistiqués peuvent être utilisés au niveau opérationnel pour économiser du temps et le besoin en agents de maintenance qualifiés.

Support equipment includes the tools required to undertake the maintenance tasks, stands and fixtures to enable work to be carried out safely and measuring equipment to test mechanical, electric and electronic operating parameters. It may also include interface jigs and equipment to allow an item to be tested separately from the equipment or assembly it belongs to.

7.3.2.2 Types of support equipment

Support equipment is classified by use, availability and source into two principal categories of common or general-purpose support equipment and special to type test equipment (STTE).

- Common support equipment includes any equipment that is of general supply, such as tools, jacks and general-purpose meters, which can be bought off the shelf or is generally available and applied to the support of the product.
- STTE is that test equipment, which is required for performing a specific task for a specific item, such as special fixtures to allow measurement of mechanical parameters, or a special electronic analyser or tester that is manufactured or adapted for the support of the item.

Major equipment such as cranes and forklift trucks are usually considered under the heading of facilities, unless they are specially modified or designed to support the item.

7.3.2.3 Selection of support equipment

Before the support equipment can be selected, the major design characteristics of the item should be known. The majority of the common support equipment can be selected after completion of the conceptual design for the item, and after a maintenance concept has been established.

Each maintenance task for the item should be reviewed to identify the required support equipment. In the earlier stages of design, these requirements might be quite general and will become more specific as more detailed design specifications are known. To minimize the amount of support equipment and to assure that as many standard items as possible are being specified, coordination and standardization are required in the selection process. Support equipment may be considered under the following categories as a means of clarifying the requirement and associated responsibility for supply:

- commercial-off-the-shelf (COTS) equipment: most of the common and general support equipment will be in this category;
- industrial equipment: equipment commonly used by a specific segment of industry, recognizing that it may have to be modified to suit;
- STTE: equipment that is designed and custom-built to suit a specific maintenance, servicing or inspection requirement.

Where maintenance is carried out at more than one level, the distribution of the support equipment depends on the tasks allocated to that level. In general the more complex support equipment is at the deeper echelons, but sometimes sophisticated support equipment may be used at the operational level to save time and the need for skilled maintainers.

7.3.2.4 Données d'équipement de support

Certaines industries ont des bases de données d'information qui listent les équipements d'essai disponibles pour des tâches particulières et auxquelles on peut accéder par ces industries. Si ceux-ci ne sont pas disponibles, des recherches doivent être faites pour un équipement adapté et, seulement si l'équipement de support commun ne peut être localisé, il convient de développer un STTE.

La conception du système progressant, les données d'équipement de support sont mises à jour pour inclure les entités supplémentaires et les détails concernant les entités existantes. Il convient de revoir les exigences et données des équipements de support dès que des modifications à la conception de l'entité sont apportées et de les réviser en conséquence.

7.3.2.5 Equipement de test automatique

L'équipement d'essai automatique (ATE) est généralement un équipement commandé par ordinateur extérieur fournissant des caractéristiques simulées du fonctionnement réel de l'entité. Il est conçu pour tester une série de paramètres sélectionnés, soit comme partie d'un programme de surveillance des conditions ou comme un outil de diagnostic et peut être utilisé pour tester une entité particulière ou une partie de cette entité, ou une gamme d'entités liées entre elles.

L'équipement est conçu au mieux à partir du concept initial pour fournir un diagnostic de panne automatique et/ou localisation. L'équipement de test automatique peut être très complexe et onéreux, et il convient de le justifier par rapport aux facteurs considérés dans la politique de maintenance, y compris les économies en personnel qualifié, les exigences disponibles, la complexité et la quantité des équipements à réparer.

7.3.2.6 Etalonnage

Suivant le type d'entité, l'équipement de support peut beaucoup servir à mesurer les valeurs des paramètres spécifiés tels que la pression, la fréquence et la tension. Pour être utiles, ces mesures doivent être précises. Pour assurer la précision, les dispositifs de mesures sont vérifiés et confrontés à une norme, ou étalonnés sur un programme ou après une maintenance importante sur le dispositif de mesure. L'étalonnage de l'ATE ajoute à sa complexité vu que tous les dispositifs de mesures de l'ATE doivent fonctionner dans la tolérance de leur étalonnage, sinon ils pourraient donner de fausses indications de défaillance.

Les exigences d'étalonnage sont basées sur des études des exigences de mesure pour l'inspection, l'isolation et l'alignement des entités. Il convient de spécifier et d'acquérir les possibilités d'étalonnage.

7.3.2.7 Réparation d'équipement de support

La maintenance de tout équipement de support doit également être prise en considération lors de l'analyse des tâches de maintenance exigées pour maintenir l'entité. En plus de l'étalonnage mentionné ci-dessus, l'équipement de support lui-même peut nécessiter une maintenance à la fois corrective et préventive pour conserver un état de marche lui permettant de fonctionner.

7.3.3 Equipement de test intégré (BITE)

Un équipement de test intégré est, comme son nom l'indique, intégré à l'entité. Il ne s'agit pas d'équipement de support puisqu'il fait partie intégrante de l'entité, cependant, il remplit une fonction similaire à l'équipement de support.

7.3.2.4 Support equipment data

Some industries have information databases that list test equipment that is available for particular support tasks and that may be accessed through that industry. If these are not available, searches need to be made for suitable equipment and, only if common support equipment cannot be located, should STTE be developed.

As the system design progresses, support equipment data is updated to include additional items and details with regard to the existing items. Support equipment requirements and data should be reviewed whenever changes to the item design are being made, and should be revised accordingly.

7.3.2.5 Automatic test equipment

Automatic test equipment (ATE) is usually external computer-controlled equipment providing simulated characteristics of the actual operation of the item. It is designed to test a series of selected parameters, either as part of a condition monitoring programme or as a diagnostic tool and can be used to test a particular item or part of that item, or a range of related items.

Equipment is best designed from the initial concept to provide for automatic fault diagnosis and/or localization. Automatic test equipment can be very complex and expensive, and should be justified in relation to the factors considered in the maintenance policy, including savings in skilled personnel, availability requirements, complexity and the quantity of equipment requiring repair.

7.3.2.6 Calibration

Depending on the type of item, much of the support equipment may be used to measure values of specified parameters such as pressure, frequency and voltage. For these measurements to be useful, they have to be accurate. To ensure accuracy, measuring devices are checked against a standard, or calibrated on a scheduled basis or after major maintenance on the measurement device. Calibration of the ATE adds to its complexity as all measuring devices making up the ATE have to be operating within their calibration tolerance or it may give false indications of failure.

Calibration requirements are based on studies of measurement requirements for inspection, isolation and alignment of items. The calibration facilities should be specified and acquired.

7.3.2.7 Repair of support equipment

Maintenance of any support equipment also has to be considered when analysing the maintenance tasks required to maintain the item. In addition to calibration mentioned above, support equipment itself may need both preventive and corrective maintenance to keep it in a serviceable state to carry out its function.

7.3.3 Built-in test equipment (BITE)

Built-in test equipment (BITE) is, as its name implies, built into the item. It is not support equipment as it forms an integral part of the item; however, it serves a similar function to support equipment.

Le BITE permet une détection rapide de dysfonctionnement, un diagnostic, une isolation de la panne, et la maintenance corrective à effectuer sans utiliser l'équipement extérieur. Le BITE facilite le diagnostic de panne lorsque qu'une réparation rapide du système est vitale et que la complexité rend les essais manuels impraticables. Le BITE s'applique généralement aux équipements électroniques, mais l'utilisation de microprocesseurs et ordinateurs dans l'équipement mécanique a considérablement élargi l'utilisation du BITE.

Le BITE est conçu pour surveiller l'équipement dans trois principaux modes de fonctionnement:

- **Sous tension.** A la mise sous tension, un auto-test systématique (POST) est généralement effectué par les ordinateurs et autre équipement. Les ordinateurs sont équipés d'un auto-test, qui comprend des vérifications de présence d'équipements périphériques et la continuité de chemins d'accès et d'autres équipements peuvent souvent avoir un auto-test pour des raisons d'efficacité.
- **En continu (CBIT).** Le CBIT s'applique aux vérifications de diagnostic pour déterminer les conditions de l'équipement sur une base continue pendant que l'équipement fonctionne en mode normal. Cela peut être l'outil principal de diagnostic pour surveiller un système et est conçu pour signaler toute panne détectée.
- **En interrompu (IBIT).** L'IBIT est un niveau de test plus pointu qui s'applique soit régulièrement pour des vérifications plus poussées que le CBIT ou sur une base ponctuelle « à la demande » pour donner plus d'informations sur une panne identifiée par d'autres méthodes. Il est souvent nécessaire d'interrompre le fonctionnement normal de l'équipement pour l'utiliser. L'IBIT peut être déclenché automatiquement ou manuellement par l'équipement.

Il convient que la conception du BITE soit fondée sur une analyse approfondie des modes de défaillance et de leurs effets pour établir les procédures de tests et les fonctions à surveiller.

De plus amples informations sur l'utilisation des BITE et ATE se trouvent dans la CEI 60706-5.

7.3.4 Moyens de maintenance

Les moyens de maintenance internes et externes sont souvent exigés pour qu'une entité soit maintenue, réparée ou entretenue après qu'elle a été retirée du fonctionnement. Ces dispositions incluent les ateliers de réparation, ateliers de révisions et dépôts de service et peuvent être

- fournies par le fabricant de l'entité originale à l'usage des clients,
- fournies et activées par des organisations de service de maintenance qui sont indépendantes du fabricant original ou de l'utilisateur,
- fournies spécialement par l'utilisateur pour supporter son équipement.

Il convient de baser la sélection des moyens de maintenance adéquats sur les exigences de disponibilité, le nombre à réparer et les délais de réparation exigés. Cela est généralement abordé par une étude d'arbitrage liée au coût.

7.3.5 Moyens techniques et administratifs

Les moyens de support sont nécessaires pour

- disposer les outils et équipements de support,
- entreposer des pièces détachées,
- héberger les fonctions de formation et d'administration liées.

Les moyens comprennent des servitudes telles que l'électricité, l'air comprimé, l'eau, les contrôles environnementaux (ventilation, chauffage et climatisation), l'éclairage, les ordinateurs, les moyens de communications, et les équipements de protection contre le feu et d'élévation.

BITE allows rapid detection of malfunction, diagnosis, fault isolation, and corrective maintenance to be carried out without the use of external test equipment. BITE facilitates fault diagnosis when rapid system repair is vital and complexity makes manual testing impractical. BITE normally applies to electronic equipment, but the use of microprocessors and computers in mechanical equipment has considerably widened the use of BITE.

BITE is designed to monitor the equipment in three main operating modes:

- **Power up.** On power up, a power on self-test (POST) routine is usually carried out by computers and other equipment. Computers carry out a self-check, which includes checks for presence of peripheral equipment and continuity of paths and other equipment can often carry out a self-check for serviceability.
- **Continuous BIT (CBIT).** CBIT applies diagnostic checks to determine the condition of the equipment on a continuous basis while the equipment is operating in its normal mode. This can be the main diagnostic tool for monitoring a system and is designed to flag up any perceived fault.
- **Interruptive BIT (IBIT).** IBIT is a deeper level of testing which may be applied either on a regular basis to carry out deeper checks than the CBIT or on an “as required” basis to determine more information on a fault identified by other methods. It is often necessary to interrupt the normal operation of the equipment to use it. IBIT can either be initiated automatically or manually through the equipment.

The design of BITE should be based on a thorough analysis of failure modes and their effects to establish the tests procedures and functions to be monitored.

Further details of the use of BITE and ATE are given in IEC 60706-5.

7.3.4 Maintenance facilities

Internal and external maintenance facilities are often required so that an item can be maintained, repaired or serviced after it has been removed from operation. These facilities include repair shops, overhaul shops and service depots and may be

- provided by the original item manufacturer for use by customers;
- provided and operated by maintenance service organizations that are independent of the original manufacturer or the user;
- provided specifically by a user to support its equipment.

The selection of suitable maintenance facilities should be based on the requirements for availability, numbers to be repaired and required repair turnaround times. This is usually addressed as a cost-based, trade-off study.

7.3.5 Administration and technical facilities

Supporting facilities are needed for the following:

- space for tools and support equipment;
- warehousing for spare parts;
- housing of related administrative and training functions.

Facilities include utility needs, such as electrical power, compressed air, water, environmental controls (ventilation, heating, and air conditioning), lighting, computer equipment, communications, and fire protection and lifting equipment.

Il convient de développer un plan pour les nouvelles entités qui devrait contenir suffisamment d'informations qualitatives et quantitatives pour permettre

- l'évaluation et l'attribution des exigences,
- l'analyse des dispositions existantes pour déterminer leur adéquation,
- la détermination du besoin pour de nouveaux moyens ou des modifications à ceux existants.

Il convient de considérer les facteurs suivants lors du développement de plans pour la mise en place de moyens:

- temps de délai de réparation,
- justification économique,
- utilisation des installations,
- coût total des installations (fourniture et fonctionnement).

7.3.6 Systèmes d'information de maintenance informatisés

Les systèmes d'information informatisés peuvent significativement améliorer l'efficacité de la maintenance en facilitant la disponibilité et la gestion d'informations. Cependant, ils nécessitent la disposition de matériels et logiciels pour l'utilisation par le personnel de maintenance là où la maintenance est réalisée, de même que dans des bureaux ou administrations. Cela peut exiger des moyens de communications spéciaux pour les rendre disponibles à différents endroits. Le matériel et le logiciel devront être tenus à jour, et des formations pour leur utilisation fournies au personnel de maintenance. Le coût de fourniture et de fonctionnement d'un tel système a besoin d'être pris en considération face aux bénéfices attendus.

7.4 Ressources d'information

7.4.1 Généralités

Les ressources d'information sont critiques pour la maintenance et le support de maintenance. L'information est nécessaire pour les entités importantes, pour les mesures et analyses d'aptitude de maintenance et quelquefois pour tenir les exigences réglementaires.

Cela comprend à la fois les manuels et autres documentations de maintenance, de même que les systèmes d'information informatisés.

7.4.2 Documentation

7.4.2.1 Généralités

Il convient que les manuels techniques et documentations techniques pour le matériel comme pour le logiciel contiennent des informations et des procédures dont les opérateurs et les agents de maintenance auront besoin pour effectuer leur travail correctement, efficacement et de façon rentable. Il convient également de les utiliser comme aide à la formation pour que celle-ci soit fondée sur la même documentation que celle disponible lors de l'utilisation. Il convient qu'ils soient conçus pour répondre aux besoins de l'utilisateur et organisés pour faciliter l'accès et la référence. Idéalement, il convient que les fournisseurs apportent une documentation écrite dans un langage spécifié par le client et compréhensible pour l'utilisateur. Quand cela n'est pas possible, il convient que les instructions cruciales de sécurité soient fournies dans le langage local. Il faudra examiner la rentabilité de traduire une autre documentation.

A facility plan for new items should be developed which should contain sufficient qualitative and quantitative information to allow for

- assessment and allocation of requirements;
- analysis of existing facilities to determine their adequacy;
- determination of need for new facilities or modifications to existing facilities.

The following factors should be considered when developing plans for facilities:

- repair turnaround time;
- economic justification;
- facility utilization;
- total facility costs (procurement and operation).

7.3.6 Computerized maintenance information systems

Computerized maintenance information systems can significantly improve the efficiency of maintenance by facilitating the availability and management of information. However, they require the provision of hardware and software for use by maintenance staff where maintenance is performed, as well as at office and administrative locations. This may require special communications to make it available to diverse locations. The hardware and software need to be maintained and kept updated, and training in their use has to be provided to maintenance staff. The cost of providing and operating such a system needs to be considered against the expected benefits.

7.4 Information resources

7.4.1 General

Information resources are critical to maintenance and maintenance support. Information is necessary for major items, for measurement and analysis of maintenance performance and sometimes to support regulatory requirements.

They include both manuals and other maintenance documentation as well as computerized information systems.

7.4.2 Documentation

7.4.2.1 General

Technical manuals and technical documentation for hardware as well as software should contain information and procedures that operators and maintainers will need to do their job correctly, safely, efficiently and cost-effectively. They should also be used as training aids so that the training is based on the same documentation as that available in use. They should be designed to suit the needs of the user and organized for easy access and reference. Suppliers should ideally provide documentation written in a language specified by the customer and understandable to the user. Where this is not possible, critical and safety instructions should be provided in the local language. The cost effectiveness of translating other documentation will need to be examined.

Un manuel technique pour une entité peut contenir une description générale, une théorie applicable et des procédures qui couvrent des entités telles que

- fonctionnement,
- diagnostic de panne,
- réparation,
- maintenance préventive,
- service,
- essais,
- catalogue de pièces détachées (liste de pièces détachées avec illustrations),
- diagrammes de câblage ou schématiques,
- outils et équipements de support spécial,
- disposition d'informations (par exemple tension nécessaire),
- description de programmes de logiciels applicables.

Le niveau de détail dans la documentation de maintenance doit être adapté au domaine d'activité de maintenance autorisée à l'utilisateur. Trop de détails peut prêter à confusion et mener à des tentatives inappropriées pour entreprendre une maintenance au-delà de la capacité du personnel de maintenance et de l'équipement de support.

Il convient que le personnel responsable pour la documentation soit « orienté utilisateur » et familier avec les considérations du personnel. Il convient de prendre en considération les facteurs suivants:

- profils, exigences et caractéristiques de l'utilisateur,
- caractéristiques de l'entité,
- conditions environnementales,
- conception du travail,
- conception de la formation,
- niveau de maintenance.

La documentation peut être fournie par des moyens physiques, tels que manuels de papier ou audio/vidéo, ou électroniquement sur média informatisée ou internet, comme il conviendra aux utilisateurs.

7.4.2.2 Développement de la documentation

Il convient de mettre l'accent sur le développement d'un manuel technique pour les tâches qui

- sont difficiles à réaliser,
- reviennent souvent,
- influencent la capabilité, la disponibilité et la fiabilité de l'entité,
- ont des implications sur la sécurité.

Le meilleur guide technique est celui qui est le plus évident pour l'utilisateur bien que cela varie d'un cas à l'autre. Dans la pratique, un manuel technique efficace doit être organisé de la façon suivante:

- ordre naturel (aptitude/fréquence d'apparition),
- du plus critique au moins critique,
- du plus nécessaire au moins nécessaire,

A technical manual for an item may contain a general description, applicable theory and procedures that cover items such as

- operation,
- fault diagnosis,
- repair,
- preventive maintenance,
- service,
- test,
- spare parts catalogue (spare parts list with illustrations),
- schematics or wiring diagrams,
- tools and special support equipment,
- facilities information (e.g. voltage needed),
- description of applicable software programs.

The level of detail within maintenance documentation needs to be tailored to the scope of maintenance activities allowable to the user. Too much detail is confusing and may lead to inappropriate attempts to undertake maintenance beyond the capability of maintenance staff and support equipment.

The person responsible for documentation should be user-oriented and familiar with personnel considerations. The following factors should be considered:

- user characteristics, requirements and formats,
- item characteristics;
- environmental conditions;
- job design;
- training design;
- level of maintenance.

The documentation may be provided by using physical means, such as paper manuals or audio/video, or electronically on computer media or the internet, as is appropriate for users.

7.4.2.2 Development of documentation

Emphasis on the development of a technical manual should be given to those tasks which

- are difficult to perform,
- occur frequently,
- influence item capability, availability and reliability,
- have safety implications.

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

- natural order (performance/occurrence);
- most critical to least critical;
- most needed to least needed;

- emplacement/distance/disponibilité,
- ce qui est exigé pour maintenir la capacité,
- distinction claire entre la notification (pour faciliter la tâche), l'avertissement (détérioration de l'équipement) et l'alarme (implications de sécurité).

Il convient de se servir au maximum des informations techniques existantes. Cela se fait de la façon suivante:

- en évaluant l'adéquation des informations techniques existantes aux exigences des spécifications;
- en déterminant l'approche la plus rentable, telle que
 - a) utilisation de l'information existante,
 - b) mise à niveau de l'information existante,
 - c) préparation de nouvelles informations.

Il convient d'inclure toutes les exigences d'information technique dans le contrat d'entité. Ils comprendront

- les données d'origine,
- les données du propriétaire,
- les droits de reproduction,
- les changements, modifications ou altérations.

Lorsqu'on utilise de la documentation existante qui s'applique à une gamme d'applications (par exemple manuels disponibles commercialement pour des entités communes), il est nécessaire d'inclure des guides pour l'applicabilité du manuel à l'application spécifique, la configuration de l'entité et l'environnement à maintenir.

Il convient de préparer les manuels techniques sous un format qui les rendent plus faciles à lire et à comprendre. Il convient de suivre les principes suivants:

- utilisation de mots familiers et simples,
- texte et illustrations intégrés,
- bon langage et style,
- information technique correspondant au juste milieu.

7.4.2.3 Formation sur l'utilisation de la documentation

Il convient que le concepteur du manuel technique rende le manuel auto-explicatif ou s'assure que des dispositions sont prises pour enseigner à l'utilisateur comment se servir du manuel technique. Si cette formation n'est pas donnée, le manuel technique peut ne pas être utilisé efficacement.

La formation, les données de formation et le manuel technique sont interdépendants. Il est nécessaire d'établir des exigences de formation basées sur les qualifications disponibles, les exigences de travail et le manuel technique. Il convient de faire des arbitrages entre le manuel technique, la formation et les matériels de formation, équipements et aides sur la base d'un programme rentable complet.

- location/distance/availability;
- required to maintain capability;
- clear distinction between notice (something that will make the task easier), caution (something that can damage equipment) and warning (something that has safety implications).

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

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

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

- source data;
- proprietary data;
- reproduction rights;
- changes, modifications or alterations.

Where existing documentation is used that applies to a range of applications (e.g. commercially available manuals for common items), guidance needs to be included relating to the applicability of the manual to the specific application, item configuration and environment being maintained.

Technical manuals should be prepared in formats that 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.

7.4.2.3 Training on the use of documentation

The technical manual designer should either make the manual self-explanatory or ensure that provisions exist for teaching the user how to use the technical manual. If this training is not given, the technical manual may not be used effectively.

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, equipment and aids should be made on the basis of overall programme cost-effectiveness.

7.4.2.4 Evaluation

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

- Les utilisateurs représentatifs peuvent-ils effectuer le travail suivant la norme exigée ?
- L'aptitude à fonctionner de l'ensemble du système peut-elle être améliorée (hypothèse: améliorer la qualité de la maintenance améliore le rendement du système) ?

De plus, les améliorations suggérées par les utilisateurs sont essentielles pour un manuel technique efficace.

7.4.2.5 Amendement de documentation

Les procédures ont besoin d'être développées et mises en application pour permettre des modifications à l'information sur l'entité, aux tâches de maintenance, aux procédures, aux pièces détachées et à d'autres informations contenues dans le système d'information de maintenance et de documentation de maintenance associée afin de les maintenir à jour.

7.4.3 Information de maintenance

7.4.3.1 Systèmes d'information de maintenance

Un système d'information de maintenance contient des informations comprenant

- une description de l'entité et des données de localisation,
- une description des tâches de maintenance préventive et corrective,
- un historique de maintenance préventive et corrective,
- un rapport des défaillances et défauts, comprenant les conditions de fonctionnement lors de la découverte de la défaillance,
- des modifications appliquées aux entités,
- une information sur les pièces détachées et matériels,
- un travail planifié et programmé pour réaliser,
- des données de surveillance de condition,
- des données d'aptitude de maintenance et économiques,
- une information et un avis sur la maintenance due à la nouvelle expérience et connaissance,
- des données et statuts de la configuration du produit,
- des bulletins de service émis par les fabricants.

Un système de demande de travail est utilisé pour lancer, contrôler et documenter des tâches de maintenance spécifiques. Une demande de travail est soit déclenchée automatiquement par le système d'information de maintenance basé sur des déclencheurs prédéterminés tel qu'un calendrier, le temps écoulé depuis la dernière tâche, les heures de fonctionnement de l'entité ou la distance, soit lancée manuellement. La demande de travail est utilisée pour identifier et planifier les ressources exigées et pour programmer l'exécution du travail. Finalement, elle est utilisée pour enregistrer des résultats, observations et ressources réellement utilisés, qui fournissent une base d'estimation et d'amélioration.

Pour un système d'information informatisé, un objectif important est de faciliter l'estimation de l'efficacité de la maintenance telle que décrite dans l'Article 8.

7.4.2.4 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.

7.4.2.5 Amendment of documentation

Procedures need to be developed and implemented to enable changes to item information, maintenance tasks, procedures, spare parts and other information contained in the maintenance information system and associated maintenance documentation in order to keep them up-to-date.

7.4.3 Maintenance information

7.4.3.1 Maintenance information systems

A maintenance information system contains information, including the following:

- item description and location data;
- preventive and corrective maintenance task description;
- history of preventive and corrective maintenance;
- reporting of failures and defects, including the operating condition when the failure is discovered;
- modifications applied to items;
- materials and spare parts information;
- work planned and scheduled for execution;
- condition monitoring data;
- economic and maintenance performance data;
- information and advice on maintenance due to new knowledge or experience;
- product configuration status and data;
- service bulletins issued by manufacturers.

A work order system is used to initiate, control and document specific maintenance tasks. A work request is either triggered automatically by the maintenance information system based on predetermined triggers such as calendar time, elapsed time since last task, item operating hours or distance, or it may be initiated manually. The work order is used to identify and plan required resources and to schedule execution of the work. Finally, it is used to record results, observations and resources actually used, which provide the basis for assessment and improvement.

A major purpose for a computerized information system is to facilitate the assessment of maintenance effectiveness as described in Clause 8.

7.4.3.2 Rapport de défaut

Un aspect important de la maintenance est la surveillance des défauts et le contrôle de modifications pour les maîtriser. Des défauts ou des pannes sérieuses qui ont un impact sur la sécurité ou la disponibilité doivent être surveillés de près. Il convient d'adopter une procédure qui identifiera de tels défauts et de lancer des actions de recherche pour identifier la cause et toute action qui peut être nécessaire pour rectifier le défaut. Dans certains cas, la découverte d'un défaut sérieux nécessitera une action urgente pour s'assurer que les aspects de sécurité sont traités et que tous les utilisateurs de l'équipement sont informés du problème.

7.4.3.3 Communication de maintenance

De nombreuses organisations produisent des bulletins de service qui avertissent tous les utilisateurs de défaillances sérieuses et des vérifications à faire pour s'assurer qu'une entité est sécurisée et maintient son niveau de fonctionnalité. Cela peut comprendre des vérifications de maintenance hors planification ou inspections à entreprendre jusqu'à ce qu'une action puisse être prise pour corriger le défaut. Dans ce but, des actions de maintenance plus poussée et des instructions de modification peuvent être émises pour corriger le défaut et rendre à nouveau l'entité totalement fonctionnelle. Des exemples de tels bulletins peuvent se voir dans le rappel de véhicules pour incorporer d'importantes modifications de sécurité, ou maintien au sol d'un avion après un accident ou incident en attente d'inspection.

On doit considérer un moyen de communiquer des informations de maintenance aux utilisateurs et agents de maintenance, s'il n'existe pas déjà, et la liste suivante est un guide pour le type d'information à inclure:

- défauts découverts par les utilisateurs ou agents de maintenance qui semblent pertinents aux utilisateurs,
- modifications introduites et leur applicabilité,
- modifications dans les listes de pièces détachées pour introduire des entités modifiées,
- modifications introduites dans les procédures de maintenance,
- modifications dans les procédures de fonctionnement pour améliorer la sécurité ou éviter des dommages.

7.5 Matériels et pièces détachées

7.5.1 Généralités

Pour la plupart des tâches de maintenance, du matériel et pièces détachées sont exigés.

Le matériel est consommé pendant la maintenance et les pièces détachées sont distinguées en

- réparables,
- non réparables.

Idéalement, les réparables peuvent être réparés dans tous les cas. Dans certains cas, si la réparation n'est pas économiquement ou techniquement possible, ou si la fiabilité de l'entité a été diminuée par le nombre d'actions de réparations entreprises, on condamne et on remplace par une nouvelle entité.

Les non-réparables ne sont réparables ni techniquement ni d'un point de vue économique. On les condamne et on les remplace toujours par une nouvelle entité. Par définition, les non-réparables ne peuvent consister en sous-assemblages, sinon ils seraient réparables.

7.4.3.2 Defect reporting

An important aspect of maintenance is the monitoring of defects and the control of modifications to overcome them. Serious faults or defects that have an impact on safety or availability need to be closely monitored. A procedure should be adopted that will identify such faults and initiate investigative actions to identify the cause and any subsequent action that may be required to rectify the fault. In some cases, the discovery of a serious defect will require urgent action to ensure that safety issues are addressed and all other users of the equipment are aware of the problem.

7.4.3.3 Maintenance communication

Many organizations produce service bulletins that advise all users about the possibility of serious failure and of the checks to be made to ensure that an item is in a safe condition and retains its required level of functionality. This may include extra planned maintenance checks or inspections to be undertaken until design action can be taken to correct the defect. To this end, further maintenance actions and modification instructions may be issued to correct the defect and return the item to full functionality. Examples of such bulletins can be seen in the recall of vehicles to have important safety modifications incorporated, or the grounding of aircraft after an accident or incident pending an inspection.

A means of communicating maintenance information to users and maintainers needs to be considered, if it does not already exist, and the following list is a guide to the type of information it may include:

- defects discovered by users or maintainers which would be pertinent to users;
- modifications introduced and their applicability;
- changes to spare parts lists to introduce modified items;
- changes in maintenance procedures that have been introduced;
- changes in operating procedures to improve safety or prevent damage.

7.5 Materials and spare parts

7.5.1 General

For most maintenance tasks, materials and spare parts are required.

Materials are consumed during maintenance and spare parts are distinguished as

- repairables,
- non-repairables.

Ideally, repairables can be repaired in each case. In some instances, such as when the repair is not economic or not technically possible, or where the reliability of the item has been degraded by the number of repair actions undertaken, they are condemned and replaced by a new item.

Non-repairables are not repairable either technically or from an economic point of view. They are always condemned and replaced by a new item. By definition, non-repairables cannot consist of other sub-assemblies or components, otherwise they would be repairable.

Les types de pièces détachées sont définis pendant le développement du concept de maintenance quand on détermine les entités qui seront retirées et remplacées à chaque échelon de maintenance. Toutes les pièces détachées, entités consommables, fournitures spéciales et les inventaires liés nécessaires pour supporter les tâches de maintenance préventives et correctives sont des éléments du support de maintenance. Il convient de déterminer le type et la quantité de pièces détachées à fournir et stocker pour chaque échelon de maintenance.

7.5.2 Quantification des pièces détachées

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour gérer l'approvisionnement des pièces détachées, suivant leur utilisation pour la maintenance préventive et corrective. Il convient de réaliser au départ la quantification et l'optimisation des pièces détachées sur la base du MTBF, du MTTF ou des taux de défaillance appliquant des méthodes statistiques et mathématiques. La précision de la quantification a un impact significatif à la fois sur le coût et la disponibilité du produit. Le MTBF, le MTTF ou les taux de défaillance sont estimés au départ mais, avec l'expérience de l'utilisation, une meilleure corrélation est établie à partir des données d'utilisation réelles. Hormis le taux de défaillance, la quantité requise de non-réparables est déterminée par rapport à la période d'approvisionnement, qu'il convient d'optimiser. Pour la quantification des réparables, le délai de réparation doit être pris en considération. Pour la maintenance préventive, la quantité de pièces détachées peut être fondée sur des méthodes déterministes.

Le processus d'approvisionnement des pièces détachées est illustré à la Figure 6. Comme montré dans la figure, la première entrée est basée sur le concept de maintenance, les exigences opérationnelles et les aspects financiers qui sont utilisés pour le calcul des pièces détachées et l'optimisation du stock. Il est souvent possible d'obtenir un coût avantageux en commandant les pièces détachées en même temps que l'équipement principal. Il convient d'examiner avec attention ces avantages de coût quand le stock de pièces détachées proposées est évalué. La quantification et passation de commande de pièces détachées requises peuvent être divisées en trois phases distinctes:

- phase initiale ou pré-opérationnelle,
- phase opérationnelle stabilisée,
- phase d'utilisation élargie (avec éventuellement de nombreuses modifications).

Un équilibre doit être établi entre la quantité de pièces détachées détenue, le taux utilisé, le coût d'approvisionnement et de stockage et le coût potentiel de l'obsolescence et maintenance/mise à jour des pièces détachées en stock.

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour quantifier les pièces détachées et optimiser le stock. La quantification et l'optimisation sont basées sur des mesures telles que

- la fréquence de remplacement,
- la fréquence de réparation,
- les temps de recyclage,
- les délais d'approvisionnement,
- les délais de réparation,
- le coût d'acquisition des pièces détachées,
- les contraintes et coût de stockage.

The types of spare parts are defined during the development of the maintenance concept when it is determined which items will be removed and replaced at each maintenance echelon. All spare parts, consumable items, special supplies and related inventories needed to support corrective and preventive maintenance tasks are elements of maintenance support. The type and quantity of spare parts to be supplied and stocked should be determined for each maintenance echelon.

7.5.2 Spare parts quantification

Different methods can be used to manage spare parts provisioning, depending on their use for preventive or corrective maintenance. The spare parts quantification and optimization should initially be performed on the basis of MTBF, MTTF or failure rates by applying mathematical and statistical methods. The accuracy of the quantification has a significant impact on both the cost and the availability of the product. MTBF, MTTF or failure rates are initially estimated but, with the experience of use, a better correlation is established from actual usage data. Besides the failure rate, the required quantity of non-repairables is determined based on the provisioning period, which should be optimized. For the quantification of repairables, the repair turn-around time needs to be considered. For preventive maintenance, the quantity of spare parts can be based on deterministic methods.

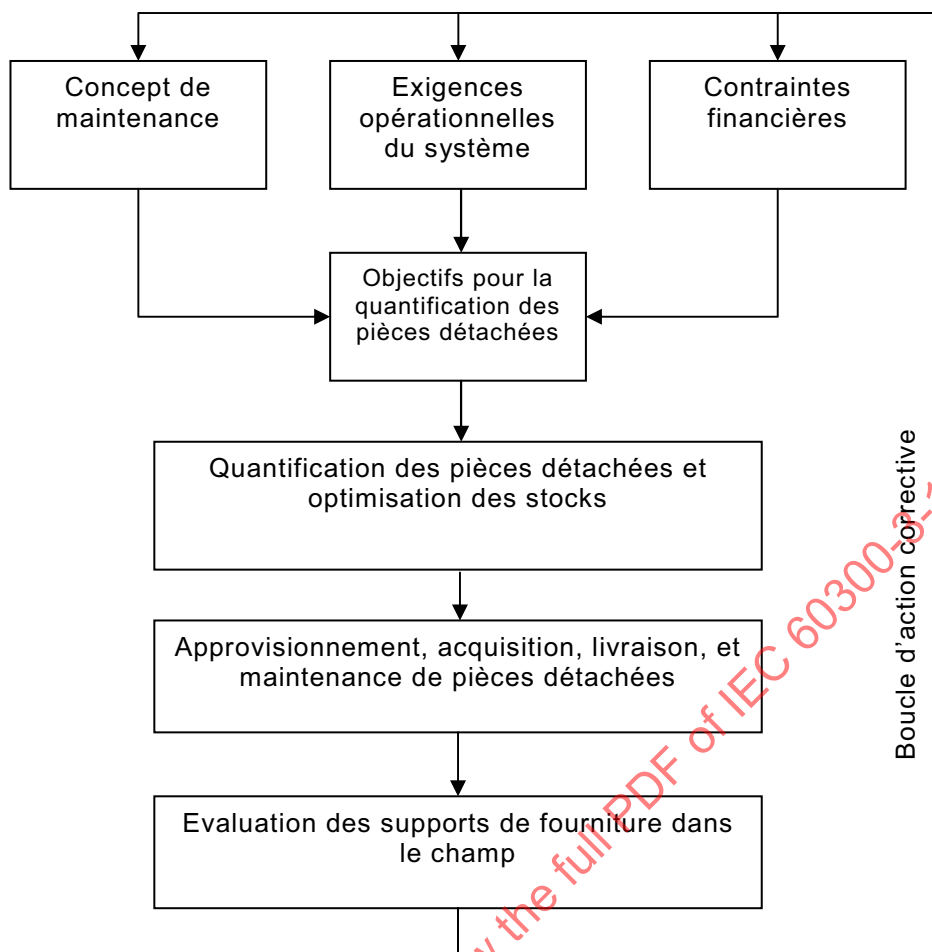
The spare parts provisioning process is illustrated in Figure 6. As shown in the figure, first inputs are based on the maintenance concept, the operational requirements and financial aspects that are used for calculation of spare parts and inventory optimization. It is often possible to obtain cost advantages by ordering spare repair parts at the same time as prime equipment. These cost advantages should be carefully examined when the proposed spare parts inventory is being evaluated. The quantification and ordering of spare parts required can be divided into the following three distinct phases:

- initial or pre-operational phase;
- stabilized operational phase;
- extended use phase (possibly with extensive modification).

A balance needs to be established between the quantity of spare parts held, the rate of use, the cost of provision and storage and the potential costs of obsolescence and maintenance/ updating of spare parts in stock.

Different methods may be used to quantify spare parts and optimize inventory. Quantification and optimization are based on measures such as

- replacement frequency,
- repair frequency,
- recycle times,
- lead times,
- repair turnaround times,
- spare parts acquisition cost,
- storage cost and constraints.



IEC 265/04

Figure 6 – Processus d'approvisionnement des pièces détachées

Les quantités de pièces détachées sont basées sur

- les pièces détachées requises pour la maintenance corrective (réparables et non-réparables),
- les pièces détachées requises pour la maintenance préventive (entités qui sont remplacées périodiquement),
- les pièces détachées requises pour réapprovisionner les stocks de non-réparables,
- les pièces détachées nécessaires au support de l'exploitation pendant la réparation des entités réparables (délais),
- les pièces détachées requises pour remplacer les entités réparables qui sont condamnées (les entités condamnées sont retirées du stock).

Les pièces détachées peuvent provenir directement d'un vendeur ou fabricant ou être stockées «prêtes-à-fonctionner» pour garantir leur disponibilité. Il est important de s'assurer qu'elles sont adaptées à l'usage prévu et qu'elles répondent aux critères de qualité spécifiés.

7.5.3 Identification des pièces détachées

Il convient que toutes les pièces détachées commandées aient idéalement une identification unique et indiquent clairement l'équipement, assemblage ou sous-assemblage auquel elles appartiennent. Il convient de les emballer de façon à permettre le transport et le stockage sans détérioration causées par des manipulations ou expositions environnementales.

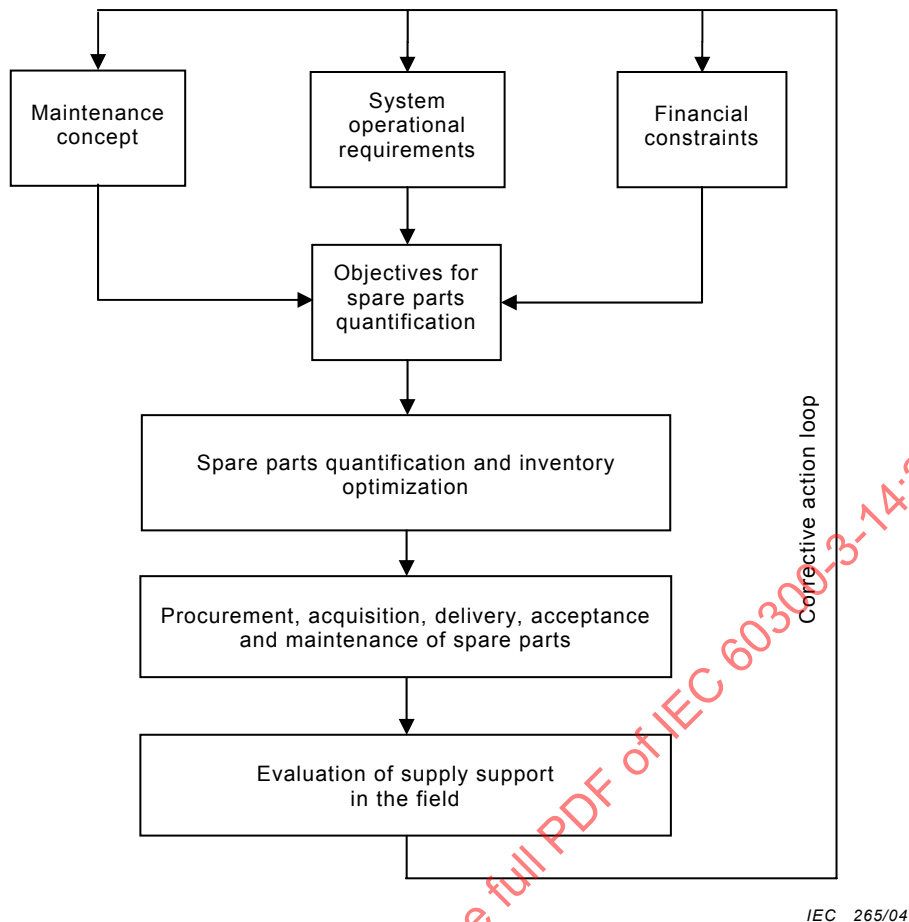


Figure 6 – Spare parts provisioning process

Spare parts quantities are based on the following:

- spare parts required for corrective maintenance (repairables and non-repairables);
- spare parts required for preventive maintenance (items which are replaced periodically);
- spare parts required to replenish the stocks of non-repairables;
- spare parts necessary to support operation while repairable items are being repaired (turnaround times);
- spare parts required to replace repairable items which are condemned (condemned items are removed from the inventory).

Spare parts may be sourced directly from a vendor or manufacturer or may be stored in readiness for use to guarantee their availability. It is important to ensure that they are appropriate for their intended use and that they meet specified quality criteria.

7.5.3 Spare parts identification

All spare parts ordered should ideally have a unique identification and clearly indicate the equipment, assembly or sub-assembly to which they belong. They should be adequately packaged to allow for transportation and storage without damage caused by either handling or environmental exposure.

Pendant le processus d'approvisionnement, il convient de développer et d'assigner un code à chaque pièce. Le code est le lien entre l'analyse du support de maintenance et l'utilisateur, pour lequel elle définit le plan de maintenance approuvé.

Le catalogue des parties illustrées et/ou la liste des pièces détachées fournit le lien entre l'emplacement physique de l'entité dans le produit et l'identification unique appliquée pour la maintenance et le support de maintenance.

8 Mesures, analyses et amélioration

8.1 Généralités

Il convient que l'organisation établisse des procédés pour faciliter les mesures, les analyses et l'amélioration de la maintenance et du support de maintenance. Ces procédés seront en principe des composants de procédés globaux de sûreté de fonctionnement.

Pendant la phase de développement et de conception, la maintenance et le support de maintenance sont considérés conjointement à la fiabilité et maintenabilité. Il est important d'intégrer les améliorations de conception adéquates dès que possible.

Les améliorations doivent également être effectuées pendant la phase de maintenance et de fonctionnement avec l'expérience acquise, le changement de situations, le vieillissement de l'équipement et la disponibilité de nouvelles techniques.

8.2 Surveillance et mesures

8.2.1 Généralités

Les mesures de la qualité de la maintenance peuvent être liées aux résultats des clients ou associées à l'efficacité de maintenance directe. Les deux types de mesures sont importants pour évaluer l'efficacité de la maintenance et des activités de support de maintenance. Les mesures peuvent être effectuées en termes absolus ou relatifs pour permettre la comparaison.

Les mesures d'aptitude de la maintenance peuvent être associées à la collecte de données de sûreté de fonctionnement, tel que décrit dans la CEI 60300-3-2.

8.2.2 Mesures liées aux clients

L'efficacité de la maintenance et du support de maintenance du point de vue du client, est mesurée par la disponibilité, qui comprend aussi la fiabilité et les aspects de maintenabilité. Les facteurs de qualité liés aux clients peuvent s'exprimer dans les termes suivants:

- capacité de production,
- disponibilité de l'équipement ou production,
- indisponibilité ou interruption,
- aptitude de sécurité et environnementale,
- conformité réglementaire,
- coût de fonctionnement,
- coût de maintenance,
- profit de la société,
- qualité du produit.