

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60300-3-11

Première édition
First edition
1999-03

Gestion de la sûreté de fonctionnement –

**Partie 3-11:
Guide d'application –
Maintenance basée sur la fiabilité**

Dependability management –

**Part 3-11:
Application guide –
Reliability centred maintenance**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60300-3-11:1999

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (IEV).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60300-3-11

Première édition
First edition
1999-03

Gestion de la sûreté de fonctionnement –

**Partie 3-11:
Guide d'application –
Maintenance basée sur la fiabilité**

Dependability management –

**Part 3-11:
Application guide –
Reliability centred maintenance**

© IEC 1999 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photo-copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives.....	12
3 Définitions et abréviations	14
3.1 Définitions.....	14
3.2 Abréviations.....	22
4 Approche du programme de maintenance.....	24
4.1 Généralités	24
4.2 Objectifs du programme de maintenance.....	26
4.3 Méthode d'élaboration de programmes de maintenance préventive basée sur la MBF	26
4.4 Contenu du programme de maintenance	26
5 Programme de maintenance préventive basé sur la MBF – Equipements	28
5.1 Généralités	28
5.1.1 Recueil des informations	30
5.1.2 Analyse du système	34
5.1.3 Identification des éléments prépondérants de maintenance (EPM)	36
5.2 Analyse des défaillances des éléments prépondérants de maintenance	38
5.3 Détermination des tâches de maintenance (analyse par arbre logique de décision)	38
5.3.1 Généralités	38
5.3.2 Niveaux d'analyse	40
5.3.3 Analyse de premier niveau (détermination des effets)	40
5.3.4 Second niveau d'analyse (catégories d'effets).....	40
5.3.5 Détermination des tâches	50
5.3.6 Fréquences/périodicités des tâches	54
5.4 Programme de maintenance.....	56
5.4.1 Programme de maintenance initial.....	56
5.4.2 Programme de maintenance en exploitation.....	56
5.4.3 Documentation	56
5.4.4 Programmes d'exploration du vieillissement.....	56
5.5 Programme d'inspection de zones	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Definitions and abbreviations	15
3.1 Definitions	15
3.2 Abbreviations	23
4 Maintenance programme approach	25
4.1 General	25
4.2 Maintenance programme objectives	27
4.3 Method for development of preventive maintenance programmes based on RCM... ..	27
4.4 Maintenance programme content	27
5 RCM based preventive maintenance programme – Equipment	29
5.1 General	29
5.1.1 Information collection	31
5.1.2 System analysis	35
5.1.3 Identification of functionally significant items (FSIs)	37
5.2 Functionally significant item failure analysis	39
5.3 Maintenance task selection (decision logic tree analysis)	39
5.3.1 General	39
5.3.2 Levels of analysis	41
5.3.3 First level analysis (determination of effects)	41
5.3.4 Second level analysis (effects categories)	41
5.3.5 Task determination	51
5.3.6 Task frequencies/intervals	55
5.4 Maintenance programme	57
5.4.1 Initial maintenance programme	57
5.4.2 In-service maintenance programme	57
5.4.3 Documentation	57
5.4.4 Age exploration programmes	57
5.5 Zonal inspection programme	59

Annexe A (normative) Développement du programme de maintenance – Structures.....	60
A.1 Généralités	60
A.2 Structures	60
A.3 Eléments de structure à vie sûre	62
A.4 Eléments structuraux tolérants aux dommages	62
A.5 Sources de dommages.....	64
A.6 Développement du programme de maintenance des structures.....	64
A.6.1 Généralités	64
A.6.2 Développement du programme de maintenance des structures	66
A.7 Systèmes de classification des éléments prépondérants de structure.....	72
A.7.1 Généralités	72
A.7.2 Classification des dommages accidentels.....	72
A.7.3 Classification de la détérioration due à l'environnement.....	74
A.7.4 Classification des dommages dus à la fatigue	74
A.8 Exigences du programme d'inspection.....	74
A.8.1 Généralités	74
A.8.2 Opérations d'inspection.....	76
A.8.3 Inspections initiales.....	78
A.8.4 Intervalles d'inspection répétitifs.....	78
A.8.5 Programmes d'échantillonnage concernant la fatigue	78
A.8.6 Programmes d'exploration du vieillissement	80
A.8.7 Inspection de zones.....	80
A.9 Rapports des résultats d'inspection	80
A.10 Programme d'inspection de zones	80
A.10.1 Généralités	80
A.10.2 Procédure d'inspection de zones	82
A.10.3 Intervalles des tâches d'inspection de zones	82
Annexe B (informative) Exemples typiques de fiches de travaux MBF	84
Tableau 1 – Critères de sélection des tâches	52
Figures	
1 Evolution d'un programme de maintenance dynamique	24
2 Tâches d'élaboration d'un programme de maintenance préventive MBF	32
3 Arbre de décision logique MBF – Niveau 1 – Effet des défaillances fonctionnelles	44
4a Arbre de décision logique MBF – Niveau 2 – Catégories d'effets et détermination des tâches.....	46
4b Arbre de décision logique MBF – Niveau 2 – Catégories d'effets et détermination des tâches.....	48
A.1 Arbre de décision logique MBF – Structures.....	70

Annex A (normative) Maintenance programme development – Structures.....	61
A.1 General	61
A.2 Structures	61
A.3 Safe life structural members	63
A.4 Damage-tolerant structural members	63
A.5 Damage sources	65
A.6 Structural maintenance programme development.....	65
A.6.1 General.....	65
A.6.2 Structural inspection programme procedure.....	67
A.7 Rating systems for structurally significant items	73
A.7.1 General.....	73
A.7.2 Rating accidental damage	73
A.7.3 Rating environmental deterioration	75
A.7.4 Rating fatigue damage	75
A.8 Inspection programme requirements.....	75
A.8.1 General.....	75
A.8.2 Inspection tasks	77
A.8.3 Initial inspections	79
A.8.4 Repeat inspection intervals	79
A.8.5 Fatigue related sampling programmes.....	79
A.8.6 Age exploration programmes.....	81
A.8.7 Zonal inspections	81
A.9 Reporting of inspection results.....	81
A.10 Zonal inspection programme.....	81
A.10.1 General.....	81
A.10.2 Zonal inspection procedure	83
A.10.3 Zonal task intervals.....	83
Annex B (informative) Examples of RCM Worksheets	85
Table 1 – Task selection criteria	53
Figures	
1 Evolution of a dynamic maintenance programme.....	25
2 Tasks in the development of an RCM based preventive maintenance programme	33
3 RCM decision logic tree – Level 1 – Effects of functional failures	45
4a RCM decision logic tree – Level 2 – Effects categories and task determination.....	47
4b RCM decision logic tree – Level 2 – Effects categories and task determination.....	49
A.1 RCM decision logic tree – Structures	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon 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 documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 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) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 60300-3-11 a été établie par le comité d'études 56 de la CEI: Sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
56/651/FDIS	56/656/RVD

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

La Norme internationale CEI 60300 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Gestion de la sûreté de fonctionnement*:

Partie 1: Gestion du programme de sûreté de fonctionnement

Partie 2: Eléments et tâches du programme de sûreté de fonctionnement

Partie 3: Guide d'application

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

L'annexe B est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

**Part 3-11: Application guide –
Reliability centred maintenance**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60300-3-11 has been prepared by IEC technical committee 56: Dependability.

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

FDIS	Report on voting
56/651/FDIS	56/656/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.

IEC 60300 consists of the following parts, under the general title *Dependability management*:

- Part 1: Dependability programme management
- Part 2: Dependability programme elements and tasks
- Part 3: Application guide

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

INTRODUCTION

La maintenance basée sur la fiabilité (MBF) fut initialement développée à la fin des années soixante pour l'industrie aéronautique civile et a eu pour résultat final la publication du document MSG-3, à la base des pratiques modernes de la MBF. La MBF est désormais une méthodologie démontrée et acceptée, utilisée dans de larges domaines de l'industrie.

La méthodologie décrite dans la présente norme est largement basée sur les procédures essayées et vérifiées du document MSG-3, mais est également applicable à une grande variété d'équipements autres que les avions.

Il convient de remarquer que cette méthodologie est une des procédures particulières pour mettre en œuvre un programme de MBF mais n'est pas la seule méthode utilisée. Cette norme tente d'expliquer l'essentiel des principes et de présenter leur utilisation en appliquant la méthodologie MSG-3. D'autres méthodologies sont utilisées dans d'autres industries, et des normes particulières à ces industries en présentent l'application détaillée.

La maintenance basée sur la fiabilité (MBF) est une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive qui permettra d'atteindre réellement et efficacement les niveaux requis de sécurité et de disponibilité des équipements et des structures afin d'aboutir à une amélioration globale de la sécurité, de la disponibilité, et des aspects économiques de l'exploitation.

La maintenance basée sur la fiabilité prévoit l'utilisation d'un arbre de décision logique destiné à identifier les exigences applicables et efficaces, en matière de maintenance préventive, des équipements et des structures, en fonction des conséquences opérationnelles et économiques et des conséquences sur la sécurité liées à chaque défaillance identifiable et à chaque mécanisme de dégradation responsable de ces défaillances. Le résultat final obtenu grâce à l'emploi de la logique de décision constitue un jugement sur la nécessité d'effectuer une opération de maintenance.

Les étapes fondamentales, lorsque l'on entreprend une analyse MBF, sont les suivantes:

- la définition des limites du système et/ou du sous-système;
- la définition des fonctions de chaque système et/ou sous-système;
- l'identification des éléments prépondérants de maintenance (EPM);
- l'identification des causes pertinentes de défaillance fonctionnelle des EPM;
- la prédiction des effets et de la probabilité d'apparition de ces défaillances;
- l'utilisation d'un arbre de décision logique pour classer par catégorie les effets des défaillances des EPM;
- l'identification des opérations de maintenance applicables et efficaces qui comprennent le programme de maintenance initial;
- la modification de la conception de l'équipement ou du procédé dans le cas où aucune opération de maintenance applicable ne peut être identifiée;
- l'établissement d'un programme de maintenance dynamique, qui résulte d'une mise à jour régulière et systématique du programme de maintenance initial et de ses révisions, sur la base de la surveillance, du recueil et de l'analyse des données d'exploitation.

Toutes les tâches sont fondées sur des considérations relatives à la sécurité tant du personnel que de l'environnement et d'ordre opérationnel et/ou économique. Toutefois, il convient de noter que les critères pris en considération dépendent de la nature du produit et de ses applications. Par exemple, un procédé de production devra être économiquement viable et peut être sensible à des considérations strictes relatives à l'environnement, alors qu'il convient qu'un matériel de défense réussisse en exploitation opérationnelle mais aura à supporter des

INTRODUCTION

Reliability Centred Maintenance (RCM) was initially developed for the commercial aviation industry in the late 1960s, ultimately resulting in the publication of the document, MSG-3, upon which the modern usage of RCM is based. It is now a proven and accepted methodology used in a wide range of industries.

The methodology described in this standard is based largely on the tried and tested procedures in MSG-3, but is equally applicable to a variety of equipment other than aircraft.

It should be noted that this is one of the original procedures for implementing RCM, but is not the only method in use. The document sets out to explain the principles and to demonstrate their use by the application of the MSG-3 methodology. Other methodologies are used in other industries, and standards particular to those industries will show the detailed application.

Reliability centred maintenance (RCM) is a method for establishing a preventive maintenance programme which will efficiently and effectively allow the achievement of the required safety and availability levels of equipment and structures, which is intended to result in improved overall safety, availability and economy of operation.

RCM provides for the use of a decision logic tree to identify applicable and effective preventive maintenance requirements for equipment and structures according to the safety, operational and economic consequences of identifiable failures, and the degradation mechanism, responsible for those failures. The end result of working through the decision logic is a judgement as to the necessity of performing a maintenance task.

The basic steps in undertaking an RCM analysis are as follows:

- defining the system and/or subsystem boundaries;
- defining the functions of each system or subsystem;
- identifying functionally significant items (FSI);
- identifying the pertinent FSI functional failure causes;
- predicting the effects and probability of these failures;
- using a decision logic tree to categorize the effects of the FSI failures;
- identifying applicable and effective maintenance tasks which comprise the initial maintenance programme;
- redesign of the equipment or process, if no applicable tasks can be identified;
- establishing a dynamic maintenance programme, which results from a routine and systematic update of the initial maintenance programme and its revisions, assisted by the monitoring, collection and analysis of in-service data.

All tasks are based on safety in respect of personnel and environment, and on operational or economic concerns. However, it should be noted that the criteria considered will depend on the nature of the product and its application. For example, a production process will be required to be economically viable, and may be sensitive to strict environmental considerations, whereas an item of defence equipment should be operationally successful, but will have less stringent safety, economic and environmental criteria. The importance of particular steps will therefore

exigences de sécurité, économiques et environnementales moins sévères. L'importance des étapes successives dépend en conséquence de l'application, comme cela est le cas par exemple pour l'identification des entités considérées comme éléments prépondérants de maintenance.

La réussite de l'application de la MBF nécessite la connaissance des équipements et des structures, de leurs systèmes et sous-systèmes, des entités constituant ces équipements et ces structures, ainsi que la compréhension de leurs défaillances et des conséquences de ces défaillances.

L'application de la MBF requiert des analyses détaillées du produit et de ses fonctions. Ces analyses peuvent être laborieuses et en conséquence proportionnellement onéreuses. Pour cette raison, la MBF est une technique qui est appliquée habituellement seulement lorsque la maintenance est critique pour la sécurité et l'exploitation efficace du produit, lorsque les défaillances pourraient avoir des conséquences sévères pour la sécurité, les aspects liés à l'environnement ou l'exploitation. L'utilisation de la MBF dépend, en conséquence, du type de produit et de ses applications mais peut être aussi utilisée par les organisations de toutes tailles impliquées dans une fabrication industrielle, en fonction des exigences du projet.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-11

depend on the application, as will for example the identification of items deemed to be functionally significant.

Successful application of RCM requires a good understanding of the equipment and structure, and the associated systems, subsystems and items of equipment, together with the possible failures, and the consequences of those failures.

The application of RCM requires detailed analyses of the product and its functions, which can be labour intensive and therefore comparatively expensive. For this reason, RCM is a technique which is usually only applied where maintenance is critical to the safety and effective operation of the product and where failures would have serious safety, environmental or operational effects. The use of RCM is therefore dependent on the type of product and its application, but can be used by any size of manufacturing organization according to the requirements of the project.

Withdrawing
IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-11:1999

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-11: Guide d'application – Maintenance basée sur la fiabilité

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60300 fournit des lignes directrices permettant l'élaboration d'un programme initial de maintenance préventive des équipements et des structures, à l'aide d'une analyse de maintenance basée sur la fiabilité (MBF). Dans la présente norme, toute référence à un programme de maintenance sous-entend qu'il s'agit d'un programme de maintenance préventive.

Ce guide d'application est une extension de la CEI 60706-4. Les activités de maintenance recommandées dans la CEI 60706-4 et qui se rapportent à la maintenance préventive peuvent être mises en oeuvre en utilisant la méthodologie de la maintenance basée sur la fiabilité.

L'analyse MBF peut être appliquée à des entités telles qu'un véhicule terrestre, un bateau, une centrale d'énergie, un avion, etc., qui sont constituées d'équipements et de structures, tels qu'une construction, une structure d'avion ou la coque d'un bateau. Typiquement, un équipement comprend un certain nombre de systèmes électriques, mécaniques, d'instrumentation ou de commande et des sous-systèmes qui peuvent encore être décomposés en sous-ensembles de plus en plus petits, selon le besoin.

Les techniques d'analyse MBF applicables spécifiquement aux structures sont présentées dans l'annexe A.

La présente norme concerne seulement l'application des techniques d'analyse MBF et ne comprend pas les aspects relatifs au soutien logistique de maintenance qui sont traités dans d'autres normes de la série CEI 60706.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60050(191):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 191: Sûreté de fonctionnement et qualité de service*

CEI 60300-3-9:1995, *Gestion de la sûreté de fonctionnement – Partie 3: Guide d'application – Section 9: Analyse du risque des systèmes technologiques*

CEI 60706-4:1992, *Guide de maintenabilité de matériel – Partie 4: Section 8: Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance*

CEI 60812:1985, *Techniques d'analyse de la fiabilité des systèmes – Procédure d'analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)*

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

Part 3-11: Application guide – Reliability centred maintenance

1 Scope

This part of IEC 60300 provides guidelines for the development of an initial preventive maintenance programme for equipment and structures using reliability centred maintenance (RCM) analysis techniques. References to a maintenance programme in this standard implies that it is a preventive maintenance programme.

This application guide is an extension of IEC 60706-4. Those maintenance activities recommended in IEC 60706-4 which relate to preventive maintenance may be implemented using reliability centred maintenance methodology.

RCM analysis can be applied to items such as a ground vehicle, ship, power station, aircraft, etc, which are made up of equipment and structure, e.g. a building, airframe or ship's hull. Typically an equipment comprises a number of electrical, mechanical, instrumentation or control systems and subsystems which can be further broken down into progressively smaller groupings, as required.

RCM techniques specifically applicable to structures are given in annex A.

This standard is restricted to the application of RCM techniques and does not include aspects of maintenance support, which are covered by other standards in the IEC 60706 series.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60300. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 60300 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60050(191):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 191: Dependability and quality of service*

IEC 60300-3-9:1995, *Dependability management – Part 3: Application guide – Section 9: Risk analysis of technological systems*

IEC 60706-4:1992, *Guide on maintainability of equipment – Part 4 – Section 8: Maintenance and maintenance support planning*

IEC 60812:1985, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

3 Définitions et abréviations

3.1 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60300, les termes et définitions de la CEI 60050(191) s'appliquent, ainsi que les termes qui suivent. Certains termes de la CEI 60050(191) sont repris dans cette liste, pour le confort du lecteur.

3.1.1

dommage accidentel (DA)

détérioration matérielle d'un élément causée par contact ou impact avec un objet, ou par effet extérieur qui ne fait pas partie de l'équipement, ou alors par une erreur humaine durant la fabrication, l'exploitation de l'équipement, ou aussi par des pratiques de maintenance

3.1.2

évaluation de l'effet du vieillissement

évaluation systématique d'un élément fondée sur une analyse des données tirées de l'expérience en exploitation. Elle estime la résistance de l'élément au processus de détérioration dû au vieillissement

3.1.3

criticité

index numérique de la gravité d'un effet associée à sa probabilité ou fréquence d'occurrence attendue

3.1.4

tolérance aux dommages

un élément est jugé comme étant tolérant aux dommages s'il est capable de supporter des dommages et de continuer à fonctionner comme requis, éventuellement à charge ou capacité réduite

3.1.5

mise au rebut

mise hors service définitive d'un élément à une limite de temps spécifié

3.1.6

effet direct défavorable pour la sécurité en exploitation

effet direct défavorable pour la sécurité

effet que la défaillance fonctionnelle ou le dommage secondaire résultant produisent par eux-mêmes et non en liaison avec d'autres défaillances fonctionnelles (aucune redondance n'existe et l'élément est indispensable pour un fonctionnement sûr). Les conséquences sont extrêmement sérieuses ou même catastrophiques et peuvent provoquer la perte de l'équipement ou des blessures aux occupants aussi bien qu'au personnel d'exploitation

sécurité en exploitation

sécurité pendant la durée où l'équipement est en fonctionnement et où la présence du personnel d'exploitation et/ou d'occupants quelconques est possible

3.1.7

conséquences économiques

les effets de défaillances qui n'empêchent pas l'exploitation de l'équipement mais qui ne sont pas souhaités sur le plan économique à cause de la charge additionnelle qu'elles impliquent en main-d'œuvre, coût de matière pour les travaux sur l'équipement et en atelier de réparation

3.1.8

détériorations dues à l'environnement (DE)

détérioration physique de la résistance ou de la résistance à la défaillance d'un élément, résultant d'interactions chimiques ou physiques dues au climat ou à l'environnement

3 Definitions and abbreviations

3.1 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60300, the terms and definitions of IEC 60050(191) apply together with the following. Some terms listed in IEC 60050(191) are also included here for the convenience of the reader.

3.1.1

accidental damage (AD)

physical deterioration of an item caused by contact or impact with an object or influence which is not a part of the equipment, or by human error during manufacturing, operation of the equipment, or maintenance

3.1.2

age exploration

systematic evaluation of an item based on analysis of collected information from in-service experience. It assesses the item's resistance to a deterioration process with respect to increasing age

3.1.3

criticality

numerical index of the severity of an effect combined with the probability or expected frequency of its occurrence

3.1.4

damage-tolerant

an item is judged to be damage-tolerant if it can sustain damage and continue to function as required, possibly at reduced loading or capacity

3.1.5

discard

removal from service of an item at a specified life limit

3.1.6

direct adverse effect on operating safety

direct adverse effect on safety

effect that the functional failure or resulting secondary damage should achieve by itself, not in combination with other functional failures (no redundancy exists and it is a primary item necessary for safe operation). The consequences are extremely serious or possibly catastrophic and might cause the loss of equipment or injury to occupants or operating personnel

operating safety

safety during the time interval when the equipment is operational and which may include the presence of operating personnel and/or any occupants

3.1.7

economic effects

failure effects which do not prevent equipment operation, but are economically undesirable due to added labour and material cost for equipment or shop repair

3.1.8

environmental deterioration (ED)

physical deterioration of an item's strength or resistance to failure, as a result of chemical or physical interaction with its climate or environment

3.1.9

défaillance

cessation de l'aptitude d'un élément à réaliser une fonction pour laquelle il a été conçu

NOTE – Lorsque le terme «défaillance» est utilisé au sein d'un contrat dans le contexte de la MBF, il est recommandé de le définir comme suit: «une défaillance correspond à la présence d'une condition insatisfaisante qui est relative à une situation spécifique, et du point de vue d'un observateur particulier». Il est recommandé que l'observateur particulier soit défini.

3.1.10

cause de défaillance

les circonstances qui durant la conception, la fabrication ou l'utilisation ont conduit à une défaillance

3.1.11

effet de défaillance

les conséquences immédiates de chaque mode de défaillance sur les éléments prépondérants de maintenance (EPM), et sur des fonctions requises de l'équipement

3.1.12

mode de défaillance

l'un des états possibles d'un élément défaillant, pour une fonction exigée donnée

3.1.13

dommage dû à la fatigue (DF)

initiation d'une ou plusieurs fissures du fait de charges cycliques et leur propagation ultérieure

3.1.14

programme d'échantillonnage lié à la fatigue

inspections effectuées sur des équipements spécifiques sélectionnés parmi ceux qui sont les plus vieux/les plus utilisés afin d'identifier les premiers signes de détérioration causés par les dommages dus à la fatigue

3.1.15

fonction

actions caractéristiques normales d'un élément

3.1.16

vérification de fonctionnement

vérification quantitative pour déterminer si l'une ou plusieurs fonctions d'un élément jouent leur rôle à l'intérieur de limites prescrites

3.1.17

défaillance fonctionnelle

défaillance ayant pour conséquence qu'une entité cesse d'accomplir au moins l'une de ses fonctions requises

3.1.18

élément prépondérant de maintenance (EPM)

élément identifié pendant l'analyse de défaillance fonctionnelle dont la défaillance

- a) peut affecter la sécurité, et/ou
- b) n'est pas décelable en exploitation, et/ou
- c) peut avoir des répercussions opérationnelles importantes, et/ou
- d) peut avoir des répercussions économiques importantes

3.1.9**failure**

termination of the ability of an item to perform a required function

NOTE – When the term failure is used within a contract in the context of RCM, it should be defined as follows: "A failure is the presence of an unsatisfactory condition which is related to a specific situation and from the perspective of a particular observer." The particular observer should be defined.

3.1.10**failure cause**

the circumstances during design, manufacture or use which have led to a failure

3.1.11**failure effect**

immediate effect of each failure mode on functionally significant items and on the required functions of the item

3.1.12**failure mode**

one of the possible states of a failed item, for a given required function

3.1.13**fatigue damage (FD)**

initiation of a crack or cracks due to cyclic loading and subsequent propagation

3.1.14**fatigue related sampling**

inspections on specific equipment selected from those which have the highest operating age/usage in order to identify the first evidence of deterioration in their condition caused by fatigue damage

3.1.15**function**

normal characteristic actions of an item

3.1.16**functional check**

quantitative check to determine if one or more functions of an item performs within specified limits

3.1.17**functional failure**

failure, the effect of which is that an entity fails to perform one or more of its required functions

3.1.18**functionally significant item (FSI)**

item, identified during functional failure analysis, whose failure

- a) could affect safety, and/or
- b) is undetectable during operations, and/or
- c) could have significant operational impact, and/or
- d) could have significant economic impact

3.1.19

fonction cachée

- a) une fonction normalement active, dont l'arrêt n'est pas évident pour le personnel d'exploitation au cours de l'exécution de ses tâches normales
- b) une fonction qui normalement est inactive et dont la disponibilité avant besoin n'est pas évidente pour le personnel d'exploitation au cours de l'exécution de ses tâches normales

3.1.20

niveau intrinsèque de fiabilité et de sécurité

valeur propre à l'entité et par conséquent inhérente à sa conception. C'est le niveau le plus élevé de fiabilité et de sécurité que l'on peut attendre d'une entité, d'un système ou d'un équipement s'il fait l'objet d'une maintenance idéale. L'obtention de niveaux supérieurs de fiabilité nécessite donc soit des modifications, soit de nouvelles conceptions

3.1.21

inspection

examen d'un élément selon une norme spécifique

3.1.22

inspection – détaillée

inspection visuelle intensive d'un détail spécifié, ensemble ou installation. Elle a pour but de détecter toute irrégularité à l'aide d'une source lumineuse appropriée et, lorsque nécessaire, d'outils d'aide au contrôle, de miroirs, de loupes, etc. Il peut se révéler nécessaire d'utiliser des moyens de nettoyage de surface ou des procédures d'accès élaborées

3.1.23

inspection – visuelle générale

inspection visuelle de détection de mauvais état/anomalies évidents. Ce type d'inspection peut nécessiter la dépose de filets, carénages, panneaux/portes d'accès, etc. L'accessibilité peut nécessiter l'utilisation d'échafaudages, d'échelles, etc.

3.1.24

inspection – spéciale détaillée

inspection intensive d'un endroit spécifique semblable à l'inspection détaillée, avec les exceptions suivantes: cette inspection nécessite l'utilisation de techniques particulières telles que des essais non destructifs, le ressuage, de forts grossissements, etc., et éventuellement des procédures de démontage

3.1.25

graissage et entretien

toute opération de graissage ou d'entretien courant ayant pour but de conserver les capacités intrinsèques de conception

3.1.26

programme de maintenance

l'ensemble des méthodes, procédures et ressources requises pour supporter la maintenance d'une entité tout au long de son cycle de vie

3.1.27

tâches de maintenance

une action ou un ensemble d'actions requis pour réaliser un résultat escompté qui rétablit une entité (ou maintient une entité) en condition de service, y compris des actions d'inspection ou de détermination de la condition de l'entité

3.1.19**hidden function**

- a) function which is normally active and whose cessation is not evident to the operating personnel during performance of normal duties
- b) function which is normally inactive and whose readiness to perform, prior to it being needed, is not evident to the operating crew during performance of normal duties

3.1.20**inherent level of reliability and safety**

that level which is built into an item and therefore inherent in its design. This is the highest level of reliability and safety that can be expected from an item, system, or equipment if it receives effective maintenance. To achieve higher levels of reliability generally requires modification or redesign

3.1.21**inspection**

examination of an item against a specific standard

3.1.22**inspection – detailed**

intensive visual examination of a specified detail, assembly, or installation. It searches for evidence of irregularity using adequate lighting and, where necessary, inspection aids such as mirrors, hand lens, etc. Surface cleaning and elaborate access procedures may be required

3.1.23**inspection – general visual**

visual examination that will detect obvious unsatisfactory conditions/discrepancies. This type of inspection may require removal of fillets, fairings, access panels/doors, etc. Workstands, ladders, etc. may be required to gain proximity

3.1.24**inspection – special detailed**

intensive examination of a specific location similar to the detailed inspection except for the following differences. The examination requires some special technique such as non-destructive test techniques, dye penetrant, high-powered magnification, etc., and may require disassembly procedures

3.1.25**lubrication and servicing**

any act of lubricating or servicing for the purpose of maintaining inherent design capabilities

3.1.26**maintenance programme**

methods, procedures and resources required for sustaining the support of an item throughout its life cycle

3.1.27**maintenance tasks**

action or set of actions required to achieve a desired outcome which restores an item to (or maintains an item in) serviceable condition, including inspection and determination of condition

3.1.28

tâches normales du personnel d'exploitation

personnel d'exploitation

personnel qualifié qui est en service

tâches normales

les travaux mêmes qui sont associés à l'exploitation normale de l'équipement, et incluant ce qui suit:

- a) procédures et vérifications exécutées durant l'exploitation de l'équipement;
- b) détection d'anomalies ou de défaillances par le personnel d'exploitation grâce aux moyens physiques normaux (par exemple: odeurs, bruits, vibrations, températures, observation visuelle de dommages ou de défaillances, modifications des efforts physiques appliqués, etc.)

3.1.29

vérification opérationnelle

tâche effectuée pour s'assurer qu'un élément remplit la fonction pour laquelle il a été créé. Cette tâche n'exige aucune tolérance quantitative. C'est une tâche permettant de trouver les défaillances

3.1.30

conséquences opérationnelles d'une défaillance

conséquences des défaillances qui gênent l'accomplissement des missions prévues. Ces défaillances se traduisent par des retards, des interruptions de service, des temps d'immobilisation, une réduction de la production, etc.

3.1.31

structure complémentaire

structure qui n'est pas considérée comme élément prépondérant de structure. Toute structure complémentaire externe et interne est définie à l'intérieur de zones

3.1.32

maintenance basée sur la fiabilité

approche systématique destinée à identifier des tâches de maintenance préventive à la fois applicables et efficaces pour ce qui concerne les équipements et les éléments, en conformité avec un ensemble de procédures spécifiques, également destinées à établir des périodicités entre tâches de maintenance

3.1.33

résistance résiduelle

résistance d'une structure endommagée

3.1.34

remise en état

travail nécessaire pour rétablir un élément à un standard spécifique. La remise en état peut aller du nettoyage ou du remplacement de pièces simples jusqu'à une révision complète

3.1.35

structure à vie sûre

structure qu'il n'est pas pratique de concevoir ou de qualifier en tant que tolérante aux dommages. Sa fiabilité est protégée par des limites de rebut qui permettent de retirer des éléments du service avant que les fissurations dues à la fatigue n'apparaissent

3.1.36

opération de maintenance programmée

l'une quelconque des interventions prévues en maintenance et effectuées de façon régulière

3.1.28**operating personnel normal duties****operating personnel**

qualified personnel who are on duty

normal duties

those duties associated with the routine operation of the equipment, which could include the following:

- a) procedures and checks performed during equipment operation;
- b) recognition of abnormalities or failures by the operating personnel through the use of normal physical senses (e.g. odour, noise, vibration, temperature, visual observation of damage or failure, changes in physical input force requirements, etc.)

3.1.29**operational check**

operational check is a task to determine that an item is fulfilling its intended purpose. It does not require quantitative tolerances; this is a failure finding task

3.1.30**operational effects of failure**

failure effects which interfere with the completion of the intended operations. These failures cause delays, cancellations of service, downtime, reduced production, etc.

3.1.31**other structure**

structure which is judged not to be a structurally significant item. "Other structure" is defined both externally and internally within zonal boundaries

3.1.32**reliability centred maintenance**

systematic approach for identifying effective and efficient preventative maintenance tasks for items in accordance with a specific set of procedures and for establishing intervals between maintenance tasks

3.1.33**residual strength**

strength of a damaged structure

3.1.34**restoration**

that work necessary to return the item to a specific standard. Restoration may vary from cleaning or replacement of single parts up to a complete overhaul

3.1.35**safe life structure**

structure which is not practical to design or qualify as damage tolerant. Its reliability is protected by discard limits which remove items from service before fatigue cracking is expected

3.1.36**scheduled maintenance check**

any of the maintenance opportunities which are pre-planned and are accomplished on a regular basis

3.1.37

ensemble structurel

un ou plusieurs ensembles de structure qui, ensemble, réalisent une fonction structurelle fondamentale

3.1.38

détail structurel

le niveau fonctionnel le plus bas de la structure d'un équipement. Une région ou une zone distincte d'un élément structurel, ou l'intersection frontière de deux ou plusieurs éléments

3.1.39

élément structurel

deux ou plusieurs détails structuraux qui, ensemble, forment une partie assemblée identifiée par le constructeur

3.1.40

élément prépondérant de structure (EPS)

tout détail structurel, élément ou ensemble, qui contribue de façon importante à transmettre et subir des efforts opérationnels, gravitationnels, aérodynamiques, hydrodynamiques, de sol, de pression ou de contrôle de charge et dont la défaillance est susceptible d'affecter l'intégrité structurelle critique pour la sécurité de l'équipement

3.1.41

essai

une expérience que l'on réalise pour mesurer, quantifier ou classer une caractéristique ou une propriété d'une entité

3.1.42

vérification visuelle/automatique

une vérification visuelle est une observation servant à déterminer qu'un élément remplit les fonctions pour lesquelles il a été conçu et à localiser les défaillances. Une telle vérification n'a pas d'exigences quantitatives. Cette vérification peut aussi impliquer le téléchargement de données de défaillances à partir d'un système de surveillance

3.2 Abréviations

AMDE	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets
DA	Dommage Accidentel
DE	Détériorations dues à l'environnement
DF	Dommage dû à la fatigue
EPM	Élément prépondérant de maintenance
EPS	Élément prépondérant de structure
MBF	Maintenance basée sur la fiabilité

NOTE — Il n'est pas habituel, en français, d'utiliser des abréviations pour les termes suivants:

- Cause de défaillance
- Défaillance fonctionnelle
- Effets d'une défaillance
- Inspection non destructive

3.1.37**structural assembly**

one or more structural elements which together provide a basic structural function

3.1.38**structural detail**

lowest functional level in a structure. A discrete region or area of a structural element, or a boundary intersection of two or more elements

3.1.39**structural element**

two or more structural details which together form an identified manufacturer's assembly part

3.1.40**structurally significant item**

any structural detail, element or assembly, which contributes significantly to carrying operating, gravity, aerodynamic, hydrodynamic, ground, pressure or control loads and whose failure could affect the safety critical structure

3.1.41**test**

experiment carried out in order to measure, quantify or classify a characteristic or a property of an item

3.1.42**visual/automated check**

visual check is an observation to determine that an item is fulfilling its intended purpose and is a failure finding task. It does not require quantitative tolerances. This check may also involve the downloading of failure data from a monitoring system

3.2 Abbreviations

AD	Accidental damage
ED	Environmental deterioration
FC	Failure cause
FD	Fatigue damage
FE	Failure effects
FF	Functional failure
FMEA	Failure mode and effects analysis
FSI	Functionally significant items
NDI	Non-destructive inspection
RCM	Reliability centred maintenance
SSI	Structurally significant item

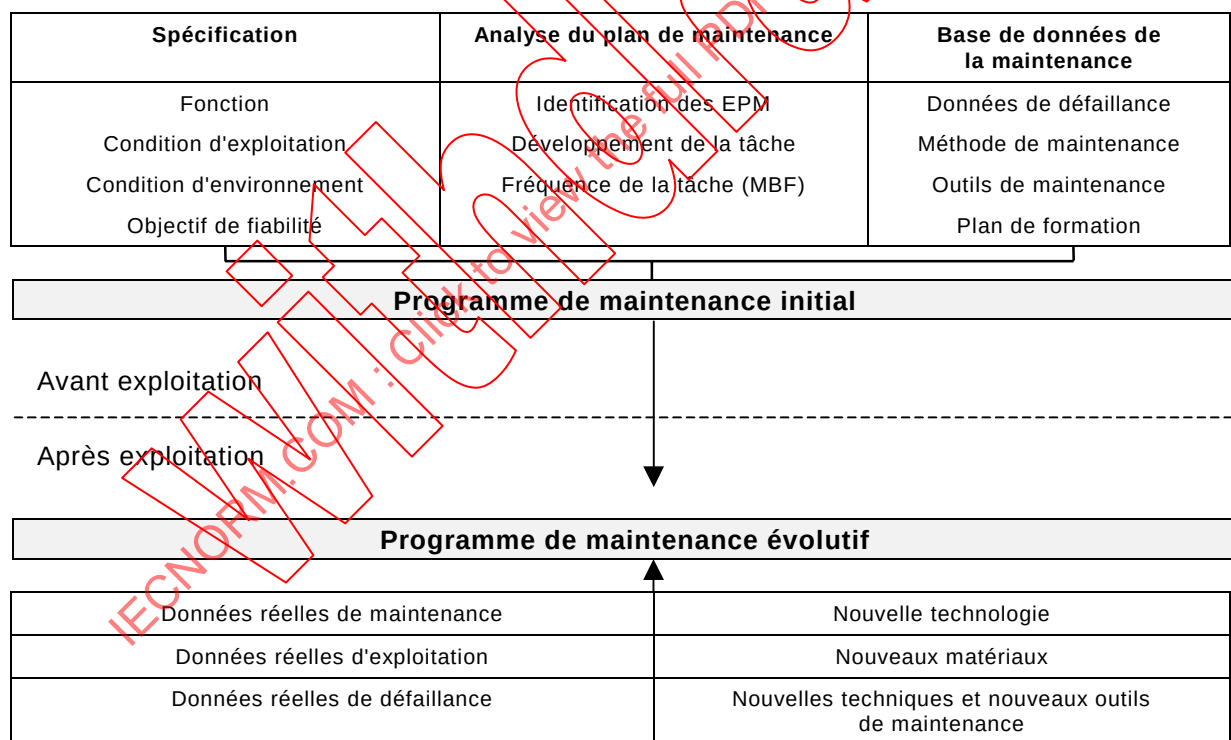
4 Approche du programme de maintenance

4.1 Généralités

Le programme de maintenance MBF est l'ensemble des tâches qui résultent d'une analyse MBF. Les programmes de maintenance sont généralement composés d'un programme initial et d'un programme évolutif, «dynamique», tel que cela est présenté à la figure 1. Cette figure présente les principaux facteurs à prendre en considération lors de la phase de développement, c'est-à-dire avant l'exploitation, ainsi que les facteurs utilisés pour mettre à jour le programme, basés sur l'expérience en exploitation, une fois que le produit est en service.

Le programme de maintenance initial, qui est souvent le résultat d'une collaboration entre le fournisseur et l'utilisateur, est défini, préalablement à l'exploitation, sur la base d'une méthodologie MBF. Le programme de maintenance évolutif, qui est un développement du programme initial, est initialisé aussi tôt que possible par l'utilisateur dès le début de l'exploitation et il convient qu'il soit fondé sur les données réelles de dégradation, ou les données concernant les défaillances, ainsi que sur les progrès effectués sur la technologie des matériaux et les données relatives aux techniques et outils de maintenance.

Un programme initial de MBF peut être entrepris lorsque le produit est en service pour rénover et continuer à améliorer un programme de maintenance existant qui a été préparé sur la base de l'expérience ou de recommandations du fabricant, sans bénéficier d'une approche structurée telle que l'approche MBF.



IEC 534/99

Figure 1 – Evolution d'un programme de maintenance dynamique

La présente norme décrit en premier lieu une méthode de développement d'un programme de maintenance initial pour des entités qui sont maintenues à des intervalles spécifiés. Les périodicités choisies peuvent être basées sur le temps ou sur des unités d'usage, ou encore une combinaison de ces deux éléments.

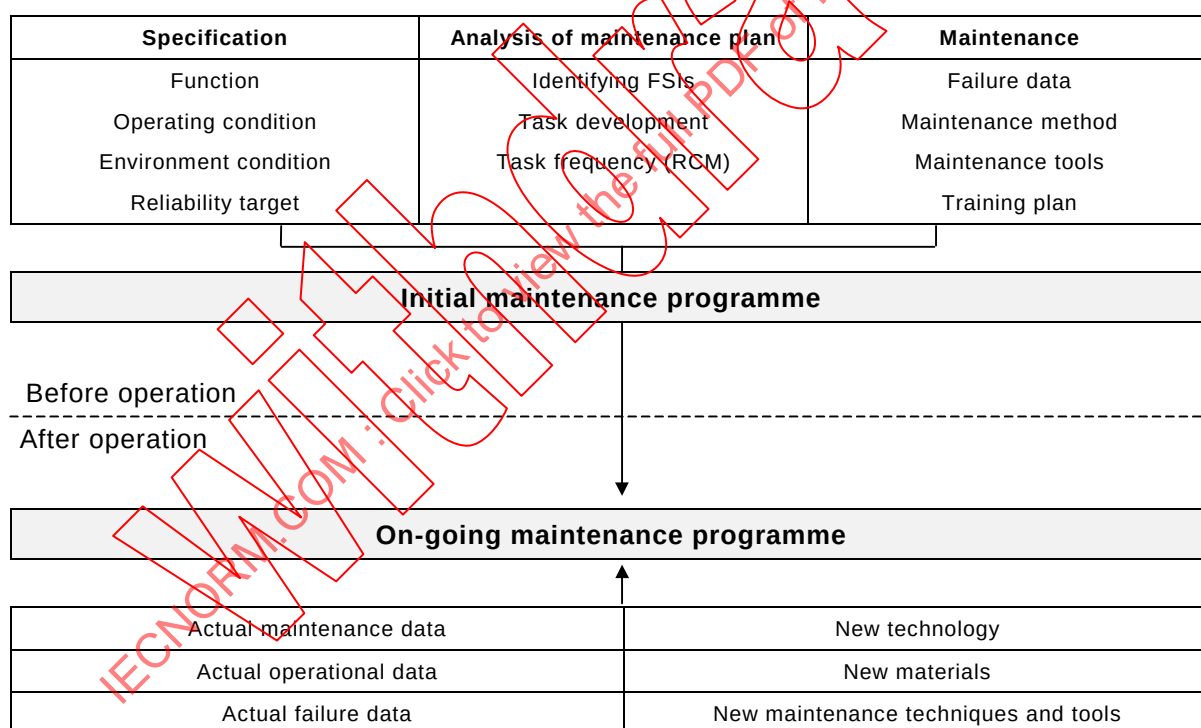
4 Maintenance programme approach

4.1 General

The maintenance programme is the set of tasks which result from the RCM analysis. Maintenance programmes are generally composed of an initial programme and an on-going, "dynamic" programme as shown in figure 1. The figure shows the principle factors which need to be considered in the development stage, that is before operation, and those which are used to update the programme, based on operational experience, once the product is in service.

The initial maintenance programme, which is often a collaborative effort between the supplier and the user, is defined prior to operation and is based on the RCM methodology. The on-going maintenance programme, which is a development of the initial programme, is initiated as soon as possible by the user once operation begins, and would be based on actual degradation or failure data, and advances in technology, materials, maintenance techniques and tools.

An initial RCM programme may be initiated when the product is in service to renew and improve on an existing maintenance programme that has been prepared based on experience, or manufacturer's recommendations without the benefit of a standard approach, such as RCM.



IEC 534/99

Figure 1 – Evolution of a dynamic maintenance programme

This standard describes primarily a method for developing an initial maintenance programme for items which are to be maintained at specified intervals. The intervals selected can be based on time or a measure of usage, or a combination of these.

Afin d'élaborer un programme de maintenance efficace, il est nécessaire de définir les éléments suivants:

- a) les objectifs d'un programme de maintenance;
- b) la méthode à utiliser pour élaborer un programme de maintenance;
- c) le contenu d'un programme de maintenance.

4.2 Objectifs du programme de maintenance

En tant que partie d'une philosophie de maintenance, les objectifs d'un programme de maintenance préventive efficace sont les suivants:

- a) maintenir la fonction en termes d'exigences de sécurité;
- b) maintenir les niveaux intrinsèques de sécurité et de fiabilité;
- c) optimiser la disponibilité;
- d) obtenir les informations nécessaires pour améliorer la conception des entités dont la fiabilité intrinsèque s'avère inadéquate;
- e) atteindre ces objectifs pour un coût total du cycle de vie minimal, incluant les coûts relatifs à la maintenance ainsi que les coûts relatifs aux défaillances résiduelles;
- f) obtenir les informations nécessaires à l'établissement d'un programme de maintenance évolutif, plus performant que le programme de maintenance initial et ses révisions, par une évaluation systématique de l'efficacité des tâches de maintenance précédemment définies. Il convient que la surveillance de l'état de composants, critiques pour la sécurité ou coûteux, joue un rôle important dans le développement d'un programme dynamique.

Ces objectifs tiennent compte du fait que les programmes de maintenance, en tant que tels, ne peuvent corriger les déficiences des niveaux intrinsèques de sécurité et de fiabilité des équipements et des structures. Le programme de maintenance ne peut qu'empêcher la dégradation de tels niveaux intrinsèques et rétablir les niveaux de sécurité et de fiabilité à leurs valeurs intrinsèques. Si les niveaux intrinsèques se révèlent insatisfaisants, une modification de la conception ou des modifications en exploitation ou des changements de procédure (tels les programmes de formation) peuvent être nécessaires pour obtenir une amélioration.

4.3 Méthode d'élaboration de programmes de maintenance préventive basée sur la MBF

Le programme est élaboré par l'utilisation d'une approche logique guidée et est articulé autour des tâches plutôt qu'autour du processus de maintenance. Cela permet d'éliminer la confusion associée aux différentes interprétations, dans différents secteurs de l'industrie, de termes tels que surveillance conditionnelle, en fonctionnement, retrait de service, etc. En utilisant un concept articulé autour des tâches, il est possible de considérer l'ensemble du programme de maintenance élaboré pour une entité donnée. Un arbre logique de décision (figures 3 et 4) est utilisé pour identifier les tâches de maintenance applicables. L'entretien et le graissage sont inclus en tant que partie du diagramme logique pour assurer qu'une catégorie importante de tâches est considérée chaque fois qu'une entité est analysée.

4.4 Contenu du programme de maintenance

Le contenu du programme de maintenance proprement dit se compose de deux groupes de tâches.

- a) Un groupe de tâches de maintenance préventive, y compris les tâches concernant la localisation des défaillances, prévues pour être exécutées à des intervalles spécifiés ou dans certaines conditions. L'objectif de ces tâches est d'identifier et de prévenir la détérioration au-dessous des niveaux intrinsèques de sécurité et de fiabilité, en employant un ou plusieurs des moyens suivants:

In order to develop an efficient maintenance programme, it is necessary to define the following:

- a) the objectives of a maintenance programme;
- b) the method by which a maintenance programme can be developed;
- c) the content of a maintenance programme.

4.2 Maintenance programme objectives

As part of maintenance philosophy, the objectives of an effective preventive maintenance programme are:

- a) to maintain the function in terms of the required safety;
- b) to maintain the inherent safety and reliability levels;
- c) to optimize the availability;
- d) to obtain the information necessary for design improvement of those items whose inherent reliability proves inadequate;
- e) to accomplish these goals at a minimum total life cycle cost, including maintenance costs and the costs of residual failures;
- f) to obtain the information necessary for establishing a dynamic maintenance programme which improves upon the initial programme, and its revisions, by systematically assessing the effectiveness of previously defined maintenance tasks. Monitoring the condition of specific safety, critical or costly components would play an important role in the development of a dynamic programme.

These objectives recognize that maintenance programmes, as such, cannot correct deficiencies in the inherent safety and reliability levels of the equipment and structures. The maintenance programme can only minimize deterioration and restore the item to its inherent levels. If the inherent levels are found to be unsatisfactory, design modification, operational changes or procedural changes (such as training programmes) may be necessary to obtain improvement.

4.3 Method for development of preventive maintenance programmes based on RCM

The programme is developed using a guided logic approach and is task-oriented rather than maintenance process oriented. This eliminates the confusion associated with the various interpretations across different industries of terms such as condition monitoring, on-condition, hard time, etc. By using a task-oriented concept, it is possible to see the whole maintenance programme reflected for a given item. A decision logic tree (figures 3 and 4) is used to identify applicable maintenance tasks. Servicing and lubrication are included as part of the logic diagram as this ensures that an important task category is considered each time an item is analysed.

4.4 Maintenance programme content

The content of the maintenance programme itself consists of two groups of tasks.

- a) A group of preventive maintenance tasks, which include failure finding tasks, scheduled to be accomplished at specified intervals, or based on condition. The objective of these tasks is to identify and prevent deterioration below inherent safety and reliability levels by one or more of the following means:

- 1) graissage/entretien;
- 2) vérification opérationnelle/visuelle/automatique;
- 3) inspection/essai fonctionnel/surveillance conditionnelle;
- 4) remise en état;
- 5) mise au rebut.

Il s'agit du groupe de tâches défini par l'analyse MBF, c'est-à-dire qu'il comprend le programme de maintenance préventive basé sur la MBF.

- b) Un groupe de tâches de maintenance non programmée qui découlent de ce qui suit:
- 1) conséquences des tâches programmées exécutées à intervalles de temps spécifiés ou selon l'usage;
 - 2) les comptes rendus relatifs aux défaillances ou indications de défaillances imminentes (y compris par détection automatique).

L'objectif de ce deuxième groupe de tâches est de conserver ou de rétablir l'équipement dans un état acceptable afin qu'il accomplisse la fonction pour laquelle il a été conçu.

Un programme efficace est un programme qui planifie uniquement les tâches nécessaires pour atteindre les objectifs prévus. Il ne planifie pas de tâches supplémentaires susceptibles d'entraîner une augmentation des coûts de maintenance, sans accroître en même temps la protection du niveau intrinsèque de fiabilité.

L'expérience a démontré clairement que la fiabilité décroît lorsque l'on accomplit des tâches de maintenance non appropriées ou non nécessaires, en raison de l'incidence croissante de pannes induites par l'opérateur de maintenance.

5 Programme de maintenance préventive basé sur la MBF – Equipements

5.1 Généralités

Cet article décrit les tâches (illustrées à la figure 2) requises pour l'élaboration d'un programme de maintenance préventive basée sur la MBF, applicable aussi bien à des équipements neufs qu'à des équipements en service. Lors de l'élaboration d'un programme MBF, le diagramme logique progressif illustré aux figures 3 et 4, ainsi que les critères de sélection des tâches exposés en 5.3.5 (indiqués au tableau 1) sont les principaux outils. Ce diagramme logique progressif constitue la base d'une technique d'évaluation appliquée à chaque élément prépondérant de maintenance (EPM) et utilisant les informations techniques disponibles. En règle générale, l'évaluation est fondée sur la défaillance fonctionnelle des entités et sur les causes de ces défaillances.

L'élaboration d'un programme MBF est fondée sur les éléments suivants:

- a) identification des éléments prépondérants de maintenance (EPM);
- b) identification des tâches de maintenance préventive applicables et efficaces par utilisation de l'arbre de décision logique.

Un élément prépondérant de maintenance est une entité dont la défaillance pourrait affecter la sécurité dans un contexte particulier en exploitation ou en maintenance, ou encore pourrait avoir un effet important en exploitation, ou un effet économique. Le processus d'identification des EPM est fondé sur les conséquences prévisibles des défaillances en utilisant une approche analytique et un bon jugement d'ingénierie.

Le processus d'identification des EPM utilise une approche descendante et est conduit, en premier lieu, au niveau du système, puis au niveau du sous-système et, si opportun, au niveau composant.

- 1) lubrication/servicing;
- 2) operational/visual/automated check;
- 3) inspection/functional test/condition monitoring;
- 4) restoration;
- 5) discard.

It is this group of tasks which is determined by RCM analysis, i.e. it comprises the RCM based preventive maintenance programme.

b) A group of non-scheduled maintenance tasks which result from:

- 1) findings from the scheduled tasks accomplished at specified intervals of time or usage;
- 2) reports of malfunctions or indications of impending failure (including automated detection).

The objective of this second group of tasks is to maintain or restore the equipment to an acceptable condition in which it can perform its required function.

An effective programme is one which schedules only those tasks necessary to meet the stated objectives. It does not schedule additional tasks which will increase maintenance costs without a corresponding increase in protection of the inherent level of reliability.

Experience has clearly demonstrated that reliability decreases when inappropriate or unnecessary maintenance tasks are performed, due to increased incidence of maintainer induced faults.

5 RCM based preventive maintenance programme – Equipment

5.1 General

This clause describes the tasks (shown in figure 2) in the development of an RCM based preventive maintenance programme for both new and in-service equipment. In the development of an RCM programme the progressive logic diagram (shown in figures 3 and 4) and the task selection criteria discussed in 5.3.5 (shown in table 1) are the principal tools. This progressive logic is the basis of an evaluation technique applied to each functionally significant item (FSI) using the technical data available. Principally, the evaluations are based on the items' functional failures and failure causes.

The development of an RCM programme is based on the following:

- a) identification of functionally significant items (FSIs);
- b) identification of applicable and effective preventive maintenance tasks using the decision tree logic.

A functionally significant item is an item whose failure would affect safety or could have significant operational or economic impact in a particular operating or maintenance context. The process of identification of FSIs is based on the anticipated consequences of failures using an analytical approach and good engineering judgement.

The process of identification of FSIs uses a top down approach, and is conducted first at the system level, then at the subsystem level and, where appropriate, down to the component level.

Il convient de suivre un processus itératif pour identifier les EPM. Les limites et les fonctions des systèmes et des sous-systèmes sont identifiées en premier lieu. Cela permet de déterminer les systèmes critiques en vue d'une analyse plus approfondie, ce qui implique une définition du système, de ses fonctions et de ses défaillances fonctionnelles plus complète et plus détaillée.

La procédure ci-dessous décrit un ensemble complet de tâches du processus d'identification des EPM. Il convient que toutes ces tâches soient appliquées dans le cas d'équipements complexes ou nouveaux. Cependant, dans le cas d'équipements bien connus ou simples, dont les fonctions et les dégradations/défaillances fonctionnelles sont bien établies, les tâches figurant sous le titre «analyse du système» peuvent être accomplies très rapidement. Il convient toutefois que ces tâches soient accompagnées des pièces justificatives de leurs prises en considération.

La profondeur et la rigueur utilisées lors de l'application de ces tâches varient également avec la complexité et la nouveauté de l'équipement. La description détaillée des tâches applicables est donnée de 5.1.1 à 5.1.3.

5.1.1 Recueil des informations

L'information sur l'équipement fournit la base de l'évaluation et il convient de la réunir avant le début de l'analyse, et de la compléter lorsque le besoin s'en fait sentir. Il convient qu'elle comprenne

- a) les exigences applicables à l'équipement et à ses systèmes associés, y compris les exigences réglementaires;
- b) les documentations de conception et de maintenance;
- c) le retour d'expérience, y compris les données relatives à la maintenance et aux défaillances.

Enfin, dans le but de garantir l'exhaustivité et d'éviter les recouvrements, il convient que l'évaluation soit fondée sur une décomposition appropriée et logique de l'équipement.

An iterative process should be followed in identifying FSIs. Systems and subsystem boundaries and functions are first identified. This permits selection of critical systems for further analysis, which involves a more comprehensive and detailed definition of system, system functions and system functional failures.

The procedures below outline a comprehensive set of tasks in the FSI identification process. All these tasks should be applied in the case of complex or new equipment. However, in the case of well-established or simple equipment, where functions and functional degradation/failures are well recognized, tasks listed under the heading of “system analysis” can be covered very quickly. They should, however, be documented to confirm that they were considered.

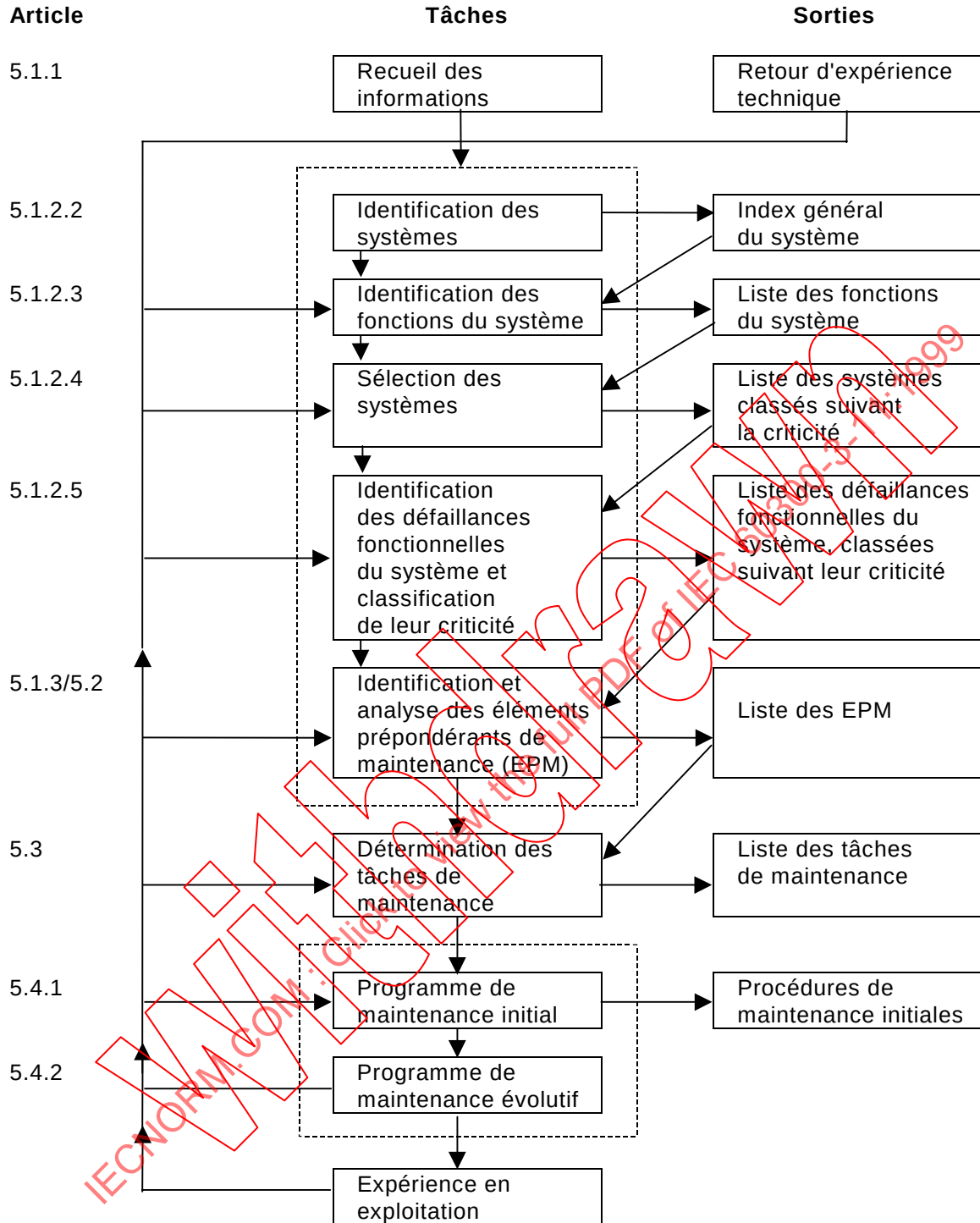
The depth and rigour used in the application of these tasks will also vary with the complexity and newness of the equipment. A detailed description of the applicable tasks is given in 5.1.1 to 5.1.3.

5.1.1 Information collection

Equipment information provides the basis for the evaluation and should be assembled prior to the start of the analysis and supplemented as the need arises. The following should be included:

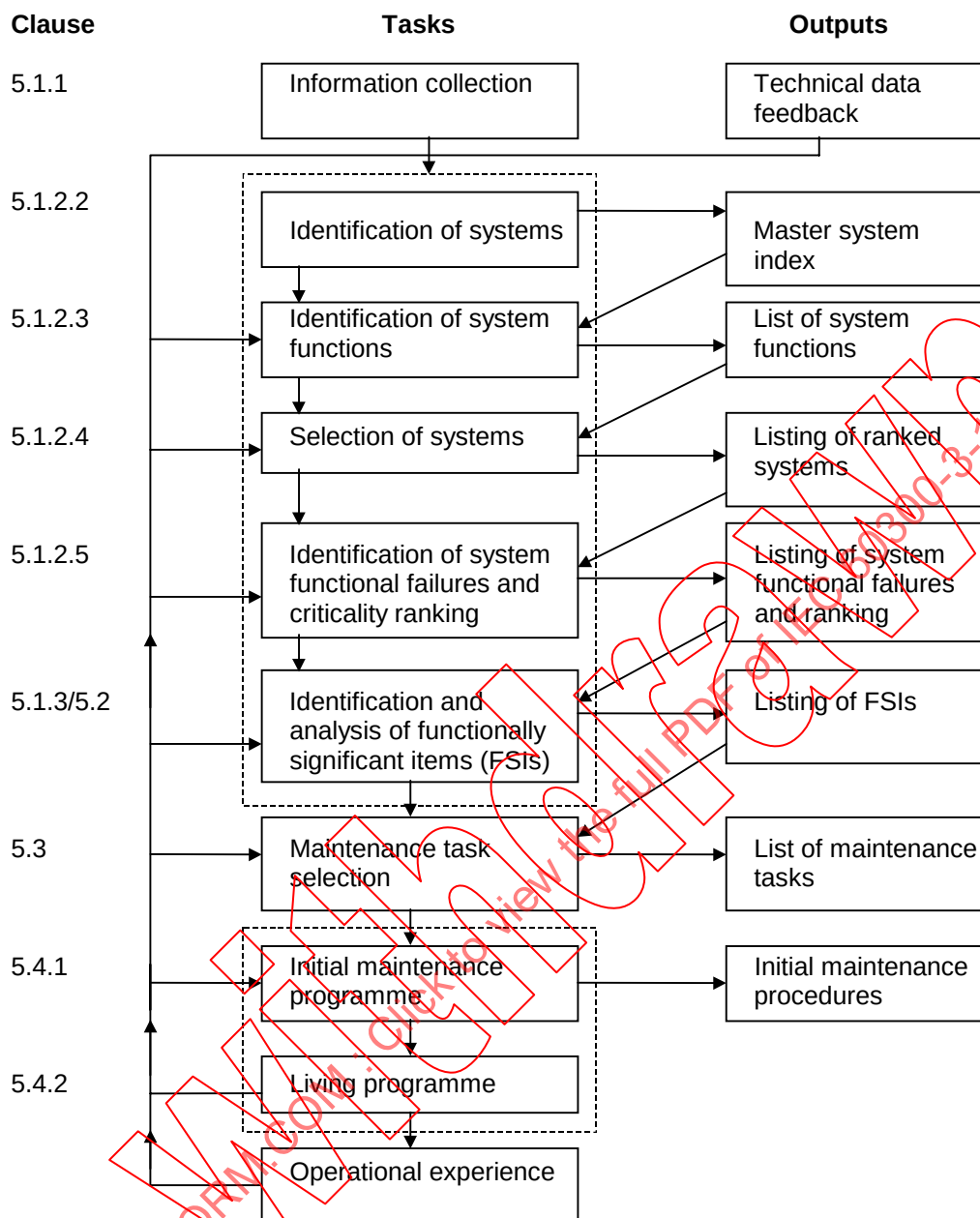
- a) requirements for equipment and its associated systems, including regulatory requirements;
- b) design and maintenance documentation;
- c) performance feedback, including maintenance and failure data.

Also, in order to guarantee completeness and avoid duplication, the evaluation should be based on an appropriate and logical breakdown of the equipment.



IEC 535/99

Figure 2 – Tâches d'élaboration d'un programme de maintenance préventive MBF



IEC 535/99

Figure 2 – Tasks in the development of an RCM based preventive maintenance programme

5.1.2 Analyse du système

5.1.2.1 Généralités

Les tâches décrites en 5.1.2 définissent la procédure d'identification des éléments prépondérants de maintenance ainsi que le choix et la mise en oeuvre des tâches de maintenance qui s'y rapportent. Il convient de noter que ces tâches peuvent être adaptées pour remplir les exigences d'industries particulières et que l'importance donnée à chaque tâche dépend de la nature de cette industrie.

5.1.2.2 Identification des systèmes

L'objectif de cette tâche est de diviser l'équipement en systèmes, par regroupement des éléments qui contribuent à la réalisation de fonctions bien identifiées et par l'identification des limites du système. Quelquefois, il est nécessaire de poursuivre la division en sous-systèmes qui effectuent des fonctions critiques vis-à-vis de la performance du système. Les limites du système ne sont pas réduites aux limites physiques des sous-systèmes, puisqu'il peut exister des recouvrements.

Fréquemment, l'équipement est déjà divisé en systèmes selon des schémas de répartition spécifiques à chaque industrie. Il convient que ce partitionnement soit revu et ajusté pour s'assurer qu'il est organisé fonctionnellement.

Il convient que le résultat de cette division de l'équipement soit référencé dans un index général du système qui identifie les systèmes, les éléments et les limites.

5.1.2.3 Identification des fonctions du système

L'objectif de cette tâche est de déterminer les fonctions principales et auxiliaires accomplies par les systèmes et les sous-systèmes. L'utilisation de diagrammes fonctionnels apporte une aide à l'identification des fonctions du système.

La définition de chaque fonction décrit les actions ou exigences qu'il convient que le système ou le sous-système accomplisse ou remplisse, quelquefois en termes d'aptitude à la fonction dans les limites spécifiées. Il convient que les fonctions soient identifiées dans tous les modes d'exploitation.

Les fonctions principales et auxiliaires peuvent être déterminées en réexaminant les spécifications de conception, les descriptions de la conception et les procédures d'exploitation, y compris les instructions relatives à la sécurité, à l'exploitation anormale et les instructions en cas d'urgence. Les fonctions telles que les essais ou la préparation à la maintenance peuvent être omises si elles ne sont pas considérées comme importantes. La raison de ces omissions doit être fournie.

Le résultat de cette tâche est une liste des fonctions du système.

5.1.2.4 Sélection des systèmes

L'objectif de cette tâche est de sélectionner et de hiérarchiser les systèmes, qui doivent être inclus dans le programme MBF en raison de leur importance pour la sécurité de l'équipement, pour sa disponibilité ou pour les aspects économiques.

Parmi les méthodes utilisées pour sélectionner ces systèmes et les hiérarchiser, on peut distinguer

- a) les méthodes qualitatives fondées sur l'historique et un jugement d'ingénierie collectif;

5.1.2 System analysis

5.1.2.1 General

The tasks described in 5.1.2 define the procedure for the identification of the functionally significant items and the subsequent maintenance task selection and implementation. It should be noted that the tasks can be tailored to meet the requirements of particular industries and the emphasis placed on each task will depend on the nature of that industry.

5.1.2.2 Identification of systems

The objective of this task is to partition the equipment into systems, grouping the components contributing to achievement of well identified functions and identifying the system boundaries. Sometimes it is necessary to perform further partitioning into the subsystems which perform functions critical to system performance. The system boundaries may not be limited by the physical boundaries of the systems, which may overlap.

Frequently, the equipment is already partitioned into systems through industry specific partitioning schemes. This partitioning should be reviewed and adjusted where necessary to ensure that it is functionally oriented.

The results of equipment partitioning should be documented in a master system index which identifies systems, components and boundaries.

5.1.2.3 Identification of system functions

The objective of this task is to determine the main and auxiliary functions performed by the systems and subsystems. The use of functional block diagrams will assist in the identification of system functions.

The function definition describes the actions or requirements which the system or subsystem should accomplish, sometimes in terms of performance capabilities within the specified limits. The functions should be identified for all modes of equipment operation.

The main and auxiliary functions may be determined by reviewing design specifications, design descriptions and operating procedures, including safety, abnormal operations and emergency instructions. Functions such as testing or preparations for maintenance, if not considered important, may be omitted, and the reason for the omission given.

The product of this task is a listing of system functions.

5.1.2.4 Selection of systems

The objective of this task is to select and prioritize systems which will be included in the RCM programme because of their significance to equipment safety, availability or economics.

The methods used to select and prioritize the systems can be divided into

- a) qualitative methods based on past history and collective engineering judgement;

- b) les méthodes quantitatives, fondées sur des critères quantitatifs tels qu'une évaluation de la criticité, des facteurs de sécurité, la probabilité de défaillance, le taux de défaillance, le coût du cycle de vie, etc. utilisées pour évaluer l'importance de la dégradation/défaillance du système sur la sécurité de l'équipement, les performances et les coûts. La mise en œuvre de cette approche est facilitée lorsque des modèles et des bases de données appropriés existent;
- c) les méthodes qui sont une combinaison de méthodes quantitatives et qualitatives.

Le résultat de cette tâche est la liste ordonnée des systèmes suivant leur criticité. Il convient que les systèmes, ainsi que les procédures, les critères utilisés et les résultats soient accompagnés de leurs pièces justificatives.

5.1.2.5 Identification des défaillances fonctionnelles du système et classification de leur criticité

L'objectif de cette tâche est d'identifier les dégradations/défaillances fonctionnelles du système et de les classer.

Il convient que les dégradations/défaillances fonctionnelles d'un système soient identifiées pour chaque fonction, classées selon leur criticité et documentées.

Puisque chaque défaillance fonctionnelle du système peut avoir différents effets sur la sécurité, la disponibilité ou le coût de maintenance, il est nécessaire de les classer et de leur donner une priorité. La classification prend en compte la probabilité d'occurrence et les conséquences d'une défaillance. Les méthodes qualitatives fondées sur un jugement d'ingénierie collectif et fondées sur l'analyse de l'expérience en exploitation peuvent être utilisées. Il est également possible d'utiliser les méthodes quantitatives telles que l'AMDE ou l'analyse de risque (voir la CEI 60812 et la CEI 60300-3-9).

Cette classification correspond à l'une des tâches les plus importantes de l'analyse MBF. Une classification trop conservatrice peut conduire à un programme de maintenance préventive excessif et, inversement, une sous-estimation lors de cette classification peut entraîner des défaillances trop nombreuses et un effet potentiel sur la sécurité. Dans les deux cas, il en résulte un programme de maintenance non optimisé.

Les résultats de cette tâche sont

- a) une liste des dégradations/défaillances fonctionnelles du système, avec leurs caractéristiques;
- b) une classification des dégradations/défaillances fonctionnelles du système.

5.1.3 Identification des éléments prépondérants de maintenance (EPM)

En se fondant sur l'identification des fonctions du système, des dégradations/défaillances fonctionnelles et leurs effets, ainsi que sur le jugement d'ingénierie collectif, il est maintenant possible d'élaborer une liste de candidats EPM. Rappelons, une fois de plus, que ces entités sont celles dont les défaillances pourraient

- affecter la sécurité;
- être indétectables en fonctionnement normal;
- avoir un impact en exploitation important;
- avoir un impact économique important.

Le résultat de cette tâche est une liste de candidats EPM.

- b) quantitative methods, based on quantitative criteria, such as criticality rating, safety factors, probability of failure, failure rate, life cycle cost, etc., used to evaluate the importance of system degradation/failure on equipment safety, performance and costs. Implementation of this approach is facilitated when appropriate models and data banks exist;
- c) combination of qualitative and quantitative methods.

The product of this task is a listing of systems ranked by criticality. The systems, together with the methods, the criteria used and the results, should be documented.

5.1.2.5 Identification of system functional failures and criticality ranking

The objective of this task is to identify system functional degradation/failures and prioritize them.

The functional degradation/failures of a system for each function should be identified, ranked by criticality and documented.

Since each system functional failure may have different impacts on safety, availability or maintenance cost, it is necessary to rank and prioritize them. The ranking takes into account probability of occurrence and consequences of failure. Qualitative methods based on collective engineering judgement and based on the analysis of operating experience can be used. Quantitative methods of FMEA or risk analysis can also be used (see IEC 60812 and IEC 60300-3-9).

The ranking represents one of the most important tasks in RCM analysis. Too conservative a ranking may lead to an excessive preventive maintenance programme, and conversely a lower ranking may result in excessive failures and a potential safety impact. In both cases, a non-optimized maintenance programme will result.

The outputs of this task are the following

- a) listing of system functional degradation/failures and their characteristics;
- b) ranking list of system functional degradation/failures.

5.1.3 Identification of functionally significant items (FSIs)

Based on the identification of system functions, functional degradation/failures and effects, and collective engineering judgement, it is possible to identify and develop a list of candidate FSIs. As said before, these are items whose failures could

- affect safety;
- be undetectable during normal operation;
- have significant operational impact;
- have significant economic impact.

The output of this task is a list of candidate FSIs.

5.2 Analyse des défaillances des éléments prépondérants de maintenance

Lorsqu'une nomenclature EPM a été établie, il convient d'utiliser une méthode telle qu'une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) (voir la CEI 60812) pour identifier les informations suivantes, nécessaires à l'évaluation de chaque EPM par la méthode de l'arbre logique. Les exemples suivants se réfèrent à la défaillance d'une pompe qui délivre un débit d'eau de refroidissement:

- a) **fonction**: les actions caractéristiques normales de l'élément (par exemple: alimenter un échangeur thermique en eau froide à un débit de 100 l/s à 240 l/s);
- b) **défaillance fonctionnelle**: comment un élément ne parvient plus à remplir sa fonction (par exemple: la pompe ne fournit plus le débit d'eau nécessaire);
- c) **cause de la défaillance**: la raison pour laquelle le mode de défaillance fonctionnelle se produit (par exemple: palier défaillant);
- d) **effet de la défaillance**: effet immédiat et sa conséquence la plus étendue pour chaque défaillance fonctionnelle (par exemple: refroidissement non adéquat conduisant à une surchauffe et à la défaillance du système).

L'analyse des défaillances des EPM est destinée à identifier les défaillances fonctionnelles ainsi que les causes de défaillance. Il convient de noter les défaillances qui ne sont pas considérées comme crédibles, telles que celles résultant exclusivement de vices de fabrication, les mécanismes de défaillances improbables ou les événements externes improbables, afin de mettre en évidence qu'elles ont été prises en considération; par ailleurs, il convient de spécifier les facteurs qui ont conduit à estimer ces défaillances comme non crédibles.

Avant d'appliquer l'analyse par arbre logique de décision à chaque EPM, il est d'abord nécessaire de remplir des fiches de travail qui définissent clairement l'entité EPM, ses fonctions, ses défaillances fonctionnelles, ses causes de défaillance, les effets de ses défaillances ainsi que tout renseignement pertinent se rapportant à l'entité (par exemple la référence du fabricant, une description succincte de l'entité, le taux de défaillance prévu ou mesuré, les fonctions cachées, la redondance, etc.). Il convient que ces fiches de travail soient conçues de manière à satisfaire aux exigences des utilisateurs. (L'annexe B comporte des exemples typiques des fiches de travail).

A partir de cette analyse, les EPM critiques (c'est-à-dire ceux qui ont à la fois des effets fonctionnels significatifs et une forte probabilité de défaillance, ou qui ont une probabilité moyenne de défaillance mais sont jugées critiques, ou qui font l'objet d'un volume important de maintenance corrective) peuvent être identifiés.

5.3 Détermination des tâches de maintenance (analyse par arbre logique de décision)

5.3.1 Généralités

L'approche utilisée afin d'identifier les tâches de maintenance préventive applicables et efficaces fournit un cheminement logique pour prendre en compte chaque défaillance fonctionnelle de l'EPM. L'arbre logique de décision (figures 3 et 4) utilise un groupe de questions séquentielles «OUI/NON» afin de classer ou caractériser chaque défaillance fonctionnelle. Les réponses aux questions «OUI/NON» déterminent la direction dans l'organigramme d'analyse et aident à déterminer les conséquences de la défaillance fonctionnelle de l'EPM qui peuvent être différentes pour chaque cause de défaillance. Une analyse plus poussée permet de déterminer s'il existe une tâche de maintenance applicable et efficace, qui permettrait d'empêcher ou d'atténuer ces conséquences. Les tâches résultantes et les intervalles associés constitueront le programme initial de maintenance programmée.

NOTE – L'utilisation, lors de l'analyse à l'aide de l'arbre logique de décision, d'informations inadéquates ou incomplètes, peut entraîner l'apparition de défaillances critiques pour la sécurité, dues à une maintenance inadéquate, inexistante ou inutile, ou à un accroissement des coûts dû à une activité de maintenance programmée mais inutile, ou les deux.

5.2 Functionally significant item failure analysis

Once an FSI list has been developed, a method such as failure modes and effects analysis (FMEA) (see IEC 60812) should be used to identify the following information which is necessary for the logic tree evaluation of each FSI. The following examples refer to the failure of a pump providing cooling water flow:

- a) **function**: the normal characteristic actions of the item (e.g. to provide cooling water flow at 100 l/s to 240 l/s to the heat exchanger);
- b) **functional failure**: how the item fails to perform its function (e.g. pump fails to provide required flow);
- c) **failure cause**: why the functional failure occurs (e.g. bearing failure);
- d) **failure effect**: what is the immediate effect and the wider consequence of each functional failure (e.g. inadequate cooling leading to over-heating and failure of the system).

The FSI failure analysis is intended to identify functional failures and failure causes. Failures not considered as credible, such as those resulting solely from undetected manufacturing faults, unlikely failure mechanisms or unlikely external occurrences, should be recorded as having been considered and the factors which caused them to be assessed as not credible should be stated.

Prior to applying the decision logic tree analysis to each FSI, preliminary worksheets need to be completed which clearly define the FSI, its functions, functional failures, failure causes, failure effects and any additional data pertinent to the item (e.g. manufacturer's part number, a brief description of the item, predicted or measured failure rate, hidden functions, redundancy, etc.). These worksheets should be designed to meet the user's requirements. (Typical examples of the worksheets are given in annex B).

From this analysis, the critical FSIs can be identified (i.e. those that have both significant functional effects and a high probability of failure, or have a medium probability of failure, but are judged critical or have a significantly poor maintenance record).

5.3 Maintenance task selection (decision logic tree analysis)

5.3.1 General

The approach used for identifying applicable and effective preventive maintenance tasks is one which provides a logic path for addressing each FSI functional failure. The decision logic tree (figures 3 and 4) uses a group of sequential "YES/NO" questions to classify or characterize each functional failure. The answers to the "YES/NO" questions determine the direction of the analysis flow and help to determine the consequences of the FSI functional failure, which may be different for each failure cause. Further progression of the analysis will ascertain if there is an applicable and effective maintenance task which will prevent or mitigate it. The resultant tasks and related intervals will form the initial scheduled maintenance programme.

NOTE – Proceeding with the logic tree analysis with inadequate or incomplete FSI failure information could lead to the occurrence of safety critical failures, due to inappropriate, omitted or unnecessary maintenance, to increased costs due to unnecessary scheduled maintenance activity, or both.

5.3.2 Niveaux d'analyse

Deux niveaux sont mis en évidence dans la logique de décision.

- a) Le premier niveau (questions 1, 2, 3 et 4) nécessite une évaluation de chaque dégradation/défaillance fonctionnelle afin de définir la catégorie de leur conséquence: effet évident sur la sécurité, effet évident sur l'exploitation, effet évident sur le coût direct, effet d'une panne cachée sur la sécurité ou effet d'une panne cachée n'affectant pas la sécurité, ou aucun effet.
- b) Le second niveau (questions 5, 6, 7, 8 et 9, A jusqu'à F, selon le cas applicable) prend en compte les causes de dégradation/défaillance pour chaque défaillance fonctionnelle, de manière à sélectionner le type de tâche spécifique.

5.3.3 Analyse de premier niveau (détermination des effets)

5.3.3.1 Généralités

La conséquence d'une défaillance (qui peut éventuellement inclure les dégradations) est évaluée au premier niveau en utilisant quatre questions fondamentales (figure 3).

NOTE – Il convient de ne pas entreprendre l'analyse de premier niveau tant que la compréhension complète et totale des défaillances fonctionnelles spécifiques n'a pas été établie.

– Question 1 - Défaillance fonctionnelle évidente ou cachée ?

Le but de cette question est de séparer les défaillances fonctionnelles évidentes de celles qui sont cachées et il convient qu'elle soit posée pour chaque défaillance fonctionnelle.

– Question 2 – Effet défavorable direct sur la sécurité en exploitation ?

Pour être directe, il convient que la défaillance fonctionnelle ou le dommage qui en résulte aient un effet par eux-mêmes et non par combinaison avec d'autres défaillances fonctionnelles. Un effet défavorable sur la sécurité en exploitation signifie des dommages ou la perte de l'équipement, un préjudice humain ou la mort d'homme ou qu'une combinaison de ces événements est une conséquence de la défaillance ou du dommage qui en résulte.

– Question 3 – Effet sur la sécurité de défaillances fonctionnelles cachées ?

Ce point précis prend en compte des défaillances pour lesquelles la perte d'une fonction cachée (dont la défaillance est inconnue de l'équipe d'exploitation) n'affecte pas par elle-même la sécurité mais qui cependant combinée à une défaillance fonctionnelle supplémentaire entraîne un effet défavorable sur la sécurité opérationnelle.

NOTE – Le personnel d'exploitation comprend toutes les équipes qualifiées, en service, qui sont directement impliquées dans l'utilisation de l'équipement.

– Question 4 – Effet défavorable direct sur l'aptitude à l'exploitation ?

Ce point pose la question de savoir si la défaillance fonctionnelle peut avoir un effet néfaste sur l'aptitude à l'exploitation:

- a) en nécessitant soit l'application de restrictions opérationnelles, soit une remise en état avant de poursuivre l'exploitation; ou
- b) en demandant à l'équipe d'exploitation d'utiliser des procédures incidentelles ou d'urgence.

5.3.4 Second niveau d'analyse (catégories d'effets)

L'application de la logique de décision des questions du premier niveau à chaque défaillance fonctionnelle conduit vers une catégorie d'effets appartenant à un groupe de cinq catégories décrites ci-dessous:

5.3.2 Levels of analysis

Two levels are apparent in the decision logic.

- a) The first level (questions 1, 2, 3 and 4) requires an evaluation of each functional degradation/failure for determination of the ultimate effect category, i.e. evident safety, evident operational, evident direct cost, hidden safety, hidden non-safety or none.
- b) The second level (questions 5, 6, 7, 8 and 9, A to F, as applicable) takes the failure causes for each functional degradation/failure into account in order to select the specific type of tasks.

5.3.3 First level analysis (determination of effects)

5.3.3.1 General

Consequence of failure (which could include degradation) is evaluated at the first level using four basic questions (figure 3).

NOTE – The analysis should not proceed through the first level unless there is a full and complete understanding of the particular functional failure.

– **Question 1 – Evident or hidden functional failure?**

The purpose of this question is to segregate the evident and hidden functional failures and should be asked for each functional failure.

– **Question 2 – Direct adverse effect on operating safety?**

To be direct, the functional failure or resulting secondary damage should achieve its effect by itself, not in combination with other functional failures. An adverse effect on operating safety implies that damage or loss of equipment, human injury or death, or some combination of these events is a likely consequence of the failure or resulting secondary damage.

– **Question 3 – Hidden functional failure safety effect?**

This question takes into account failures in which the loss of a hidden function (whose failure is unknown to the operating personnel) does not of itself affect safety, but in combination with an additional functional failure, has an adverse effect on operating safety.

NOTE – The operating personnel consist of all qualified staff who are on duty and who are directly involved in the use of the equipment.

– **Question 4 – Direct adverse effect on operating capability?**

This question asks if the functional failure could have an adverse effect on operating capability:

- a) requiring either the imposition of operating restrictions or correction prior to further operation; or
- b) requiring the operating personnel to use abnormal or emergency procedures.

5.3.4 Second level analysis (effects categories)

Applying the decision logic of the first level questions to each functional failure leads to one of five effect categories, as follows:

– **Effets évidents sur la sécurité – Questions 5A à 5E**

Il convient que cette catégorie soit abordée en admettant qu'une ou des tâches sont nécessaires pour assurer la sécurité de l'exploitation. Toutes les questions appartenant à cette catégorie doivent être posées. Si cette analyse montre qu'il n'existe aucune action applicable et efficace, il faut obligatoirement procéder à une redéfinition de la conception.

– **Effets évidents en exploitation – Questions 6A à 6D**

Une tâche est souhaitable si elle réduit le risque de défaillance à un niveau acceptable. Si au sein du processus logique toutes les réponses sont «NON», aucune tâche de maintenance préventive n'est créée. Si les pénalités en exploitation sont importantes, une redéfinition de la conception est souhaitable.

– **Effets évidents sur les coûts directs – Questions 7A à 7D**

Une tâche est souhaitable à condition que le coût de la tâche soit inférieur au coût de la réparation. Si, dans le processus logique, toutes les réponses sont «NON», aucune tâche de maintenance préventive n'est créée. Si les pénalités économiques sont importantes, une redéfinition de la conception peut être souhaitable.

– **Effets des fonctions cachées sur la sécurité – Questions 8A à 8F**

Les effets d'une fonction cachée sur la sécurité nécessitent une tâche destinée à assurer la disponibilité nécessaire pour supprimer l'effet de défaillances multiples sur la sécurité. Il convient que toutes les questions soient posées. S'il n'existe pas de tâche efficace, alors une redéfinition de la conception est obligatoire.

– **Effets des fonctions cachées n'affectant pas la sécurité – Questions 9A à 9E**

Cette catégorie montre qu'une tâche peut être souhaitable pour assurer la disponibilité nécessaire pour éviter les effets sur les coûts directs résultant de défaillances multiples. Si, au sein du processus logique, toutes les réponses sont «NON», aucune tâche de maintenance préventive n'est créée. Si les pénalités économiques sont fortes, une reprise de la conception est souhaitable.

– **Evident safety effects – Questions 5A to 5E**

This category should be approached with the understanding that a task (or tasks) is required to ensure safe operation. All questions in this category need to be asked. If no applicable and effective task results from this category analysis, then re-design is mandatory.

– **Evident operational effects – Questions 6A to 6D**

A task is desirable if it reduces the risk of failure to an acceptable level. If all answers are "NO" in the logic process, no preventive maintenance task is generated. If operational penalties are severe, a redesign is desirable.

– **Evident direct cost effects – Questions 7A to 7D**

A task is desirable if the cost of the task is less than the cost of repair. If all answers are "NO" in the logic process, no preventive maintenance task is generated. If the cost penalties are severe, a redesign may be desirable.

– **Hidden function safety effects – Questions 8A to 8F**

The hidden function safety effect requires a task to ensure the availability necessary to avoid the safety effect of multiple failures. All questions should be asked. If no applicable and effective tasks are found, then redesign is mandatory.

– **Hidden function non-safety effects – Questions 9A to 9E**

This category indicates that a task may be desirable to assure the availability necessary to avoid the direct cost effects of multiple failures. If all answers are "NO" in the logic process, no preventive maintenance task is generated. If economic penalties are severe, a redesign may be desirable.

With IEC NORM.COM : Click to view the full text of IEC 60300-3-11:1999

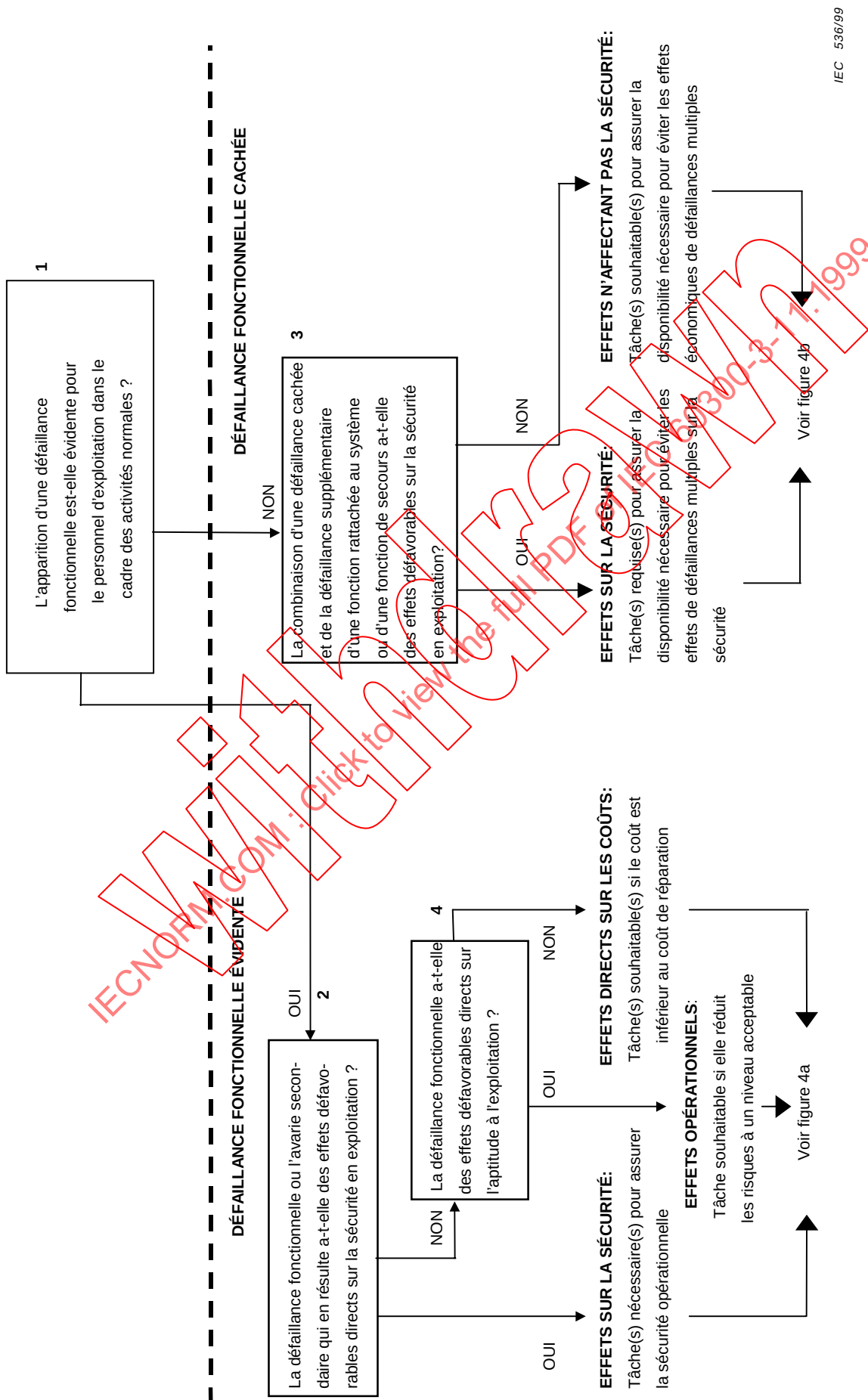


Figure 3 – Arbre de décision logique MBF – Niveau 1 – Effets des défaillances fonctionnelles

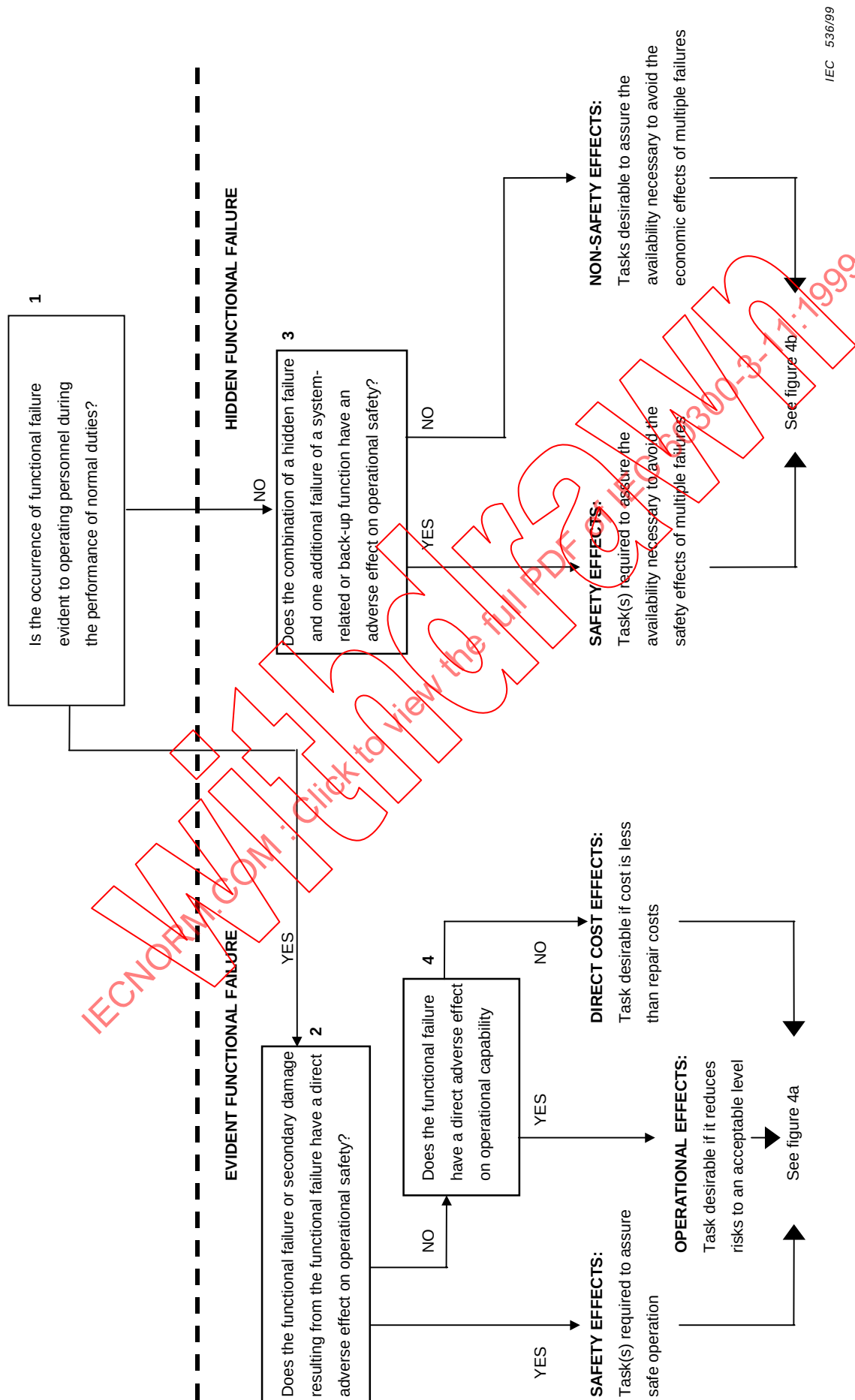


Figure 3 – RCM decision logic tree – Level 1 – Effects of functional failures

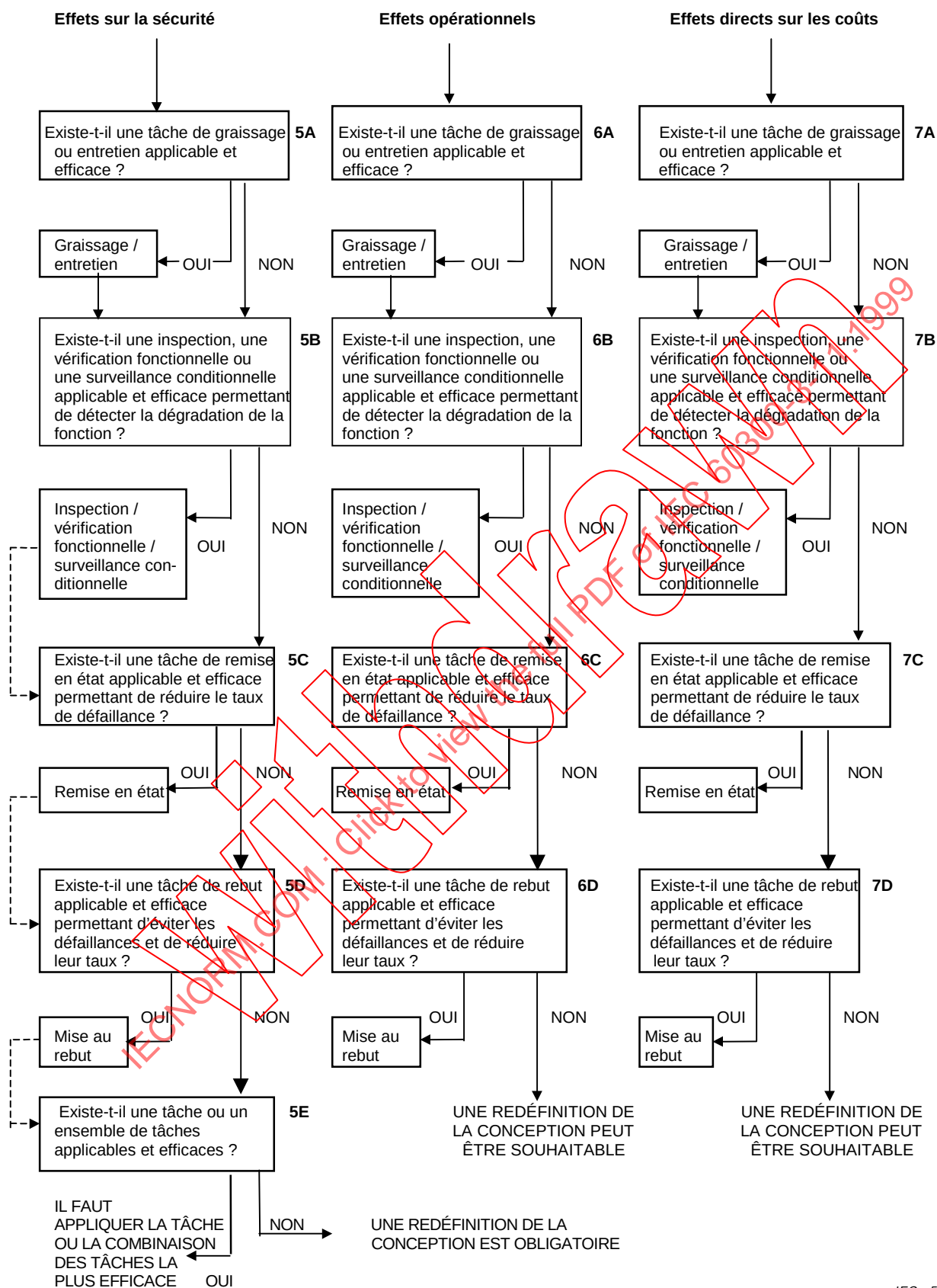


Figure 4a – Arbre de décision logique MBF – Niveau 2 – Catégories d'effets et détermination des tâches

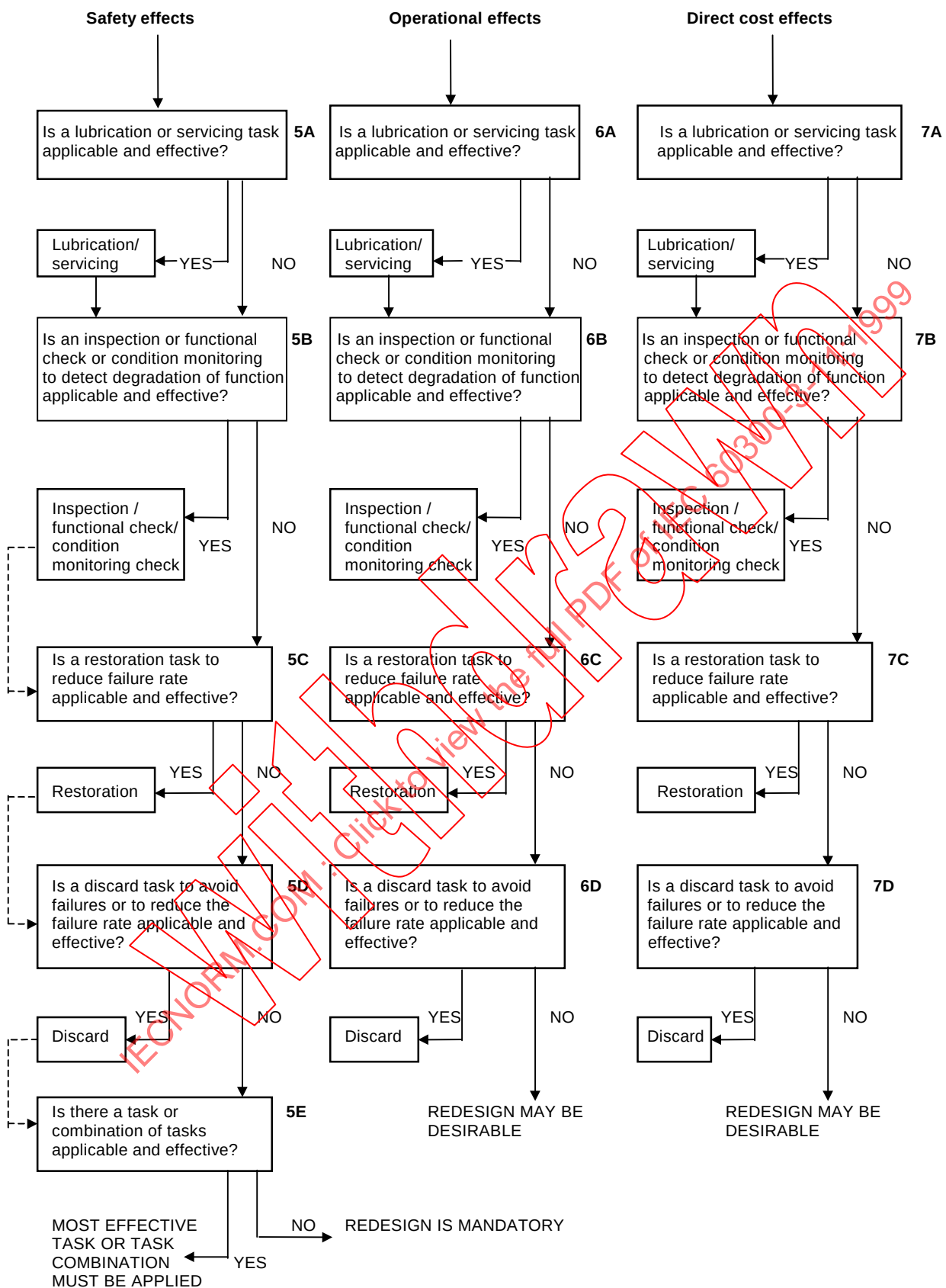


Figure 4a – RCM decision logic tree – Level 2 – Effects categories and task determination

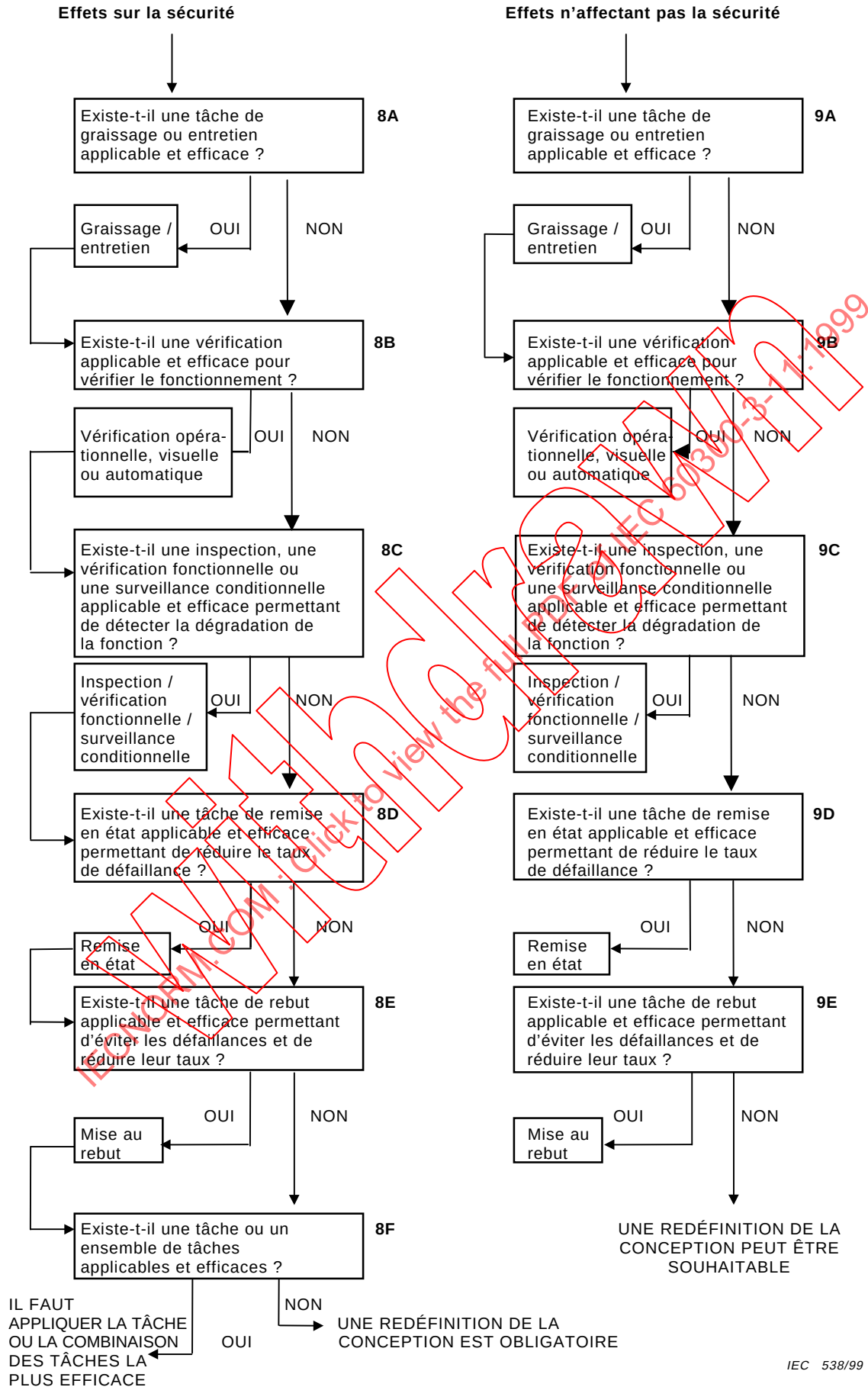


**Figure 4b – Arbre de décision logique MBF – Niveau 2 –
Catégories d'effets et détermination des tâches**

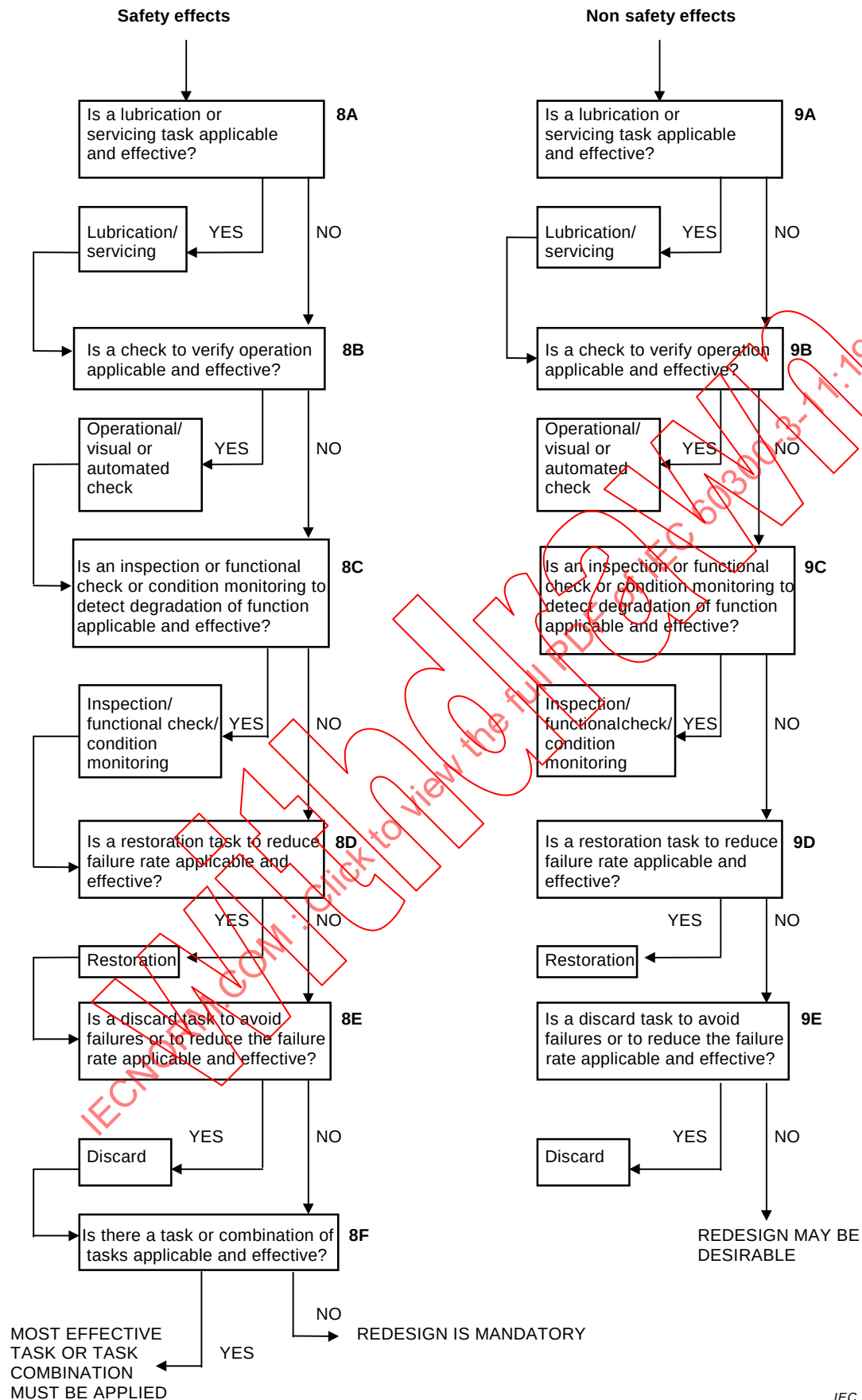


Figure 4b – RCM decision logic tree – Level 2 – Effects categories and task determination

5.3.5 Détermination des tâches

5.3.5.1 Généralités

La détermination des tâches est conduite de façon similaire pour chacune des cinq catégories d'effets. Il est nécessaire, pour la détermination des tâches, d'appliquer les causes des défaillances fonctionnelles au second niveau de l'organigramme logique. Il a été identifié sept questions relatives aux catégories d'effets qui débouchent sur des tâches, bien que des tâches supplémentaires, des tâches modifiées ou qu'une modification de la définition d'une tâche puissent être justifiées, en fonction des besoins de chaque industrie.

5.3.5.2 Cheminement en parallèle et logique des défauts

Le cheminement en parallèle et la logique des défauts jouent un rôle essentiel au niveau 2. Indépendamment de la réponse à la première question concernant la rubrique «Graissage/Entretien», il convient que la question suivante relative à la sélection des tâches soit posée dans tous les cas. Lorsque l'on suit le cheminement concernant les effets des défauts évidents ou cachés sur la sécurité, il convient que toutes les questions suivantes soient posées. Pour les catégories restantes, une réponse par «OUI» à la première question permettra de quitter la structure logique. (L'utilisateur peut, s'il le souhaite, poser les questions suivantes après une réponse par «OUI», si cela est autorisé, mais à la condition expresse que le coût de la tâche soit égal au coût de la défaillance évitée).

– Logique des défauts

La logique des défauts se traduit, pour les cheminements situés en dehors des domaines ayant des effets sur la sécurité, par l'agencement de la logique de sélection des tâches. En l'absence d'informations adéquates permettant de répondre par «OUI» ou par «NON» à des questions situées dans le second niveau, la logique des défauts veut que la réponse soit «NON» et que les questions suivantes soient posées. Au fur et à mesure que des réponses «NON» sont données, le seul choix disponible réside dans la question suivante, qui prévoit, dans la plupart des cas, un cheminement plus prudent, plus rigoureux et/ou plus coûteux.

– Nouvelle conception

Une nouvelle conception est obligatoire pour des défaillances qui tombent dans la catégorie des «effets sur la sécurité» (évidents ou cachés) et pour lesquels il n'existe aucune tâche applicable et efficace.

5.3.5.3 Tâches de maintenance

Les explications relatives aux termes utilisés dans les tâches de maintenance possibles sont données ci-dessous.

a) Graissage/entretien (toutes les catégories)

Cette tâche comprend toute opération de graissage ou d'entretien effectuée dans le but de préserver les aptitudes intrinsèques de la conception.

b) Vérification opérationnelle/visuelle/automatique (uniquement pour la catégorie de défaillances fonctionnelles cachées)

Une vérification opérationnelle est une tâche dont le but est de s'assurer qu'un élément remplit la fonction pour laquelle il a été prévu. Les vérifications quantitatives ne sont pas exigées, mais il s'agit d'une tâche de détection de défaillances. Une vérification visuelle est une observation servant à déterminer si l'élément remplit la fonction pour laquelle il a été conçu. Les tolérances quantitatives ne sont pas exigées, mais il s'agit également d'une tâche de détection de pannes. La vérification visuelle peut également comprendre la consultation de dispositifs électroniques qui enregistrent les données relatives aux défaillances.

5.3.5 Task determination

5.3.5.1 General

Task determination is handled in a similar manner for each of the five effect categories. For task determination, it is necessary to apply the failure causes for the functional failure to the second level of the logic diagram. Seven possible task resultant questions in the effect categories have been identified, although additional tasks, modified tasks or modified task definition may be warranted, depending on the needs of particular industries.

5.3.5.2 Paralleling and default logic

Paralleling and default logic play an essential role at level 2. Regardless of the answer to the first question regarding "lubrication/servicing", the next task selection question should be asked in all cases. When following the hidden or evident safety effects path, all subsequent questions should be asked. In the remaining categories, subsequent to the first question, a "YES" answer will allow exiting the logic. (At the user's option, advancement is allowable to subsequent questions after a "YES" answer is derived, but only if the cost of the task is equal to the cost of the failure prevented).

– Default logic

Default logic is reflected in paths outside the safety effects areas by the arrangement of the task selection logic. In the absence of adequate information to answer "YES" or "NO" to questions in the second level, default logic dictates that a "NO" answer be given and the subsequent questions be asked. As "NO" answers are generated, the only choice available is the next question, which in most cases provides a more conservative, stringent and/or costly route.

– Redesign

Re-design is mandatory for failures which fall into the safety effects category (evident or hidden) and for which there are no applicable and effective tasks.

5.3.5.3 Maintenance tasks

Explanations of the terms used in the possible tasks are as follows:

a) Lubrication/servicing (all categories)

This involves any act of lubricating or servicing for the purpose of maintaining inherent design capabilities.

b) Operational/visual/automated check (hidden functional failure categories only)

An operational check is a task to determine that an item is fulfilling its intended purpose. It does not require quantitative checks and is a failure finding task. A visual check is an observation to determine that an item is fulfilling its intended purpose and does not require quantitative tolerances. This, again, is a failure finding task. The visual check could also involve interrogating electronic units which store failure data.

c) Inspection/vérification fonctionnelle/surveillance conditionnelle (toutes catégories)

Une inspection est un examen de l'élément par rapport à un standard donné. Une vérification fonctionnelle est une vérification quantitative effectuée dans le but de déterminer si une ou plusieurs fonctions d'un élément se trouvent à l'intérieur des limites spécifiées. Une surveillance conditionnelle est une tâche, effectuée de façon permanente ou périodique, qui consiste à surveiller l'état d'un élément en fonctionnement, par rapport à des paramètres prédéfinis.

Tableau 1 – Critères de sélection des tâches

TÂCHE	CRITÈRE D'APPLICABILITÉ	CRITÈRE D'EFFICACITÉ		
		SÉCURITÉ	OPÉRATIONNEL	ÉCONOMIE
GRAISSAGE OU ENTRETIEN	Le remplissage de produit consommable doit réduire la cadence d'évolution de la détérioration.	La tâche doit réduire le risque de défaillance.	La tâche doit réduire le risque de défaillance à un niveau acceptable.	La tâche doit être économiquement rentable.
VÉRIFICATION OPÉRATIONNELLE VISUELLE OU AUTOMATIQUE	L'identification de la défaillance doit être possible.	La tâche doit assurer une disponibilité suffisante de la fonction cachée pour réduire le risque de défaillance multiple.	Sans objet	La tâche doit assurer une disponibilité suffisante de la fonction cachée pour éviter les effets économiques des défaillances multiples et avoir un rapport efficacité/ coût favorable.
INSPECTION OU VÉRIFICATION FONCTIONNELLE OU SURVEILLANCE CONDITIONNELLE	La réduction de la résistance à la défaillance doit être décelable et le taux d'évolution de cette réduction doit être prévisible.	La tâche doit réduire le risque de défaillance afin d'assurer la sécurité du fonctionnement.	La tâche doit réduire le risque de défaillance à un niveau acceptable.	La tâche doit présenter un rapport efficacité/coût intéressant; cela veut dire que son coût doit être inférieur à celui de la défaillance évitée.
REMISE EN ÉTAT	L'âge auquel l'élément manifeste des caractéristiques de dégradation fonctionnelle doit être connu et un grand pourcentage de ces éléments doit survivre à cet âge. Il doit pouvoir être possible de ramener l'article à un standard donné de résistance à la défaillance.	La tâche doit réduire le risque de défaillance afin d'assurer la sécurité du fonctionnement.	La tâche doit réduire le risque de défaillance à un niveau acceptable.	La tâche doit présenter un rapport efficacité/coût intéressant; cela veut dire que son coût doit être inférieur à celui de la défaillance évitée.
MISE AU REBUT	L'âge auquel l'élément manifeste des caractéristiques de dégradation fonctionnelle doit être connu et un grand pourcentage de ces éléments doit survivre à cet âge.	Une limite de durée de vie sûre doit réduire le risque de défaillance afin d'assurer la sécurité du fonctionnement.	La tâche doit réduire le risque de défaillance à un niveau acceptable.	Une limite de durée de vie économique doit présenter un rapport efficacité/ coût intéressant; cela veut dire que son coût doit être inférieur aux coûts des défaillances qu'elle permet d'éviter.

c) Inspection/functional check/condition monitoring (all categories)

An inspection is an examination of an item against a specific standard. A functional check is a quantitative check to determine if one or more functions of an item performs within specified limits. Condition monitoring is a task which may be continuous or periodic to monitor the condition of an item in operation against pre-set parameters.

Table 1 – Task selection criteria

TASK	APPLICATION CRITERIA	EFFECTIVENESS CRITERIA		
		SAFETY	OPERATIONAL	DIRECT COST
LUBRICATION OR SERVICING	The replenishment of the consumable shall reduce the rate of functional deterioration.	The task shall reduce the risk of failure.	The task shall reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task shall be cost-effective.
OPERATIONAL, VISUAL OR AUTOMATED CHECK	Identification of the failure shall be possible.	The task shall ensure adequate availability of the hidden function to reduce the risk of multiple failure.	Not applicable	The task shall ensure adequate availability of the hidden function in order to avoid economic effects of multiple failures and shall be cost-effective.
INSPECTION, FUNCTIONAL CHECK OR CONDITION MONITORING	Reduced resistance to failure shall be detectable and rate of reduction in failure resistance shall be predictable.	The task shall reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task shall reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task shall be cost-effective; i.e. the cost of the task shall be less than the cost of the failure prevented.
RESTORATION	The item shall show functional degradation characteristics at an identifiable age and a large proportion of units shall survive to that age. It shall be possible to restore the item to a specific standard of failure resistance.	The task shall reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task shall reduce the risk of failure to an acceptable level.	The task shall be cost-effective; i.e. the cost of the task shall be less than the cost of the failure prevented.
DISCARD	The item shall show functional degradation characteristics at an identifiable age and a large proportion of units shall survive to that age.	A safe-life limit shall reduce the risk of failure to assure safe operation.	The task shall reduce the risk of failure to an acceptable level.	An economic life limit shall be cost-effective; i.e. the cost of the task shall be less than the cost of the failures prevented.

d) Remise en état (toutes les catégories)

Une remise en état consiste à exécuter les travaux nécessaires pour ramener l'élément à un standard donné. Puisque la remise en état peut aller du simple nettoyage ou remplacement d'une pièce unique, jusqu'à une révision générale complète, il est nécessaire de spécifier le contenu de chaque tâche de remise en état.

e) Mise au rebut (toutes les catégories)

Une mise au rebut consiste à retirer du service un élément, lorsque sa limite spécifiée de durée de vie est atteinte. Les tâches de mise au rebut s'appliquent généralement à des pièces dites consommables ou «d'un seul bloc» tels que des cartouches, des boîtes métalliques, des vérins, des disques de turbines, des éléments structuraux à durée de vie sûre, etc.

f) Combinaison (catégories affectant la sécurité)

Etant donné que la question concerne une catégorie de pannes liées à la sécurité, il convient que toutes les solutions possibles soient examinées. Pour cela, il est nécessaire de se livrer à un examen des tâches applicables. Il convient de choisir, à partir de cet examen, les tâches les plus efficaces.

g) Pas de tâche (toutes catégories)

En fonction des conséquences possibles, il peut être décidé qu'aucune tâche n'est spécifiée dans certaines situations.

La mise en oeuvre de chacune des tâches possibles définies ci-dessus repose sur ses propres critères d'applicabilité et d'efficacité.

Le tableau 1 résume ces critères de sélection des tâches.

5.3.6 Fréquences/périodicités des tâches

De manière à fixer la périodicité des tâches, il est nécessaire de déterminer s'il existe des données de retour d'expérience applicables qui suggèrent une périodicité efficace pour l'exécution des tâches. L'information appropriée peut consister en un (ou plusieurs) des éléments suivants:

- a) expérience préalablement acquise sur d'autres systèmes et démontrant qu'une tâche de maintenance programmée a apporté une preuve suffisante de son efficacité, de sa faisabilité et de son intérêt économique;
- b) des résultats d'essais en provenance du fabricant/constructeur, indiquant qu'une tâche de maintenance programmée sera applicable et efficace pour l'élément concerné;
- c) des données de fiabilité et des prévisions de fiabilité.

Lors de la définition des périodicités de maintenance, il est nécessaire de prendre en considération les aspects de sécurité et de coût. Il convient que les inspections programmées et les périodicités de remplacement coïncident chaque fois que cela est possible et il convient que les tâches soient regroupées pour en réduire l'effet sur l'exploitation.

Les périodicités de remplacement liées à la sécurité peuvent être établies à partir de la fonction de répartition des défaillances de l'entité en choisissant une périodicité de remplacement qui implique une très faible probabilité de défaillance avant les interventions de remplacement. Lorsqu'une défaillance ne provoque pas de danger impliquant la sécurité, mais seulement une perte de la disponibilité, la périodicité de remplacement est établie selon un processus d'analyse de compromis entre le coût du remplacement de l'élément, le coût de la défaillance et l'exigence de disponibilité de l'équipement.

d) Restoration (all categories)

Restoration is the work necessary to return the item to a specific standard. Since restoration may vary from cleaning or replacement of single parts up to a complete overhaul, the scope of each assigned restoration task has to be specified.

e) Discard (all categories)

Discard is the removal from service of an item at a specified life limit. Discard tasks are normally applied to so-called single-cell parts such as cartridges, canisters, cylinders, turbine disks, safe-life structural members, etc.

f) Combination (safety categories)

Since this is a safety category question and a task is required, all possible avenues should be analyzed. To do this, a review of the tasks which are applicable is necessary. From this review, the most effective tasks should be selected.

g) No task (all categories)

It may be decided that no task is required in some situations, depending on the effect.

Each of the possible tasks defined above is based upon its own applicability and effectiveness criteria.

Table 1 summarizes these task selection criteria.

5.3.6 Task frequencies/intervals

In order to set a task frequency or interval, it is necessary to determine the existence of applicable operational experience data which suggest an effective interval for task accomplishment. Appropriate information may be obtained from one or more of the following:

- a) prior knowledge from other similar equipment which shows that a scheduled maintenance task has offered substantial evidence of being applicable, effective and economically worthwhile;
- b) manufacturer/supplier test data which indicate that a scheduled maintenance task will be applicable and effective for the item being evaluated;
- c) reliability data and predictions.

Safety and cost considerations need to be addressed in establishing the maintenance intervals. Scheduled inspections and replacement intervals should coincide whenever possible, and tasks should be grouped to reduce the operational impact.

The safety replacement interval can be established from the cumulative failure distribution for the item by choosing a replacement interval which results in an extremely low probability of failure prior to replacement. Where a failure does not cause a safety hazard, but causes loss of availability, the replacement interval is established in a trade-off process involving the cost of replacement components, the cost of failure and the availability requirement of the equipment.

Il existe des modèles mathématiques pour déterminer la fréquence et la périodicité des tâches, mais ces modèles dépendent de la disponibilité de l'information appropriée. Ces informations sont spécifiques des industries particulières et il convient que ces normes industrielles et les relevés de données correspondantes soient consultés de manière appropriée.

Si les données de fiabilité sont insuffisantes, ou qu'il n'y a pas de connaissance préalable relative à un équipement similaire, ou si la similarité est insuffisante entre l'ancien et le nouveau système, la périodicité des tâches peut seulement être établie initialement par du personnel qualifié ayant un bon jugement et une bonne expérience en exploitation joints aux meilleures données d'exploitation disponibles et aux données économiques adéquates.

5.4 Programme de maintenance

5.4.1 Programme de maintenance initial

Les résultats du processus de décision sont présentés de façon détaillée afin de constituer le programme de maintenance et traduits sous forme d'une procédure à partir de laquelle il est possible de mettre en œuvre un programme de maintenance préventive basée sur la MBF.

Le programme de maintenance initial est basé sur l'information la meilleure possible disponible avant que l'équipement ne soit mis en service. Les exigences de maintenance induites par le programme de maintenance initial peuvent être particulières à certains utilisateurs individuels et peuvent nécessiter une approbation des autorités réglementaires pour leur application.

5.4.2 Programme de maintenance en exploitation

Lorsque l'équipement est utilisé, il convient que le programme de maintenance initial évolue vers un programme de maintenance en exploitation. Cette évolution apparaît lorsque le programme de maintenance initial est revu par l'organisation responsable de l'exploitation, sur la base de l'expérience acquise et des défaillances survenues en exploitation de l'équipement.

Pour effectuer cette révision tout au long de la vie de l'équipement, il convient que l'organisation responsable de l'exploitation soit en mesure de recueillir les données historiques relatives aux défaillances en exploitation. Ces données comprennent les instants et dates des défaillances, les causes de défaillance, les durées de maintenance, etc., tout au long de l'exploitation de l'équipement. La vitesse des dégradations et la satisfaction des exigences d'exploitation peuvent aussi être déterminées en surveillant l'état d'éléments spécifiques. Il est alors possible d'utiliser l'expérience ainsi acquise pour améliorer le programme de maintenance en examinant à quel point une tâche est efficace, en considérant sa périodicité et en mesurant son coût par rapport au coût de la défaillance qu'elle évite.

5.4.3 Documentation

Il convient que tous les efforts soient faits très tôt dans le développement d'un programme de maintenance afin d'instituer une procédure pour documenter électroniquement les résultats des analyses MBF et toutes les modifications apportées en exploitation. Des logiciels du commerce, particulièrement dans le domaine du soutien logistique intégré (SLI), sont disponibles pour documenter, tout au long du cycle de vie de l'équipement, les informations importantes liées au contexte du processus de prise de décision, ce qui aide, par exemple, à déterminer pourquoi une tâche a été mise en place ou, par la suite, modifiée.

5.4.4 Programmes d'exploration du vieillissement

Le but des programmes d'exploration du vieillissement est de surveiller l'équipement en exploitation afin de détecter les signes de détérioration. Les programmes d'exploration du vieillissement nécessitent le recueil des données sur les défaillances et les problèmes de maintenance à partir de l'expérience pratique. Ils fournissent le retour d'expérience nécessaire pour évaluer l'efficacité du programme de maintenance sous les angles de l'efficacité et de l'applicabilité des tâches de maintenance sélectionnées et de leur fréquence, et en termes de besoins pour les nouvelles tâches de maintenance.

Mathematical models exist for determining task frequencies and intervals, but these models depend on the availability of the appropriate data. This data will be specific to particular industries and those industry standards and data sheets should be consulted as appropriate.

If there is insufficient reliability data, or no prior knowledge from other similar equipment, or if there is insufficient similarity between the previous and current systems, the task interval frequency can only be established initially by experienced personnel using good judgement and operating experience in concert with the best available operating data and relevant cost data.

5.4 Maintenance programme

5.4.1 Initial maintenance programme

The results of the decision analysis are defined in specific detail, to allow the scheduled maintenance plan to be constituted and translated into a procedure by which an RCM based preventive maintenance programme can be implemented.

The initial maintenance programme is based on the best possible information available before the equipment goes into service. The maintenance requirements generated by the initial maintenance programme may be unique to individual users and may require applicable regulatory authority approval.

5.4.2 In-service maintenance programme

As the equipment is used, the initial maintenance programme should evolve into an in-service maintenance programme. This evolution occurs as the initial programme is revised by the operating organization, based on the experience gained and in-service failures that result from operating the equipment.

To make these revisions throughout the life of the equipment, the operating organization should be able to collect in-service failure history data. These data include failure times and dates, failure causes, maintenance times, etc., throughout the equipment operating life. Degradation rates and service requirements can also be determined by monitoring the condition of specific components. Experience can then be used to improve the maintenance programme by examining how effective a task is, by considering its frequency, and by measuring its cost against the cost of the failure it prevents.

5.4.3 Documentation

Every effort should be made early in the development of a maintenance programme to institute a procedure for documenting electronically the results of the RCM analysis and all in-service modifications. Commercial software, particularly in the field of integrated logistic support (ILS), is available to document, throughout the life of the equipment, important background information used in the decision-making process, which, for example, assists in determining why a task was put in place or later modified.

5.4.4 Age exploration programmes

The purpose of age exploration programmes is to monitor operating equipment to detect signs of deterioration. Age exploration involves the collection of failure data to identify reliability and maintenance problems based on actual experience. It provides feedback to evaluate the effectiveness of the maintenance programme in terms of the applicability and effectiveness of selected maintenance tasks and their frequency, and in terms of the need for new maintenance tasks.

Deux méthodes classiques peuvent être utilisées pour obtenir des données relatives à l'exploration du vieillissement:

- a) **concept de précurseur:** les quelques premiers éléments d'un équipement sortant de la chaîne de fabrication sont utilisés de façon intensive. Cela permet l'identification précoce des modes dominants de défaillance, ainsi que des mécanismes d'usure. Les problèmes de conception sont ainsi rapidement identifiés;
- b) **méthode d'échantillonnage:** un échantillon de population du système est étroitement surveillé.

5.5 Programme d'inspection de zones

Le programme d'inspection de zones implique une revue sommaire de chacune des zones de l'équipement et des structures. Cela se produit normalement au fur et à mesure que les analyses de MBF concernant les structures et les sous-systèmes aboutissent (voir A.10).

Two common methods can be used to generate data for age exploration programmes, as follows:

- a) **lead concept:** the first few items of equipment coming off the assembly line are used extensively. This allows the early identification of dominant failure modes and wear-out patterns. It identifies design problems quickly;
- b) **sample data collection:** a sample of a population system is closely monitored.

5.5 Zonal inspection programme

The zonal inspection programme requires a summary review of each zone of the equipment systems. This normally occurs as the RCM analyses of the subsystems and structures are being concluded (see A.10).

Annexe A **(normative)**

Développement du programme de maintenance – Structures

A.1 Généralités

Cette annexe contient les lignes directrices pour le développement des tâches de maintenance programmée concernant les structures. Ces lignes directrices sont élaborées sur la base des pratiques en usage dans l'industrie aéronautique en ce qui concerne les structures d'avions (MSG-3), mais elles sont également considérées comme utiles pour des structures critiques employées dans d'autres industries. Elles sont conçues pour relier les tâches de maintenance programmée aux conséquences des dommages structuraux non détectés. Chaque élément structural est estimé en termes d'importance pour continuer à fonctionner de façon sûre, de sa susceptibilité à toute forme de dommage et au degré de difficulté rencontrée dans la détection de ces dommages. Une fois cela établi, un programme de maintenance est déterminé, qui assurera un fonctionnement permanent sûr, en fournissant les moyens de démontrer qu'une défaillance catastrophique due à la fatigue, à la corrosion ou à un dommage accidentel sera évitée pour toute la durée de vie opérationnelle de la structure.

Les exigences relatives à la détection des dommages accidentels (DA), des détériorations dues à l'environnement (DE), ainsi que des dommages dus à la fatigue (DF) constituent les bases d'un programme de contrôle de structures. Cependant, les exigences de contrôle complètes relatives aux DF peuvent ne pas être totalement disponibles lorsque l'équipement est mis en service pour la première fois. Dans ces cas-là, le constructeur doit proposer un calendrier approprié (nécessitant l'approbation d'une autorité habilitée) avant de mettre en service des structures, pour répondre aux exigences de contrôle des DF.

Il peut se révéler nécessaire de mettre au point des procédures concernant les matériaux composites ou nouveaux matériaux s'ils sont utilisés comme structure primaire d'équipement car les caractéristiques de dommage peuvent ne pas suivre les caractéristiques acceptées pour les structures métalliques.

A.2 Structures

A des fins d'analyse, la structure d'équipement comprend tous les éléments soumis à des charges (y compris ceux utilisés pour les fluides sous pression, la propulsion, ainsi que les charges dynamiques). Ces éléments comprennent les récipients sous pression, les tubes sous pression, les supports, les structures utilisées dans le génie civil, les châssis de véhicules, les suspensions, les coques, ainsi que les composants utilisés dans les avions tels que les ailes, le train d'atterrissage, les surfaces mobiles pour le contrôle du vol, etc., et les points d'ancrage correspondants. Ces éléments, dans l'ensemble, ne sont pas modifiés de façon substantielle pendant la durée de vie de la structure. La plupart de ces structures installées au sol, dont le poids n'est pas critique, sont conçues pour durer plus longtemps que la durée de vie prévue de l'équipement.

Les structures sont classées dans l'une ou l'autre des deux catégories, en fonction de la conséquence de leurs défaillances sur la sécurité comme suit:

- a) un élément prépondérant de structure (EPS) (primaire) est un détail, élément ou ensemble, qui contribue de façon significative à supporter les efforts et charges dus au fonctionnement, à la pesanteur, à l'aérodynamisme, à l'hydrodynamisme, au sol, à la pression et aux manœuvres, et dont la défaillance pourrait affecter l'intégrité structurale nécessaire à la sécurité de l'équipement et des structures;

Annex A **(normative)**

Maintenance programme development – Structures

A.1 General

This annex contains guidelines for developing scheduled maintenance tasks for structures. These guidelines are based on aviation industry practices for aircraft structures (MSG-3), but are judged to be useful for critical structures in other industries. They are designed to relate the scheduled maintenance tasks to the consequences of structural damage remaining undetected. Each structural item is assessed in terms of its significance to continuing safe operation, susceptibility to any form of damage and the degree of difficulty involved in detecting such damage. Once this is established, a maintenance programme is determined which will assure continued safe operation by providing the means to demonstrate that catastrophic failure due to fatigue, corrosion or accidental damage will be avoided throughout the structure's operational life.

Requirements for detecting accidental damage (AD), environmental deterioration (ED) and fatigue damage (FD) form the basis of a structural inspection programme. Complete FD inspection requirements, however, may not be available when the equipment is first put in to operation. In such cases, the manufacturer shall propose an appropriate time frame (requiring regulatory authority approval), prior to initial operation of the structures, for completing the FD inspection requirements.

Procedures may have to be developed for composite or new materials, if used as primary equipment structure, since damage characteristics may not follow those accepted for metallic structures.

A.2 Structures

For analysis purposes, the structures consist of all load-carrying members (including those for fluid pressure, propulsion, and dynamic loads). These members include pressure vessels, pressure tubes, hangers, civil structures, vehicle frames, suspensions, hulls, as well as aircraft components such as wings, landing gear, flight control surfaces, etc., and related points of attachment. These structures as a whole do not substantially change over the life of the structure. Most ground-based structures, where weight is not critical, are designed to last longer than the expected equipment life.

Structures are classified into one of two categories, depending on the consequences of their failure on safety, as follows:

- a) a structurally significant item (SSI) (primary) is any detail, element or assembly, which contributes significantly to carrying operating, gravity, aerodynamic, hydrodynamic, ground, pressure or control loads and whose failure could affect the safety critical structure of the equipment and structures;

- b) la structure complémentaire (secondaire) est celle qui n'est pas jugée prépondérante. Elle est définie à la fois de façon externe et interne par des limites de zones.

Le but de la maintenance programmée concernant les structures est fonction de la philosophie de conception de l'élément qui est analysé: durée de vie sûre ou bien tolérant aux dommages (comme défini à l'article 3). Pour un élément de structure à vie sûre, l'objectif principal est d'empêcher la première défaillance. Pour un élément de structure tolérant aux dommages, l'objectif majeur est de détecter les défaillances naissantes. Du fait que la défaillance d'un élément important supportant une charge aura un effet direct défavorable sur la sécurité, les conséquences de la défaillance d'éléments prépondérants de structure (EPS) sont toujours critiques vis-à-vis de la sécurité. Une logique séparée est retenue pour les EPS. Cette logique procède à l'identification des exigences de contrôle des structures en se basant sur le fait de savoir si la philosophie de conception de l'EPS est à vie sûre ou bien tolérante aux détériorations.

Les parties mobiles commandées d'éléments reliés à la structure sont traitées comme des composants de système, et doivent être analysées comme cela est décrit en 5.1.

A.3 Eléments de structure à vie sûre

Les éléments de structure à vie sûre ont une durée de vie en service sûre. Avec ce type de structure, une seule défaillance peut être catastrophique. La sécurité est assurée de deux façons:

- a) en construisant la structure avec de grandes marges de résistance supérieures aux contraintes prévues; et
- b) en limitant la durée de vie de la structure à une vie sûre, inférieure à celle pour laquelle la structure a été essayée en laboratoire. Pour ce type de structure, un symptôme de défaillance ne peut être détecté: par exemple la vitesse de propagation de la fissure est trop grande pour permettre de réaliser plusieurs contrôles avant défaillance. Pour de telles raisons, les éléments à vie sûre sont remplacés ou bien modifiés avant d'atteindre l'âge limite auquel les défaillances sont attendues.

A.4 Eléments structureaux tolérants aux dommages

Le principe de conception de tolérance aux dommages nécessite ce qui suit:

- lorsqu'un ou plusieurs éléments se fissurent ou sont soumis à défaillance complète, il convient que la partie restante de la structure soit capable de supporter une charge statique donnée (structure sûre à la défaillance); et
- il est recommandé que la vitesse de progression d'une fissure résultant de la fatigue dans un élément soit suffisamment faible pour disposer d'assez de temps pour effectuer sa détection avant qu'elle n'atteigne une taille d'ampleur critique (faible croissance de fissuration).

Une exigence typique de conception concernant la tolérance aux dommages consiste en ce qu'après une première défaillance simple de structure l'équipement pris dans son ensemble soit en mesure de supporter 80 % de la charge prévue à sa conception sans aucune défaillance de nature catastrophique. La fiabilité concernant une structure tolérante aux dommages est obtenue selon les différentes façons suivantes:

- a) par l'utilisation de différents moyens de répartition de la charge, la sécurité est assurée en sauvegardant la capacité de supporter la charge grâce à la redondance;
- b) par le choix de matériaux caractérisés par une faible vitesse de propagation des fissures, la sécurité est garantie par l'aptitude au contrôle des dégradations et la possibilité de découvrir un dommage avant que ne survienne une défaillance totale;
- c) par l'utilisation d'une conception prévue pour retarder la formation ou la progression des fissures, ces dernières ne pouvant alors atteindre une taille critique.

- b) other structure (secondary) is that which is judged not to be a structurally significant item. It is defined both externally and internally within specified zonal boundaries.

The goal of scheduled maintenance for structures is dependent on the design philosophy of the member being analysed: safe life or damage-tolerant (as defined in clause 3). For a safe life structural member, the principal objective is to prevent the first failure. For a damage tolerant structural member, the principal objective is to detect incipient failures. Because failure of a major load-carrying element will have a direct adverse effect on safety, the failure consequences of structurally significant items (SSIs) are always safety critical. A separate logic is followed for SSIs. This logic identifies structural inspection requirements, based on whether the design philosophy for the SSI is safe life or damage-tolerant.

The actuating portions of items connected to the structure are treated as system components and are to be analysed as described in 5.1.

A.3 Safe life structural members

Safe life structural members have a safe usable life. With this type of structure, a single failure can be catastrophic. Safety is achieved in two ways:

- a) by building the structure with a large margin of strength above the expected loads; and
- b) by limiting the life of the structure to a "safe life," less than that at which the structure was tested in the laboratory. For this type of structure, a symptom of failure cannot be detected, e.g. the crack propagation rate is too fast to allow for multiple inspections before failure. For these reasons, safe life structural members are replaced or modified before the age at which failures are expected to occur.

A.4 Damage-tolerant structural members

The damage-tolerant design concept requires the following:

- when one or more elements crack or fail completely, the rest of the structure should be capable of withstanding a given static load (fail safe); and
- the rate at which a fatigue crack in an element grows should be slow enough to give ample time for detection before it reaches a critical crack length (slow crack growth).

A typical damage-tolerant design requirement is that, after a single primary structural failure, the equipment as a whole should withstand 80 % of its design loading without catastrophic failure. Reliability for a damage-tolerant structure is achieved in the following different ways:

- a) by using multiple load paths, safety is assured by preserving load carrying capability through redundancy;
- b) by choosing materials that exhibit slow crack growth, safety is assured by the ability to inspect for and discover damage before complete failure;
- c) by using a crack-arresting design, cracks are inhibited from reaching a critical size.

A.5 Sources de dommages

Il convient, lors de l'évaluation de la structure pour la sélection des tâches de maintenance, de tenir compte des sources de dommages suivantes:

a) **dommage accidentel (DA)**, qui est caractérisé par l'arrivée d'un événement isolé et aléatoire susceptible de diminuer le niveau intrinsèque de résistance résiduelle. Les sources de ces dommages peuvent inclure l'équipement de maintenance et d'entretien, l'érosion provenant de la pluie, de la grêle, la foudre, etc., les débris, les erreurs humaines survenues en cours de fabrication de l'équipement, l'exploitation ou la maintenance. Un dommage accidentel de grande taille est rapidement détectable et aucune estimation de tâche de maintenance n'est nécessaire;

b) **détérioration due à l'environnement (DE)**, qui est caractérisée par une détérioration structurelle causée par un environnement nocif. Des évaluations sont nécessaires pour se prémunir contre la corrosion, la corrosion sous contraintes, et la détérioration des matériaux non métalliques.

La corrosion peut être ou non fonction du temps et/ou de l'utilisation. Autrement dit, elle peut être la conséquence d'une panne due au vieillissement ou bien résulter de l'occurrence d'un événement ponctuel aléatoire.

Les fissures dues à la corrosion sous contraintes dépendent essentiellement du niveau de contrainte de traction supportée, laquelle peut être provoquée par le traitement thermique, le formage, la soudure, l'usinage, l'installation, l'ajustage ou un mauvais alignement.

c) **dommage dû à la fatigue (DF)**, qui est caractérisé par l'apparition et la propagation ultérieure d'une ou plusieurs fissure(s) due(s) aux charges cycliques. Il s'agit d'un processus cumulatif en fonction des heures ou cycles de fonctionnement de l'équipement, et qui peut être influencé par l'exposition à des radiations.

A.6 Développement du programme de maintenance des structures

A.6.1 Généralités

Le programme de maintenance des structures est basé sur une évaluation des données de conception des structures, les évaluations de la tolérance à la fatigue et aux dommages, l'expérience en exploitation de structures similaires et les résultats des essais significatifs.

Il convient d'inclure lors de l'évaluation de la structure, pour la sélection des tâches de maintenance, ce qui suit:

- a) pour chaque source de dommage structurel (c'est-à-dire dommage accidentel, détérioration due à l'environnement et dommage dû à la fatigue), évaluation des éléments suivants:
 - 1) prédisposition de la structure par rapport à chaque source de dommage;
 - 2) taux d'accumulation des dommages;
 - 3) possibilité de prévenir le dommage et compromis de conception associés;
- b) les conséquences du dommage structurel pour pouvoir assurer une exploitation continue sûre:
 - 1) l'effet sur l'équipement d'une perte fonctionnelle ou bien d'une réduction de la résistance résiduelle;
 - 2) les dommages multiples dus à la fatigue;
 - 3) l'effet sur l'exploitation de l'équipement et des structures ou sur les caractéristiques de réponse du fait de l'interaction des dommages d'éléments de structure et d'une défaillance du système;
 - 4) perte d'éléments structuraux en exploitation;

A.5 Damage sources

The assessment of structure for the selection of maintenance tasks should consider the following possible damage sources:

- a) **accidental damage (AD)**, which is characterized by the occurrence of a random discrete event which may reduce the inherent level of residual strength. Sources of such damage can include maintenance and servicing equipment, erosion from rain, hail, lightning, etc., debris, human error during equipment manufacturing, operation or maintenance. Large size accidental damage is readily detectable and requires no maintenance task assessment;
- b) **environmental deterioration (ED)**, which is characterized by structural deterioration caused by an adverse environment. Assessments are required to cover corrosion, stress corrosion and deterioration of non-metallic materials.

Corrosion may or may not be time/usage dependent, i.e., it can result from a breakdown with age or be the result of a randomly occurring discrete event.

Stress corrosion cracking is primarily dependent upon the level of sustained tensile stress which may result from such things as heat treatment, forming, welding, machining, installation, fit up or misalignment;
- c) **fatigue damage (FD)**, which is characterized by the initiation of a crack or cracks due to cyclic loading and subsequent propagation. It is a cumulative process with respect to equipment operating hours or cycles and may be affected by irradiation.

A.6 Structural maintenance programme development

A.6.1 General

The structural maintenance programme is based on an assessment of structural design information, fatigue and damage tolerance evaluations, service experience with similar structure and pertinent test results.

The assessment of the structure for selection of maintenance tasks should include the following:

- a) for each source of structural deterioration (i.e. accidental damage, environmental deterioration and fatigue damage), evaluation of the:
 - 1) susceptibility to the structure of damage,
 - 2) rate of accumulation of damage,
 - 3) possibilities of preventing the damage and associated design trade off;
- b) the consequences of structural deterioration to continuing safe operation:
 - 1) effect on equipment of loss of function or reduction of residual strength,
 - 2) multiple location fatigue damage,
 - 3) the effect on equipment and structure operation or response characteristics caused by the interaction of structural item damage and system item failure,
 - 4) in-operation loss of structural items;

- c) l'applicabilité et l'efficacité de différentes méthodes de détection du dommage structurel, en prenant en compte les durées maximales entre inspections et les périodicités de répétition.

Tous les éléments prépondérants de structures (EPS) sont analysés en utilisant un diagramme logique particulier (voir figure A.1).

Les éléments structurels sont décomposés en assemblages ou en éléments critiques qui sont à leur tour analysés pour déterminer leur degré d'importance. Dans la plupart des cas les EPS tolérants aux dommages possèdent une tâche de maintenance programmée qui est applicable et efficace. Les EPS à vie sûre reposent sur une combinaison de limites de vie sûre, et sur des tâches de maintenance programmée, afin de garantir que la limite d'âge sera atteinte. Du fait que la fatigue est directement liée à l'âge en exploitation, la limite de vie sûre est fondée sur des prévisions de conception et validée au moyen d'un essai de fatigue. Lorsque la limite de vie sûre est basée sur de tels essais, le retrait de service est applicable mais non efficace par lui-même. L'élément de structure à vie sûre est soumis à d'autres processus de détérioration (environnement et dommages accidentels) qui peuvent être en mesure d'empêcher que ne soit atteinte la limite de vie sûre. En conséquence, il convient que les éléments de structure à vie sûre fassent l'objet d'une combinaison de tâches.

A.6.2 Développement du programme de maintenance des structures

La procédure de développement d'un programme de maintenance des structures est indiquée dans le diagramme logique (voir figure A.1) et décrite dans une série d'étapes de procédures (P1, P2, P3, etc.) et d'étapes de décision (D1, D2, D3, etc.) comme suit:

- a) le programme de maintenance des structures comprend toutes les structures de l'équipement qui sont subdivisées en éléments par le concepteur (P1);
- b) le concepteur classe chaque élément (D1) en tant qu'élément prépondérant de structure (EPS) (P2) ou comme une structure complémentaire (P3), sur la base des conséquences de la défaillance ou du mauvais fonctionnement de l'élément vis-à-vis de la sécurité de l'équipement;
- c) les éléments classés comme structures complémentaires (P3) sont comparés à des éléments de structures similaires appartenant à des équipements et structures existants (D2). Des recommandations de maintenance sont élaborées par du personnel qualifié faisant usage d'un bon jugement et d'expérience en exploitation, conjointement à des données précises relatives à des éléments qui sont similaires (P4) et en utilisant les conseils provenant du concepteur pour les éléments dépourvus de similitude, par exemple de nouveaux matériaux ou éléments de conception (P5). Toutes les tâches sélectionnées (P4) sont incorporées dans le programme de maintenance préliminaire (P8);
- d) la même procédure est reprise jusqu'à ce que tous les éléments structuraux aient été classés;
- e) les exigences d'inspection pour la détection en temps voulu des dommages accidentels (DA) ou bien des détériorations dues à l'environnement (DE) sont déterminées pour tous les EPS (P6). Elles peuvent être déterminées pour des EPS pris individuellement ou des groupes d'EPS qui conviennent à une évaluation comparative sur la base de leur emplacement, frontières, accès pour l'inspection, découpage d'analyse, etc.;
- f) les systèmes de notation du concepteur (voir A.7) sont utilisés pour déterminer les exigences d'inspection qui assureront la détection en temps voulu d'un dommage accidentel, de la corrosion ainsi que de la corrosion sous contrainte pour tous les EPS (P7). Les périodicités de l'inspection correspondront normalement à des périodicités simples ou multiples des vérifications programmées de maintenance;
- g) toutes les tâches d'inspection sélectionnées sont incluses dans le plan de maintenance préliminaire (P8);
- h) les exigences concernant la détection en temps voulu ou la prévention de dommages dus à la fatigue (DF) sont déterminées pour tous les EPS en utilisant la procédure décrite à la figure A.1 en commençant à D3;

- c) the applicability and effectiveness of various methods of detecting structural deterioration, taking into account maximum time before inspection is required and repeat intervals.

All structurally significant items (SSIs) are analysed using a separate structure logic diagram (see figure A.1).

Structural members are broken down into assemblies or critical elements, which are then analysed for significance. Damage-tolerant SSIs in most cases have an applicable and effective scheduled maintenance task. Safe life SSIs rely on a combination of safe life limits and scheduled maintenance tasks to ensure the age limit is realized. Since fatigue is directly related to operating age, the safe life limit is based on design predictions and validated with a fatigue test. When the safe life limit is based on such tests, a hard time task is applicable, but not effective by itself. The safe life structural member is exposed to other deterioration processes (environmental and accidental damage) that can prevent the safe life limit from being achieved. Therefore, safe life structural items should be supported by a combination of tasks.

A.6.2 Structural inspection programme procedure

The procedure for developing a structural inspection programme is shown in the logic diagram (see figure A.1) and described by a series of process steps (P1, P2, P3, etc.) and decision steps (D1, D2, D3, etc.) as follows:

- a) the structural maintenance programme includes all equipment structure which is subdivided into items by the designer (P1);
- b) the designer categorizes each item (D1) as a structurally significant item (SSI) (P2) or other structure (P3), on the basis of the consequences of item failure or malfunction on equipment safety;
- c) items categorized as other structure (P3) are compared to similar structural items on existing equipment and structure (D2). Maintenance recommendations are developed by knowledgeable personnel using good judgement and operating experience, together with accurate data for items which are similar (P4) and with advice from the designer for those which are not, e.g. new materials or design concepts (P5). All selected tasks (P4) are included in the preliminary maintenance plan (P8);
- d) the same procedure is repeated until all structural items have been categorized;
- e) inspection requirements for timely detection of accidental damage (AD) or environmental deterioration (ED) are determined for all SSIs (P6). These can be determined for individual SSIs or groups of SSIs which are each suitable for comparative assessments on the basis of their location, boundaries, inspection access, analysis breakdown, etc.;
- f) the designer's rating systems (see A.7) are used to determine inspection requirements which will assure timely detection of accidental damage, corrosion and stress corrosion, for all SSIs (P7). Repeat inspection intervals will normally correspond to single or multiple scheduled maintenance check intervals;
- g) all selected inspection tasks are included in the preliminary maintenance plan (P8);
- h) requirements for assuring timely detection or prevention of fatigue damage (FD) to all SSIs are also determined using the procedure described in figure A.1, beginning at D3;

- i) le concepteur classe chaque EPS en élément tolérant aux dommages ou élément à vie sûre (D3);
- j) pour chaque élément classé comme élément à vie sûre (P9), le concepteur détermine la limite de vie sûre qui est incluse, avec une description de l'EPS, dans le manuel décrivant les limitations d'un fonctionnement sûr de l'équipement. Aucun programme d'inspection planifié relatif à la fatigue n'est exigé pour assurer le maintien d'un fonctionnement sûr (P10);
- k) tous les EPS restants sont tolérants aux dommages (P11) et le concepteur détermine si la détection en temps voulu de dommages dus à la fatigue dépend d'inspections programmées (D4);
- l) un programme de contrôle programmé, lié à la fatigue, peut ne pas être nécessaire pour les EPS conçus pour supporter la charge exigée, avec des dommages facilement détectables au cours de l'exploitation normale de l'équipement, ou indiqués par un mauvais fonctionnement sans effet sur la sécurité (P12, P10);
- m) les EPS restants exigent un programme d'inspection programmé pour assurer une détection en temps voulu des dommages dus à la fatigue. Le concepteur détermine si des inspections programmées liées à la fatigue sont nécessaires pour chaque EPS (D5);
- n) des tâches d'inspection sont déterminées (D6, D7) lorsque des inspections programmées, liées à la fatigue sont nécessaires. Ces tâches sont normalement basées directement sur l'évaluation, faite par le concepteur, des tolérances aux dommages. Par conséquent, la programmation et l'ordre de détermination des tâches d'inspection de fatigue dépendra largement de la disponibilité des données techniques nécessaires. Le programme pour l'exécution des évaluations de détection de dommages dus à la fatigue (DF) est soumis, dans certaines industries, à l'approbation de comités de pilotage représentatifs de l'industrie concernée et des autorités réglementaires concernées;
- o) des inspections visuelles au cours des vérifications de maintenance programmées appropriées sont utilisées, lorsqu'elles sont applicables et efficaces, pour fournir les occasions nécessaires à la détection des dommages dus à la fatigue (D6);
- p) des méthodes de contrôles non destructifs applicables (CND) au cours des vérifications de maintenance programmées appropriées sont utilisées pour fournir des occasions nécessaires de détection de dommages dus à la fatigue lorsque les inspections visuelles sont inadéquates (D7);
- q) une amélioration de l'accès pour l'inspection et/ou une redéfinition de la conception de l'EPS peut être nécessaire si aucune inspection pratique et efficace visuelle et/ou non destructive n'est disponible. Si cela n'est pas réalisable par le concepteur, il convient que l'EPS soit classé comme élément à vie sûre (P13);
- r) les détails des exigences d'inspection de fatigue sont passés en revue par du personnel qualifié faisant preuve d'un bon jugement ainsi que d'une expérience en exploitation, conjointement à l'utilisation de données précises, pour déterminer si ces exigences sont réalisables (D8). La procédure dans (P13) est utilisée si aucune inspection visuelle et/ou non destructive (CND) n'est réalisable;
- s) les exigences d'inspection sélectionnées, concernant la fatigue, sont incluses dans le plan de maintenance préliminaire (P8);
- t) la procédure d'analyse des dommages dus à la fatigue DF est répétée pour tous les EPS;
- u) les tâches d'inspection résultant des analyses de DA, DE et DF sont indiquées et consolidées (P14). Les exigences d'inspection qui en résultent pour tous les EPS et les tâches de maintenance pour les structures complémentaires sont passées en revue, approuvées et incorporées à la proposition de programme de maintenance.

- i) the designer categorizes each SSI as damage-tolerant or safe life (D3);
- j) for each item categorized as safe-life (P9), the designer determines the safe-life limit which is included, with a description of the SSI, in the equipment safe operation limitations manual. No scheduled fatigue related inspection programme is required to assure continued safe operations (P10);
- k) all remaining SSIs are damage tolerant (P11) and the designer determines if timely detection of fatigue damage is dependent on scheduled inspections (D4);
- l) a scheduled fatigue related inspection programme may not be required for SSIs designed to carry the required load with damage that will be readily detectable during routine operation of the equipment or is indicated by a safe malfunction (P12, P10);
- m) the remaining SSIs require a scheduled inspection programme to assure timely detection of fatigue damage. The designer determines if scheduled fatigue related inspections are required for each SSI (D5);
- n) appropriate inspection tasks are determined (D6, D7) when scheduled fatigue related inspections are required. These tasks are normally based directly on the designer's damage tolerance evaluations. Consequently, the timing and order for determining the fatigue inspection tasks will largely depend upon the availability of the required technical data. The schedule for completing the FD detection evaluations may be subject to approval in some industries by industry-wide steering committees and appropriate regulatory authorities;
- o) visual inspections during appropriate scheduled maintenance checks are used, where applicable and effective, to provide the necessary fatigue damage detection opportunities (D6);
- p) applicable non-destructive inspection (NDI) methods, during appropriate scheduled maintenance checks, are used to provide necessary fatigue damage detection opportunities when visual inspections are inadequate (D7);
- q) improved inspection access and/or redesign of the SSI may be required if no practical and effective visual and/or non-destructive inspections are available. If the designer finds this not feasible, the SSI should be categorized as safe-life (P13);
- r) details of the fatigue inspection requirements are reviewed by knowledgeable personnel using good judgement and operating experience, together with accurate data, who determine if they are feasible (D8). The procedure in (P13) is used if no visual inspection and/or NDI is feasible;
- s) selected fatigue inspection requirements are included in the preliminary maintenance plan (P8);
- t) the FD analysis procedure is repeated for all SSIs;
- u) inspection tasks from AD, ED and FD analyses are overlaid and consolidated (P14). The resulting inspection requirements for all SSIs and the maintenance tasks for other structure are reviewed, approved and included in the maintenance programme proposal.

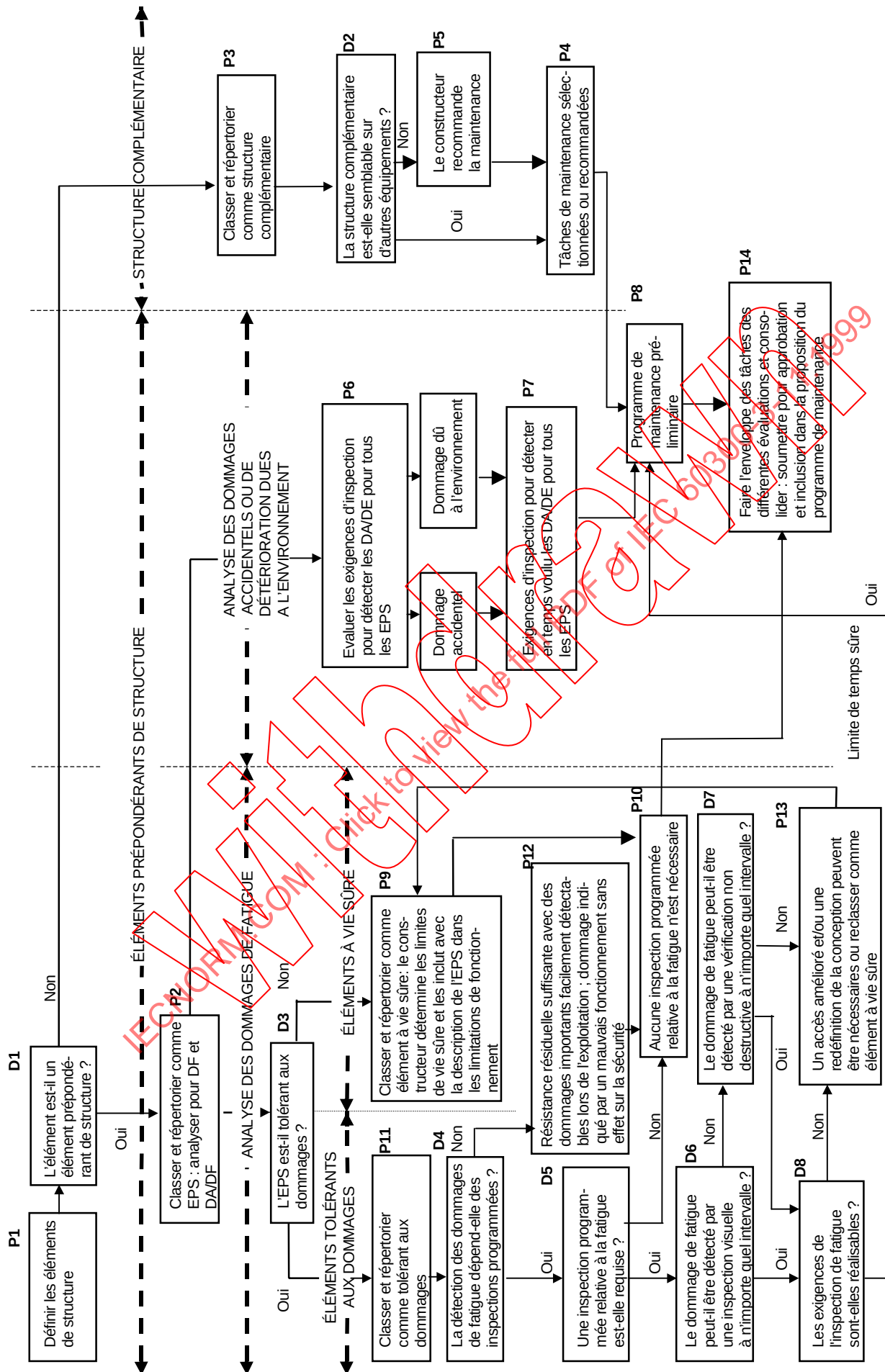


Figure A.1 – Arbre de décision logique MBF – Structures

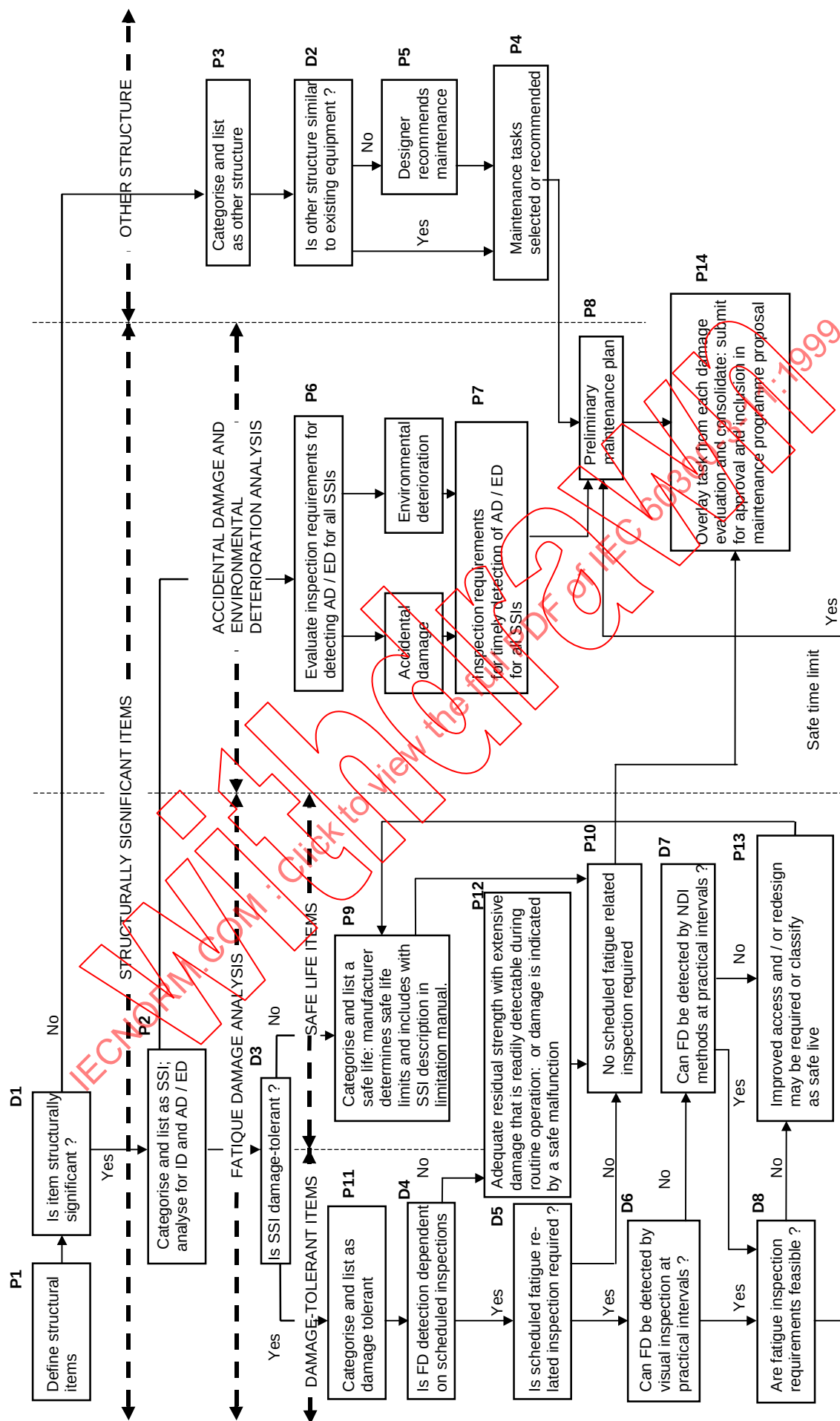


Figure A.1 – RCM decision logic tree – Structures

A.7 Systèmes de classification des éléments prépondérants de structure

A.7.1 Généralités

Dans le développement du programme d'inspection des structures, il est nécessaire de classer chaque élément prépondérant de structure en termes de prédisposition aux dommages (vraisemblance) et de détectabilité (détection en temps voulu). Cet article fournit des lignes directrices pour aider les concepteurs dans le développement de systèmes de classification adéquats.

Le programme d'inspection des structures est développé sur la base d'exigences nécessaires pour assurer une détection en temps voulu de

- a) dommages accidentels (DA);
- b) détériorations dues à l'environnement (DE); et
- c) dommages dus à la fatigue (DF).

Il convient que les systèmes de notation pour les DA et les DE soient compatibles afin de permettre des évaluations comparatives pour chaque groupe d'EPS. Il faut remarquer que la notation de chaque EPS est effectuée par rapport à d'autres EPS dans la même zone d'inspection, ce qui conduit à une inspection accrue pour les EPS les plus critiques. L'expérience du concepteur et de l'utilisateur est un des points clés de ces évaluations.

Il est recommandé que les systèmes de notation pour les dommages dus à la fatigue incluent les résultats des évaluations, faites par le concepteur, de résistance résiduelle et de propagation des fissures. L'applicabilité et l'efficacité de diverses méthodes d'inspection structurale, les tailles des dommages détectables et les exigences d'accès constituent des points clés pour ces évaluations.

A.7.2 Classification des dommages accidentels

Il convient que les systèmes de notation des dommages accidentels incluent les évaluations suivantes:

- a) prédisposition à des dommages accidentels mineurs (non évidents), basée sur la fréquence d'exposition et la localisation du dommage, causés par une ou plusieurs sources, y compris ce qui suit:
 - 1) équipement de maintenance et d'entretien;
 - 2) les dommages résultant d'erreurs humaines en cours de fabrication, de la maintenance et/ou de l'exploitation de l'équipement et des structures, qui ne sont pas compris dans d'autres sources de dommages;
 - 3) la pluie, la grêle, la glace, etc.;
 - 4) les débris;
 - 5) la foudre;
- b) résistance résiduelle après un dommage accidentel, basée normalement sur l'importance prévisible du dommage par rapport à l'importance critique du dommage pour chaque EPS;
- c) détection en temps voulu du dommage, sur la base du taux relatif de croissance après l'apparition du dommage et de la visibilité de l'EPS pour inspection.

Il est recommandé que des valeurs de notation soient attribuées à des groupes d'EPS de la même zone d'inspection sur la base d'évaluations comparatives à l'intérieur du groupe.

A.7 Rating systems for structurally significant items

A.7.1 General

As part of the structural inspection programme development, it is necessary to rate each structurally significant item in terms of its damage susceptibility (likelihood) and detectability (timely detection). This clause provides guidelines to assist designers in the development of suitable rating systems.

The structural inspection programme is developed on the basis of requirements to assure timely detection of:

- a) accidental damage (AD);
- b) environmental deterioration (ED); and
- c) fatigue damage (FD).

Rating systems for AD and ED should be compatible to allow for comparative assessments of each group of SSIs. Emphasis is placed on rating each SSI in relation to other SSIs in the same inspection area, leading to increased inspection emphasis for the most critical SSIs. Designer and operator experience is a key ingredient for these evaluations.

Rating systems for FD should incorporate results from the designer's residual strength and crack growth evaluations. The applicability and effectiveness of various inspection methods, detectable damage sizes and access requirements are key ingredients for these evaluations.

A.7.2 Rating accidental damage

Accidental damage rating systems should include evaluations of the following:

- a) susceptibility to minor (not obvious) accidental damage based on frequency of exposure to, and the location of damage from, one or more sources, including:
 - 1) maintenance and servicing equipment;
 - 2) damage resulting from human error during manufacture, maintenance, and/or operation of the equipment and structure, that are not included in other damage sources;
 - 3) rain, hail, ice, etc.;
 - 4) debris;
 - 5) lightning strike;
- b) residual strength after accidental damage, normally based on the likely size of damage relative to the critical damage size for the SSI;
- c) timely detection of damage, based on the relative rate of growth after damage is sustained, and visibility of the SSI for inspection.

Rating values should be assigned to groups of SSIs in the same inspection area on the basis of comparative assessments within the group.

A.7.3 Classification de la détérioration due à l'environnement

Il convient que les systèmes de notation de la détérioration due à l'environnement permettent l'évaluation de la prédisposition et de la détection en temps voulu de la corrosion et de la corrosion sous contrainte.

La prédisposition à la corrosion est estimée sur la base d'une exposition probable à un environnement nocif et de l'efficacité du système de protection. Par exemple:

- a) exposition à un environnement nocif entraînant des détériorations, tel que condensation, gaz, acides, fluides, substances de nettoyage, etc.;
- b) contact entre matériaux dissemblables (éventualité de potentiel galvanique);
- c) rupture de systèmes de protection de surface; par exemple peinture écaillée ayant comme résultat une corrosion des matériaux métalliques, ou l'intrusion de fluides à travers des matériaux non métalliques perméables, etc.

NOTE – Il convient que les évaluations des systèmes de classification soient réalisées en supposant que chaque utilisateur maintienne la structure d'équipement conformément aux recommandations du concepteur, sinon mieux.

Les caractéristiques des matériaux, conjuguées à la vraisemblance des contraintes élastiques supportées, sont utilisées pour évaluer la prédisposition à la corrosion sous contrainte.

La détection en temps voulu est déterminée par la sensibilité à la taille relative du dommage et à la visibilité de l'EPS pour inspection.

A.7.4 Classification des dommages dus à la fatigue

Le système de notation doit conduire à un programme d'inspection qui fournit une haute probabilité de détection de dommages dus à la fatigue avant que ce dommage ne réduise la résistance résiduelle de la structure en dessous des niveaux admissibles. Pour cela, le système de notation doit considérer ce qui suit:

- a) résistance résiduelle, y compris les effets des dommages multiples dus à la fatigue et ceux résultants de dommages causés par des irradiations, le cas échéant;
- b) taux de propagation des fissures, y compris les effets de dommages multiples dus à la fatigue situés en plusieurs endroits, le cas échéant;
- c) périodicité de détection des dommages qui correspond au temps de croissance du dommage dû à la fatigue, depuis le seuil de détection (détectable) jusqu'à la taille limite définie au point a) (critique). Cette périodicité varie suivant les méthodes d'inspection utilisées et peut être influencée par des pièces de structures ou les procédés utilisés, par exemple du produit d'étanchéité pouvant masquer certaines parties du dommage;
- d) standards de détection pour les méthodes d'inspection applicables.

NOTE – Les longueurs des fissures détectables estimées peuvent être utilisées pour des évaluations initiales de détection de dommages dus à la fatigue.

- e) niveaux et méthodes d'inspection applicables (par exemple visuels, CND), les orientations (par exemple externe, interne) et les périodicités.

A.8 Exigences du programme d'inspection

A.8.1 Généralités

L'objectif principal d'un programme d'inspection des structures est de maintenir l'intégrité structurelle intrinsèque tout au long de la durée de vie opérationnelle de l'équipement, de manière économique. Afin d'y parvenir, il convient que les inspections satisfassent aux exigences de chacune des évaluations des DA, DE et DF. On peut tenir compte de toutes les inspections applicables ayant lieu sur des structures d'équipement similaires.

A.7.3 Rating environmental deterioration

Environmental deterioration rating systems should allow for evaluations of susceptibility to and timely detection of corrosion and stress corrosion.

Susceptibility to corrosion is assessed on the basis of probable exposure to an adverse environment and adequacy of the protective system. For example:

- a) exposure to a deteriorating environment such as condensation, gases, acids, spillage, cleaning fluids, etc.;
- b) contact between dissimilar materials (potential for galvanic activity);
- c) breakdown of surface protection systems; for example chipped paint with resultant corrosion of metallic materials, or fluid incursion into permeable non-metallic materials, etc.

NOTE – Rating system evaluations should be made with the assumption that each operator will maintain the equipment structure as per the designer's recommendations, or better.

Material characteristics, coupled with the likelihood of sustained tensile stress, are used to assess susceptibility to stress corrosion.

Timely detection is determined by sensitivity to relative size of damage and visibility of the SSI for inspection.

A.7.4 Rating fatigue damage

The rating system shall lead to an inspection that provides a high probability of detecting fatigue damage before such damage reduces the structure residual strength below allowable levels. To achieve this, the rating system should consider the following:

- a) residual strength, including the effects of multiple location fatigue damage and of irradiation damage, where appropriate;
- b) crack growth rate, including effects of multiple location fatigue damage, where appropriate;
- c) damage detection period which corresponds to the interval for the fatigue damage to grow from the threshold of detection (detectable) to the limiting size defined by consideration of "a)" (critical). This period will vary according to the inspection method used, and may be influenced by structural parts or processes, e.g. sealant obscuring parts of the damage;

- d) detection standards for applicable inspection methods;

NOTE – Estimated detectable crack lengths can be used for the initial fatigue damage detection evaluations.

- e) applicable inspection levels and methods (i.e. visual, NDI) directions (i.e. external, internal) and repeat intervals.

A.8 Inspection programme requirements

A.8.1 General

The primary objective of a structural inspection programme is to maintain the inherent structural integrity throughout the operational life of the equipment in an economical manner. To achieve this, the inspections should meet the detection requirements from each of the AD, ED and FD assessments. Full account may be taken of all applicable inspections occurring in similar equipment structures.

Les exigences d'inspection dépendent des sources de dommages, et sont telles qu'indiqué ci-dessous:

- a) les dommages accidentels, la corrosion sous contraintes, ainsi que certaines formes de corrosion sont aléatoires par nature, et peuvent se produire à n'importe quel moment de la vie opérationnelle de l'équipement et de la structure. En pareils cas, les exigences d'inspection s'appliquent à tout équipement quel qu'il soit (au sol, embarqué, etc.), tout au long de la durée de vie opérationnelle de l'équipement et de la structure;
- b) certaines formes de corrosion sont fonction du temps comme de l'utilisation, et sont plus susceptibles de se produire au fur et à mesure que l'équipement vieillit. En de tels cas, un programme d'exploration du vieillissement peut être utilisé afin d'établir les exigences d'inspection, à la condition que des inspections plus sévères ne soient pas nécessaires pour d'autres formes de dommages;
- c) des fissures dues à la fatigue, de taille détectable, ne sont normalement pas prévues à l'avance dans les structures principales exposées à des mises en charge cycliques, jusqu'à ce que l'équipement soit parvenu à maturité. Par suite, les programmes de maintenance de structures peuvent nécessiter d'être révisés.

Pour la plupart des structures d'équipement exposées à des charges cycliques, la structure soumise au plus grand nombre de cycles est généralement et précisément la première susceptible de subir des fissures dues à la fatigue. Cette structure fréquemment sollicitée convient à un programme d'échantillonnage relatif à la fatigue, à condition que celui-ci soit applicable et efficace.

Les inspections relatives à la détection des DA/DE sont applicables à toutes les structures d'équipement lorsqu'elles entrent en service pour la première fois. Des modifications peuvent être apportées à ces inspections, basées sur l'expérience individuelle des opérateurs, lorsqu'elles sont approuvées de façon appropriée par l'organisation à laquelle appartient l'opérateur et, si c'est applicable, l'autorité réglementant l'industrie concernée.

Les inspections relatives à la détection de DF sont applicables après une période de temps maximum prédéterminée, qui est définie par le concepteur. Au moment où les inspections relatives à la fatigue sont mises en œuvre, un programme d'échantillonnage peut être utilisé, à condition qu'un tel programme soit applicable et efficace. Les inspections relatives à la fatigue sont fondées directement sur les notations de tolérances aux dommages ayant été approuvées par le concepteur. Des changements apportés par les opérateurs nécessitent l'utilisation d'une procédure qui soit approuvée.

Les vérifications initiales proposées concernant la maintenance programmée, destinées à être utilisées comme base pour le programme d'inspection de structures, sont établies pour chaque type ou chaque classe de structure, à partir

- 1) de l'expérience de l'opérateur;
- 2) des propositions du concepteur;
- 3) des considérations portant sur les exigences d'analyse des systèmes.

A.8.2 Opérations d'inspection

En tant que partie intégrante de la procédure de développement du programme de maintenance des structures, des tâches d'inspection applicables et efficaces sont sélectionnées pour chaque processus de détérioration des EPS. Chaque tâche d'inspection est clairement décrite de façon à assurer une corrélation directe entre les évaluations de tolérance aux dommages structuraux et le programme d'inspection des structures. Un ensemble standard de méthodes et de descriptions des inspections est inclus dans la liste des définitions (voir l'article 3).

Inspection requirements, as they relate to damage sources, are as follows:

- a) accidental damage, stress corrosion and some forms of corrosion are random in nature and can occur any time during the equipment and structure operating life. In such cases, inspection requirements apply to all such equipment (in the field, fleet, etc.), throughout the equipment and structure operational life;
- b) some forms of corrosion are time or usage dependent and more likely to occur as the equipment ages. In such cases, an age exploration programme can be used to establish inspection requirements, providing more stringent inspections are not required for other forms of damage;
- c) detectable size fatigue cracking is not normally anticipated in primary structure exposed to cyclic loading, until the equipment has matured. Thereafter, structural maintenance programmes may require revision.

For most equipment structures exposed to cyclic loading, the structure exposed to the highest number of cycles is usually that first susceptible to fatigue cracking. This high-time structure is suitable for a fatigue related sampling, should this be applicable and effective.

Inspections related to detection of AD/ED are applicable to all equipment structures when they first enter service. Changes can be made to these inspections, based on individual operator experience, when appropriately approved by the operator's organization and, if applicable, the industry regulatory authority.

Inspections related to FD detection are applicable after a predetermined maximum time period, which is established by the designer. At the time the fatigue related inspections are implemented, a sampling programme can be used, where such a programme is applicable and effective. The fatigue related inspections are based directly on the designer's approved damage tolerance evaluations. Changes by the operators require the use of an approved procedure.

Proposed initial scheduled maintenance checks, to be used as the basis for the structural inspection programme, are established for each type or class of equipment structure on the basis of

- 1) operator experience;
- 2) designer's proposals;
- 3) considerations of systems analysis requirements.

A.8.2 Inspection tasks

As part of the structural maintenance programme development procedure, applicable and effective inspection tasks are selected for each deterioration process of the SSI. Each inspection task is clearly described in order to assure a direct correlation between the structural damage tolerance evaluations and the structure inspection. A standard set of inspection methods and descriptions is included in the list of definitions (see clause 3).

A.8.3 Inspections initiales

L'intervalle de temps maximal disponible avant chaque tâche d'inspection initiale de l'EPS est fonction de la source de dommage, comme indiqué ci-dessous:

a) Dommage accidentel

La première inspection, pour un dommage accidentel, correspond normalement à un temps égal à la périodicité de répétition d'inspection définie, compté à partir de la première entrée en service.

b) Détérioration due à l'environnement

Les inspections initiales sont basées sur l'expérience des utilisateurs et des concepteurs avec des structures similaires. La période de temps précédant l'inspection initiale peut être équivalente à la périodicité de l'inspection correspondante. Un programme d'échantillonnage destiné à établir les relations entre les sources de dommages et le temps ou les unités d'usage peut être envisagé, s'il est efficace.

c) Dommage dû à la fatigue

Le cas échéant, les inspections initiales, directement liées à la détection de dommages dus à la fatigue, interviennent après une période de temps maximal admissible, déterminée par le concepteur et approuvée par l'utilisateur et par l'autorité réglementaire concernée. Il est recommandé que le calendrier des inspections initiales soit normalement établi en tant que partie du travail d'analyse des tolérances aux dommages. Les calendriers sont susceptibles de modifications au fur et à mesure que l'expérience en service est accumulée, ou lorsque des exigences d'essais complémentaires sont notifiées, ou bien quand des analyses ultérieures sont effectuées.

A.8.4 Intervalles d'inspection répétitifs

Après l'exécution de chaque inspection, la périodicité fixe le moment de la prochaine inspection.

a) Dommage accidentel et détérioration due à l'environnement

Il convient que la périodicité soit basée sur l'expérience du concepteur et des utilisateurs, avec des structures similaires. Les périodicités sélectionnées correspondront normalement à des niveaux simples ou multiples des périodicités de contrôle de maintenance programmés. Un programme d'exploration tenant compte du vieillissement peut être utilisé s'il est applicable et efficace.

b) Dommage dû à la fatigue

Les périodicités pour les inspections des dommages dus à la fatigue sont basées sur l'évaluation de la tolérance aux dommages. Celles-ci sont utilisées pour démontrer que des inspections applicables et efficaces fournissent des probabilités suffisantes de détection des dommages dus à la fatigue pour chaque EPS.

A.8.5 Programmes d'échantillonnage concernant la fatigue

Les structures d'équipements ayant le plus grand nombre de cycles opérationnels sont généralement celles qui sont le plus susceptibles de présenter des fissures initiales dues à la fatigue. Cela signifie qu'il convient que des inspections adéquates de telles structures fournissent les meilleurs résultats pour une détection en temps voulu des dommages dus à la fatigue. De tels programmes d'échantillonnage sont développés sur la base de données statistiques appropriées, comprenant

- a) le nombre de structures similaires inspectées;
- b) les méthodes d'inspection et les périodicités;
- c) le nombre de cycles opérationnels effectués.

A.8.3 Initial inspections

The maximum allowable time period before each initial SSI inspection task is a function of the source of damage, as follows.

a) Accidental damage

The first inspection for accidental damage normally corresponds to a period equal to the defined repeat inspection interval, from the time of first entry into service.

b) Environmental deterioration

Initial inspections are based on operator and designer experience with similar structures. The time period prior to the initial inspection may be equivalent to the corresponding repeat inspection interval. A sampling programme to establish relationships between damage sources and time or usage may be considered, if it is effective.

c) Fatigue damage

Initial inspections, directly related to fatigue damage detection, occur after a maximum allowable time period determined by the designer and approved by the operator and the applicable regulatory authority, if appropriate. The timing of initial inspections should normally be established as part of damage tolerance analysis work. The timings are subject to change as service experience is accumulated, additional testing requirements are noted, or further analyses are performed.

A.8.4 Repeat inspection intervals

After each inspection has been conducted, the repeat interval sets the period until the next inspection.

a) Accidental damage and environmental deterioration

The repeat interval should be based on operator and designer experience with similar structures. Selected intervals will normally correspond to single or multiple levels of the scheduled maintenance check intervals. An age exploration programme can be used, if applicable and effective.

b) Fatigue damage

The repeat intervals for fatigue related inspections are based on damage tolerance evaluations, which are used to demonstrate that applicable and effective inspections provide sufficient probability of detecting fatigue damage for each SSI.

A.8.5 Fatigue related sampling programmes

Structures with the highest number of operational cycles are usually those most susceptible to initial fatigue cracking. This means that adequate inspections on such structures should provide the greatest benefits for timely detection of fatigue damage. Such sampling programmes are developed on the basis of appropriate statistical variables, including

- a) the number of similar equipment structures inspected;
- b) the inspection methods and repeat intervals;
- c) the number of operational cycles completed.

Il convient qu'une liste d'EPS, convenant à un programme d'échantillonnage lié à la fatigue, soit établie par du personnel qualifié faisant preuve d'un bon jugement ainsi que d'une expérience d'exploitation, et, lorsqu'approprié, qu'elle soit soumise pour approbation à un comité de pilotage représentatif de l'industrie considérée. Il est recommandé que tous les détails du programme d'échantillonnage lié à la fatigue soient établis par un groupe de travail utilisateur/concepteur conjoint, basés sur des évaluations techniques du concepteur avant que les structures ne dépassent les seuils de dommage dus à la fatigue.

A.8.6 Programmes d'exploration du vieillissement

Comme pour les équipements, un programme d'exploration de vieillissement peut être établi pour évaluer la résistance de la structure aux détériorations dues à l'environnement, en fonction du vieillissement. Ce programme peut être applicable et efficace pour les processus de détérioration ayant des caractéristiques systématiques, mais il n'est pas approprié pour ceux qui sont aléatoires par nature. Les inspections sur les structures les plus vieilles offrent les meilleures possibilités d'estimation de la tenue à la corrosion en service.

Il est recommandé que des directives pour la mise en œuvre des programmes d'exploration du vieillissement soient établies, soient incluses dans le programme de maintenance des structures, et, si cela est applicable, soumises pour approbation à un comité de pilotage représentatif de l'industrie concernée.

A.8.7 Inspection de zones

Certaines parties des exigences d'inspection pour les EPS et la plupart des éléments classés sous la rubrique structures complémentaires, peuvent être fournies par le programme d'inspections de zones (voir A.10).

Il convient que les tâches et les périodicités incluses dans le programme d'inspections de zones soient basées sur l'expérience de l'utilisateur et du concepteur sur des structures similaires. Pour les structures contenant de nouveaux matériaux et/ou des concepts de construction nouveaux, les tâches et les périodicités peuvent être établies sur la base de l'estimation des recommandations du concepteur.

A.9 Rapports des résultats d'inspection

Il est recommandé que les utilisateurs, en concertation avec les concepteurs, mettent en œuvre un système satisfaisant pour le recueil efficace et la diffusion de l'expérience en service tirée du programme de maintenance des structures.

Cette procédure de rapport viendra en complément du système susceptible d'être demandé par les autorités réglementaires (si applicable) pour le compte rendu des occurrences de défaillances, mauvais fonctionnements ou défauts.

A.10 Programme d'inspection de zones

A.10.1 Généralités

Le programme d'inspection de zones implique une revue sommaire de chacune des zones du système et des structures. Cela se produit normalement au fur et à mesure que les analyses de MBF concernant les structures (y compris les systèmes, les sous-systèmes, etc.) aboutissent.

Dans les analyses descendantes effectuées selon ces directives, de nombreux éléments auxiliaires des systèmes tels que les tuyauteries, conduits, câblage, etc., et des structures complémentaires, peuvent être évalués quant à leurs contributions indirectes possibles vis-à-vis des défaillances fonctionnelles. Dans les cas où des inspections visuelles générales sont requises pour évaluer la dégradation, le programme d'inspection de zones est une méthode appropriée.

A list of SSIs that are suitable for a fatigue related sampling programme should be established by knowledgeable personnel using good judgement and operating experience and should, if appropriate, be submitted to an industry-wide steering committee for approval. Full details of the fatigue related sampling should be established by a joint operator/designer task force, based on the designer's technical evaluations, prior to the structures exceeding the fatigue damage threshold.

A.8.6 Age exploration programmes

As with equipment, an age exploration programme can be established to assess the structure's resistance to environmental deterioration with respect to increasing age. Such a programme may be applicable and effective for deterioration processes having systematic characteristics, but it is not suitable for those which are random by nature. Inspections of the oldest structures provide the greatest benefits for assessing in-service corrosion behaviour.

Guidelines for implementing age exploration programmes should be established, included in the structural maintenance programme, and, if applicable, submitted to an industry-wide steering committee for approval.

A.8.7 Zonal inspections

Some parts of the inspection requirements for SSIs and most of the items categorized as other structure can be provided by the zonal programme (see A.10).

Tasks and intervals included in the zonal programme should be based on user and designer experience with similar structures. For structures containing new materials and/or construction concepts, tasks and intervals may be established based on assessment of the designer's recommendations.

A.9 Reporting of inspection results

The user should implement a satisfactory system for the effective collection and dissemination of in-service experience from the structural programme.

This reporting process will supplement any system that may be required by regulatory authorities (if applicable) for reporting occurrences of failures, malfunctions or defects.

A.10 Zonal inspection programme

A.10.1 General

The zonal inspection programme requires a summary review of each zone of the systems and structures. This normally occurs as the RCM analyses of the structures (in conjunction with systems, subsystems, etc.), are being concluded.

In top-down analyses conducted under these guidelines, SSIs and many support items such as conduits, plumbing, ducting, wiring, etc., and other structures may be evaluated for possible indirect contribution to functional failure. In cases where a general visual inspection is required to assess degradation, the zonal inspection is an appropriate method.

A.10.2 Procédure d'inspection de zones

La procédure qui suit peut être utilisée pour développer un programme d'inspection de zones:

- a) découper le système et/ou les structures de façon externe et interne en zones appropriées;
- b) préparer, pour chacune des zones, une fiche de travail répertoriant des tâches ainsi que la localisation, la description, les informations sur les accès, etc.;
- c) lors des analyses des systèmes, sous-systèmes, structures, etc., répertorier toutes inspections visuelles générales pouvant être effectuées au titre du programme d'inspection de zones;
- d) introduire la périodicité définie lors des analyses originelles dans les fiches de travail;
- e) lorsque les analyses concernant les éléments d'une zone sont terminées, il convient que la zone soit examinée pour consolider les exigences d'inspection et fixer leur périodicité. Noter dans les fiches de travail toute inspection visuelle générale (de systèmes, de structure) créée par une analyse MBF qui peut être remplacée par une tâche d'inspection de zone.

A.10.3 Intervalles des tâches d'inspection de zones

Les périodicités sont basées sur la prédisposition du matériel aux dommages, l'activité dans la zone et l'expérience de l'utilisateur et du concepteur avec des systèmes, des sous-systèmes, des éléments d'équipements et des structures similaires. Lorsque cela est possible, il est recommandé de faire correspondre les périodicités avec celles choisies comme objectifs pour les contrôles de la maintenance programmés.

A.10.2 Zonal inspection procedure

The following procedure may be used to develop a zonal inspection:

- a) divide the systems and/or structures externally and internally into appropriate zones;
- b) prepare a task-listing work sheet for each zone including location, description, access, etc.;
- c) during analyses of systems, subsystems, structures, etc. list any general visual inspections which could be conducted as part of the zonal inspection;
- d) include the interval from the original analyses on the zone work sheet;
- e) as the analyses covering items in a zone are completed, the zone should be reviewed to consolidate inspection requirements and assign accomplishment intervals. Use the work sheets to document the RCM generated general visual inspections (systems and structures) which can be replaced by a zonal inspection task.

A.10.3 Zonal task intervals

Accomplishment intervals are based on hardware susceptibility to damage, the amount of activity in the zone, and user, designer experience with similar systems, subsystems, and structures. When possible, intervals should correspond to those selected for targeted scheduled maintenance checks.

Annexe B (informative)

Exemples typiques de fiches de travaux MBF

Les fiches de travaux suivantes sont utilisées dans la méthodologie MSG-3 dans l'industrie aérospatiale civile. Elles sont fournies seulement pour exemple et les modifications appropriées peuvent y être apportées pour convenir aux exigences particulières d'autres industries.

Une description succincte de ces fiches de travail est donnée ci-dessous:

- | | |
|---------------|---|
| Formulaire 0 | Résume le processus de sélection des EPM (voir 5.1). |
| Formulaire 1 | Donne toute la description des détails des EPM et des systèmes associés. |
| Formulaire 2 | Donne une description de toutes les informations pertinentes relatives aux EMP. |
| Formulaire 3 | Utilisé pour évaluer <u>chaque</u> EPM par une analyse de ses fonctions (F), de ses défaillances fonctionnelles (FF), des causes de défaillance (FC) et de l'effet des défaillances (FE) (voir 5.2). |
| Formulaire 4 | Utilisé pour une analyse de niveau 1 (quatre questions – voir figure 3) pour chaque défaillance fonctionnelle et la cause de défaillance associée conduit à la détermination de cinq catégories d'effets (voir 5.3.2 et 5.3.3). |
| Formulaire 5 | Utilisé pour une analyse de détermination des tâches de niveau 2, itinéraire 5 (effet évident sur la sécurité) pour <u>chaque</u> cause de défaillance associée à une défaillance fonctionnelle (voir figure 4). En raison des aspects liés à la sécurité, toutes les questions nécessitent d'être posées et, s'il n'en résulte pas de tâche effective, une nouvelle conception est obligatoire. Lorsque les tâches sont sélectionnées, il convient d'en noter tous les détails et les périodicités de maintenance spécifiées. |
| Formulaire 6 | Utilisé pour une analyse de détermination des tâches de niveau 2, itinéraire 6 (effet évident en exploitation) pour <u>chaque</u> cause de défaillance associée à une défaillance fonctionnelle. Une réponse par «Oui» ou par «Non» à la question A nécessite encore de progresser vers le niveau suivant. En ce point, une réponse «Oui» termine l'analyse. Si aucune tâche apparente n'en résulte, il est nécessaire d'en fournir la justification en utilisant les critères d'applicabilité et d'efficacité (tableau 1). Si des tâches sont sélectionnées, il convient d'en noter les détails et les périodicités de maintenance spécifiées. |
| Formulaire 7 | Utilisé pour une analyse de détermination des tâches de niveau 2, itinéraire 7 (effets économiques évidents) pour <u>chaque</u> cause de défaillance fonctionnelle associée à une défaillance fonctionnelle. La procédure est la même que celle utilisée avec le formulaire 6. |
| Formulaire 8 | Utilisé pour une analyse de détermination de tâches de niveau 2, itinéraire 8 (effets sur la sécurité d'une défaillance fonctionnelle cachée) pour <u>chaque</u> cause de défaillance associée à une défaillance fonctionnelle. La procédure est la même que celle utilisée avec le formulaire 5. |
| Formulaire 9 | Utilisé pour une analyse de détermination de tâches de niveau 2, itinéraire 9 (effets n'affectant pas la sécurité d'une défaillance fonctionnelle cachée) pour <u>chaque</u> cause de défaillance associée à une défaillance fonctionnelle. La procédure est la même que celle utilisée avec le formulaire 6. |
| Formulaire 10 | Synthétise tous les aspects pertinents des EPM et les tâches associées, pour un système fonctionnel donné. |

Annex B (informative)

Examples of RCM worksheets

The following are sample worksheets used with the MSG-3 methodology in the commercial aircraft industry. They are provided only as an example, and appropriate modifications can be made to the worksheets to suit the particular requirements of other industries.

A brief description of the use of these worksheets is given below:

- Form 0 Summarizes the FSI selection process (see 5.1).
- Form 1 Provides full descriptive details of the FSI and its associated system.
- Form 2 Provides a description of all the pertinent supporting data for the FSI.
- Form 3 Used to evaluate each FSI through an analysis of its function (F), functional failure (FF), failure cause (FC) and failure effects (FE) (see 5.2).
- Form 4 Used for a level 1 analysis (four questions, see figure 3) for each functional failure and associated failure cause, and leads to one of five effects categories (see 5.3.2 and 5.3.3).
- Form 5 Used for a level 2, route 5 task determination analysis (evident safety effect) for each failure cause associated with the functional failure (see figure 4). Owing to the safety aspects, all questions need to be asked and if no effective task results then redesign is required. When tasks are selected, details should be recorded and the maintenance interval specified.
- Form 6 This is used for a level 2, route 6 task determination analysis (evident operational effect) for each failure cause associated with the functional failure. A "Yes" or "No" answer to question A still requires movement to the next level. From this point on, a "Yes" answer completes the analysis. If no task is apparent, justification is required, using applicability and effectiveness criteria (table 1). If tasks are selected, details should be recorded and the maintenance interval specified.
- Form 7 This is a level 2, route 7 analysis task determination analysis form (evident economic effects) used for each functional failure cause associated with the functional failure. The procedure is the same as that used for form 6.
- Form 8 This is used for level 2, route 8 task determination analysis (hidden function safety effects) for each failure cause associated with the functional failure. The procedure is the same as that used for form 5.
- Form 9 This is used for level 2, route 9 task determination analysis (hidden function non-safety effects) for each failure cause associated with the functional failure. The procedure is the same as that used for form 6.
- Form 10 This form summarizes all the pertinent aspects of the FSIs and their associated tasks within a functional system.

Analyse de la maintenance

FORMULAIRE 0		SÉLECTION DES EPM			RÉF. N°	
RÉF. N°	DESCRIPTION	LA DÉFAILLANCE AFFECTE-T-ELLE LA SÉCURITÉ ?	LA DÉFAILLANCE EST-ELLE DÉTECTABLE PENDANT LES OPÉRATIONS NORMALES ?	LA DÉFAILLANCE A-T-ELLE DES EFFETS ÉCONOMIQUES ?	PIÈCE N°	REMARQUES
PRÉPARÉ:		INFORMATION ASSOCIÉE, VOIR FORMULAIRE 2				
DATE: / /						
CONTRÔLE:		APPROUVÉ:				
DATE: / /		DATE: / /		PAGE /		VERSION:

Formulaire 0 – Sélection des EPM