

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

706-3

Première édition
First edition
1987

Guide de maintenabilité de matériel

**Troisième partie: Sections six et sept
Vérification et recueil, analyse et présentation
des données**

Guide on maintainability of equipment

**Part 3: Sections Six and Seven
Verification and collection, analysis and
presentation of data**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 706-3: 1987

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

706-3

Première édition
First edition
1987

Guide de maintenabilité de matériel

**Troisième partie: Sections six et sept
Vérification et recueil, analyse et présentation
des données**

Guide on maintainability of equipment

**Part 3: Sections Six and Seven
Verification and collection, analysis and
presentation of data**

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

Bureau central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
SECTION SIX – VÉRIFICATION DE LA MAINTENABILITÉ	
2. Définition des termes utilisés	6
3. Objectif	8
4. Concepts de logistique de maintenance influençant la vérification de la maintenabilité	8
5. Vérification	8
5.1 Généralités	8
5.2 Concepts de vérification	12
5.3 Éléments de la procédure de vérification	22
SECTION SEPT – RECUEIL, ANALYSE ET PRÉSENTATION DES DONNÉES RELATIVES À LA MAINTENABILITÉ	
6. Introduction	28
7. Définition des termes utilisés	28
8. Concept de maintenance	28
9. Sources de données	30
9.1 Données d'expérience	30
9.2 Données provenant de la conception et/ou de la fabrication du dispositif	30
9.3 Données provenant d'essais de démonstration ainsi que de l'exploitation du dispositif	32
10. Méthodes d'analyse	32
10.1 Choix des données	32
10.2 Analyse des distributions statistiques	32
10.3 Calcul des paramètres	32
11. Présentation des données	34
11.1 Maintenance corrective	34
11.2 Maintenance préventive	34
11.3 Données relatives à la logistique de maintenance	36
TABLEAU I — Formulaire de synthèse des données relatives aux opérations de réparations actives	38
TABLEAU II — Formulaire de synthèse des temps relatifs aux réparations actives	38
TABLEAU III — Synthèse relative à la maintenance préventive	40
ANNEXE A — Procédures de démonstration de la maintenabilité	42

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
SECTION SIX – MAINTAINABILITY VERIFICATION	
2. Definitions of terms	7
3. Objective	9
4. Maintenance support concepts influencing maintainability verification	9
5. Verification	9
5.1 General	9
5.2 Verification concepts	13
5.3 Elements of the verification procedure	23
SECTION SEVEN – COLLECTION, ANALYSIS AND PRESENTATION OF DATA RELATED TO MAINTAINABILITY	
6. Introduction	29
7. Definitions of terms	29
8. Maintenance concept	29
9. Data sources	31
9.1 Historical data	31
9.2 Item design/manufacturing data	31
9.3 Item demonstration and field data	33
10. Analysis procedures	33
10.1 Data editing	33
10.2 Statistical distribution analysis	33
10.3 Parameter computation	33
11. Data presentation	35
11.1 Corrective maintenance	35
11.2 Preventive maintenance	35
11.3 Maintenance support data	37
TABLE I – Active repair task data summary form	39
TABLE II – Active repair time summary form	39
TABLE III – Preventive maintenance summary	41
APPENDIX A – Maintainability demonstration procedures	43

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Troisième partie: Sections six et sept
Vérification et recueil, analyse et présentation des données

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

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

Le texte de ce guide est basé sur les documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
56(BC)103	56(BC)114
56(BC)107	56(BC)116

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

La Publication 706-1 de la CEI, parue en 1982, comprend les sections suivantes:

- Section un — Introduction à la maintenabilité.
 Section deux — Exigences de maintenabilité dans les spécifications et les contrats.
 Section trois — Programme de maintenabilité.

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

- Section quatre — Contrôles et essais pour l'établissement de diagnostics.
 Section cinq — Etudes de maintenabilité au niveau de la conception.
 Section huit — Planification de la maintenance et de la logistique de maintenance.
 Section neuf — Méthodes statistiques en maintenabilité.

Ces sections quatre, cinq, huit et neuf seront publiées comme parties.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans le présent guide:

- Publications n°s 271 (1974): Liste des termes de base, définitions et mathématiques applicables à la fiabilité.
 706-1 (1982): Guide de maintenabilité de matériel, Première partie: Sections un, deux et trois — Introduction, exigences et programmes de maintenabilité.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 3: Sections Six and Seven

Verification and collection, analysis and presentation of data

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This guide has been prepared by IEC Technical Committee No. 56: Reliability and maintainability.

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

Six Months' Rule	Reports on Voting
56(CO)103 56(CO)107	56(CO)114 56(CO)116

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

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

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

Tentative titles for other sections of this series are:

- Section Four — Diagnostic testing.
 Section Five — Maintainability design studies.
 Section Eight — Maintenance and maintenance support planning.
 Section Nine — Statistical procedures in maintainability.

Sections Four, Five, Eight and Nine will be published as parts.

The following IEC publications are quoted in this guide:

- Publications Nos. 271 (1974): List of basic terms, definitions and related mathematics for reliability.
 706-1 (1982): Guide on maintainability of equipment, Part 1: Sections One, Two and Three—Introduction, requirements and maintainability programme.

GUIDE DE MAINTENABILITÉ DE MATÉRIEL

Troisième partie: Sections six et sept Vérification et recueil, analyse et présentation des données

1. Domaine d'application

Le présent guide de maintenabilité est destiné à donner des recommandations pour la normalisation des procédures de maintenabilité et à susciter l'éclosion d'idées nouvelles dans ce domaine. Ce guide aidera les utilisateurs à définir leurs exigences de maintenabilité et les programmes correspondants. Les fournisseurs en tireront profit grâce à une meilleure compréhension des exigences relatives à la réalisation et à la vérification des objectifs de maintenabilité.

SECTION SIX — VÉRIFICATION DE LA MAINTENABILITÉ

Cette section décrit les divers aspects de la vérification nécessaire pour s'assurer que les exigences spécifiées de maintenabilité (voir Publication 706-1, section deux) ont été satisfaites, et elle fournit les procédures et méthodes de test appropriées. Alors que la vérification de la maintenabilité en tant que telle devra être une partie obligatoire d'un quelconque programme de maintenabilité (voir Publication 706-1, section trois), chaque cas individuel nécessitera des méthodes appropriées devant être soigneusement choisies de manière à assurer une efficacité globale au niveau des coûts.

2. Définition des termes utilisés

Les définitions des termes utilisés dans cette section du guide sont données dans la Publication 271 de la CEI.

En outre, les termes spécifiques suivants sont utilisés:

2.1 *Vérification de la maintenabilité*

Actions de surveillance, examens, ou bien l'ensemble des deux, exercés dans le but de déterminer, par le titulaire du contrat, la conformité d'un dispositif aux exigences de maintenabilité spécifiées.

2.2 *Démonstration de la maintenabilité*

Activité pratiquée sur des dispositifs individuels, ou bien des échantillons, destinée à montrer la conformité à une exigence spécifique de maintenabilité et/ou à fournir des données de maintenabilité.

2.3 *Matériel sélectionné par le client*

Une partie du dispositif considéré qui a été spécialement sélectionnée par le client.

Note. — En général, le fournisseur n'a pas à exercer la maîtrise de la maintenabilité de cette partie, mais il devrait la prendre en considération dans la conception du dispositif. Une coopération entre client et fournisseur est hautement souhaitable.

GUIDE ON MAINTAINABILITY OF EQUIPMENT

Part 3: Sections Six and Seven

Verification and collection, analysis and presentation of data

1. Scope

This guide on maintainability is intended to make recommendations for the standardization of maintainability practices and to stimulate ideas in the maintainability field. This guide will assist users in defining maintainability requirements and associated programmes. Suppliers will gain an understanding of the requirement for achieving and verifying maintainability objectives.

SECTION SIX — MAINTAINABILITY VERIFICATION

This section describes the various aspects of verification necessary to ensure that the specified maintainability requirements (see Publication 706-1, Section Two) have been met, and provides suitable procedures and test methods. While maintainability verification as such should be a mandatory part of any maintainability programme (see Publication 706-1, Section Three), each individual case requires appropriate methods to be carefully selected in order to ensure overall cost-effectiveness.

2. Definitions of terms

Definitions of terms used in this section of the guide are given in IEC Publication 271.

In addition, the following specific terms are used:

2.1 *Maintainability verification*

Monitoring actions, inspections or both for the purpose of determining compliance by the contractor with the maintainability requirements specified for an item.

2.2 *Maintainability demonstration*

Activity performed on individual items or samples to indicate concurrence with a specific maintainability requirement and/or to generate maintainability data.

2.3 *Customer selected equipment*

A portion of the item under consideration which has been specially selected by the customer.

Note. — Generally the supplier has no control over the maintainability of this portion, but he should consider it in the design of the item. Cooperation between customer and supplier is clearly desirable.

3. Objectif

L'objectif est de vérifier qu'à la fois les exigences qualitatives et quantitatives de maintenabilité ont été satisfaites dans le cadre des limitations de performances spécifiées. Cela implique de vérifier que l'activité de maintenance prescrite a permis la remise en état de l'équipement au niveau de performance spécifié. La vérification est applicable au matériel, au logiciel ainsi qu'aux moyens de maintenance.

La vérification de la maintenabilité est un processus permettant de juger des résultats d'expérience de maintenabilité. Cette estimation peut débuter dès que des données et des résultats sont disponibles, et elle peut être poursuivie tout au long du projet ainsi qu'être étendue au niveau de l'utilisation opérationnelle.

Cela est développé davantage dans:

- les exigences qualitatives de maintenabilité: voir le paragraphe 5.2.2;
- les exigences quantitatives de maintenabilité: voir le paragraphe 5.2.3.

La démonstration expérimentale est décrite au paragraphe 5.2.4.

4. Concepts de logistique de maintenance influençant la vérification de la maintenabilité

En procédant à la vérification de la maintenabilité, on devra avoir présent à l'esprit le fait que les éléments suivants de la logistique de maintenance ont une influence décisive sur l'efficacité du processus de maintenance:

- moyens de maintenance;
- équipements d'essais liés au soutien logistique;
- matériel de support logistique;
- personnel de maintenance et formation;
- documentation technique et manuels;
- conditions de transport, de manutention et de magasinage.

La section huit contient des détails supplémentaires.

5. Vérification

5.1 Généralités

5.1.1 Principes de base

La vérification de la maintenabilité est interprétée comme étant un processus continu de génération, de recueil et d'évaluation de données relatives à la maintenabilité au fur et à mesure qu'elles deviennent disponibles tout au long du développement d'un projet, ainsi que de comparaison des résultats avec les exigences de maintenabilité spécifiées.

Les méthodes de vérification de la maintenabilité diffèrent en fonction de la phase correspondante du programme comme suit:

— Analyse et examen critique

Cela comprend l'analyse des données d'expérience, la comparaison entre les résultats des revues de projet et les estimations prévisionnelles de maintenabilité. Ces données peuvent inclure ultérieurement, au cours du cycle de vie, des données d'exploitation.

— Etudes spéciales

Elles sont conduites durant les phases de conception et de définition, ou bien d'élaboration et de développement, afin d'examiner des problèmes généraux ou de détail. On peut citer comme exemples: études de facilité de maintenance, analyse des opérations de maintenance, études de simulation.

3. Objective

The objective is to verify that both qualitative and quantitative maintainability requirements have been met within the specified performance limitations. This includes verification that the defined maintenance activity has restored the equipment to the specified performance level. The verification is applicable to hardware, software and maintenance facilities.

Maintainability verification is a process of assessing the results of maintainability experience. This assessment can begin as soon as data and results are available and may continue throughout the project and extend into field use.

This is further expanded with respect to:

- qualitative maintainability requirements, see Sub-clause 5.2.2;
- quantitative maintainability requirements, see Sub-clause 5.2.3.

Experimental demonstration is described in Sub-clause 5.2.4.

4. Maintenance support concepts influencing maintainability verification

When performing maintainability verification, it should be borne in mind that the following maintenance support elements have a decisive influence on the effectiveness of the maintenance process:

- maintenance facilities;
- test support equipment;
- material support;
- maintenance personnel and training;
- technical documentation and manuals;
- transportation, handling, and storage conditions.

Section Eight contains further details.

5. Verification

5.1 General

5.1.1 Basic principles

Maintainability verification is understood to be a continuous process of generating, collecting and evaluating maintainability-related data as they become available in the course of project development, and comparing results with specified maintainability requirements.

Methods of maintainability verification differ according to the respective programme phase, as follows:

- *Analysis and review*

Include analysis of historical data, comparisons with the results of design reviews and maintainability predictions. They may include field data late in the life cycle.

- *Special studies*

Conducted during the concept and definition or design and development phases, to investigate general or detailed problems. Examples are: ease-of-maintenance studies, maintenance task analysis, simulation studies.

— *Essais de démonstration*

Ils sont effectués à l'issue de la phase d'élaboration et de développement, dans le cas où les moyens analytiques ou bien les études spéciales ne fournissent pas d'assurance suffisante permettant d'établir que la maintenabilité est conforme aux exigences spécifiées.

— *Examen critique de l'expérience opérationnelle*

La vérification peut s'appuyer sur l'expérience opérationnelle et l'examen critique des données d'utilisation, corrélé, si cela est approprié, avec l'examen critique et l'analyse des données d'expérience.

Les éléments de procédure du processus de vérification sont:

— *Identification et mise en activation de sources de données éventuelles*

Lors des premières phases du projet, sachant que seulement des données d'expérience sur des équipements antérieurs analogues peuvent être utilisées. Plus tard, des données se rapportant à la conception, à la fabrication, aux essais, et finalement à l'utilisation deviennent disponibles. Dans ce contexte, la démonstration de la maintenabilité est liée uniquement à une source spéciale de données se rapportant à la création de données de maintenabilité relativement aux conditions simulées.

— *Acquisition et analyse des données*

Cela concerne le recueil, l'examen critique et le tri des données afin de s'assurer de leur applicabilité.

— *Evaluation*

Traitement des données en utilisant des modèles mathématiques ou des listes de contrôle en vue d'obtenir des caractéristiques quantitatives ou bien des propriétés qualitatives concernant la maintenabilité.

— *Comparaison avec les exigences*

Les résultats de l'évaluation sont comparés aux caractéristiques et propriétés de maintenabilité spécifiées afin de vérifier si les exigences de maintenabilité sont satisfaites.

En outre, les renseignements suivants sont nécessaires en vue d'une vérification complète de la maintenabilité:

— *Plan de maintenance du dispositif*

La politique de maintenance devra être définie afin d'interpréter à la fois les données d'expérience et les données en provenance d'autres sources. Le plan de maintenance définit également les conditions et les contraintes relatives à la maintenance et à la logistique qui doivent être prises en considération dans le cadre du processus de vérification de la maintenabilité.

— *Données de fiabilité*

Des indicateurs pertinents de fiabilité, tels que la fréquence attendue des actions de maintenance, peuvent être exigés pour calculer certains indicateurs de maintenabilité à partir de temps estimés ou observés concernant des actions de maintenance élémentaires. Les données de fiabilité auront aussi une influence sur certains aspects de la vérification telles que l'établissement de priorités, conditionnant ainsi des préalables à l'évaluation. Si cette information n'est pas disponible ou est incomplète, des hypothèses devront être établies. La qualité des renseignements disponibles ainsi que les hypothèses faites auront une influence sur la pertinence des résultats de la vérification.

5.1.2 Conditions et contraintes

Des méthodes devront être spécifiées par le client ou bien sélectionnées par le titulaire du contrat et décrites dans le plan relatif au programme de maintenabilité (voir Publication 706-1, section trois). Les points suivants devront être pris en considération dans le cadre des décisions à prendre parmi les différentes procédures de vérification relatives à chaque exigence de maintenabilité:

— *Demonstration tests*

Performed at the end of the design and development phase, if the analytical means or special studies do not give sufficient evidence whether maintainability conforms to specified requirements.

— *Review of operational experience*

Verification may be left to operational experience and review of field data, correlated, if appropriate, with the review and analysis of historical data.

The procedural elements of the verification process are:

— *Identification and activation of possible sources of data*

In the early project phases, only historical data of comparable previous equipment can be used. Later, design, manufacturing, test and finally field data become available. Maintainability demonstration in this context is just one special data source for the generation of maintainability data under simulated conditions.

— *Acquisition and analysis of data*

Data collection, review and screening to ensure their applicability.

— *Evaluation*

Processing of data using mathematical models or checklists to obtain quantitative characteristics or qualitative properties of maintainability.

— *Comparison with requirements*

The results of the evaluation are compared with specified maintainability characteristics and properties to check whether maintainability requirements are met.

In addition the following information is necessary for a complete maintainability verification:

— *Item maintenance plan*

The maintenance policy should be defined for the interpretation of both historical data and data from other sources. The maintenance plan also defines conditions and constraints on maintenance and support to be considered in the process of maintainability verification.

— *Reliability data*

Relevant reliability indices, such as the expected frequency of maintenance actions, may be required for the calculation of some maintainability indices from estimated or observed times for single maintenance actions. Reliability data will also affect aspects of verification such as establishing priorities, thus giving prerequisites for evaluation. If this information is not available or is incomplete, assumptions should be stated. The quality of available information and the assumptions made will affect the relevancy of verification results.

5.1.2 Conditions and constraints

Methods should be specified by the customer or selected by the contractor and described in the maintainability programme plan (see Publication 706-1, Section Three). The following should be considered in deciding between alternative verification procedures related to each maintainability requirement:

- *Ressources disponibles*
Dans le cas où une limite budgétaire est spécifiée contractuellement, cet élément aura une influence sur la sélection des méthodes de vérification. La future utilisation possible de moyens de vérification devra être prise en compte.
- *Critères d'acceptation*
Les critères d'acceptation concernant chaque exigence de maintenabilité spécifiée devront être soupesés vis-à-vis des exigences de coûts et de délais.
- *Contraintes de temps*
Le choix entre les méthodes de vérification peut être restreint par des exigences affectant la disponibilité des résultats en temps utile. La procédure devra être organisée en respectant le calendrier global du programme.
- *Disponibilité d'échantillons d'essais et/ou d'équipements de support logistique*
Particulièrement lorsque des essais de démonstration de la maintenabilité doivent être effectués, on devra s'assurer que le calendrier des essais est en accord avec le calendrier global du programme, et que les échantillons d'essais ainsi que les équipements adéquats nécessaires sont disponibles en temps voulu à l'intérieur de la période prévue pour les essais.
- *Niveau de compétence et expérience des analystes en maintenabilité*
La vérification de la maintenabilité, basée sur les revues de projet ou l'analyse, fait appel à du personnel hautement qualifié et expérimenté afin d'analyser les dessins et les plans.
- *Risques de décisions erronées*
Ceux-ci devront être estimés en fonction de la complexité du dispositif ainsi que de la qualité et de la quantité des données d'expérience.
- *Exigences particulières en matière de soutien logistique*
Cela concerne le matériel de vérification, les moyens, la qualification du personnel, etc.
- *Influence des conditions d'environnement ou des hypothèses*
Tout écart vis-à-vis de l'environnement opérationnel en matière de maintenance et/ou de matériel de vérification, de moyens, de rechanges, de niveau de compétence du personnel, etc., devra être particulièrement soumis à estimation.
- *Recueil des données*
Les exigences concernant le recueil de données représentatives de la maintenabilité durant les essais et le fonctionnement opérationnel devront être clairement identifiées. Cela comprend les formats, les codes, le traitement des données, etc.
- *Relation client-titulaire du contrat*
Toute autorité en matière de surveillance, de refus ou de contrôle, assurée par le client, devra être clairement définie.
- *Garanties et cautions en matière de maintenabilité*
Les conséquences contractuelles résultant du non-respect des exigences de maintenabilité ou des critères d'acceptation devront être spécifiées, par exemple sous forme de pénalités ou bien de pertes de primes.

5.2 Concepts de vérification

5.2.1 Règles de base et liaisons

Le processus de vérification de la maintenabilité est orienté en vue de fournir des informations adéquates et en temps opportun concernant le degré de satisfaction des exigences de maintenabilité. Comme ces exigences peuvent être exprimées sous formes qualitative ou quantitative, la procédure de vérification de la maintenabilité doit être conçue en conséquence, en utilisant l'une des méthodes suivantes de vérification, ou bien une combinaison d'entre elles:

- analyse et examen critique;
- études de conception et essais;

— *Resources available*

If a budget limit is contractually specified, this will influence the selection of verification methods. Possible future usability of verification facilities should be taken into account.

— *Acceptance criteria*

The acceptance criteria for each specified maintainability requirement should be traded against cost and time requirements.

— *Time constraints*

The choice between verification methods may be restricted by requirements affecting the timely availability of results. The procedure should be structured in accordance with the overall programme schedule.

— *Availability of test samples and/or support equipment*

Especially when maintainability demonstration tests are to be conducted, it should be ensured that the test schedule is in agreement with the overall programme schedule, and that the test samples and the support equipment required are readily available during the time period envisaged for the test.

— *Skill level and experience of maintainability analysts*

Maintainability verification, based on design reviews or analysis, calls for highly qualified and experienced personnel to analyse drawings and plans.

— *Risk of wrong decisions*

These should be assessed with regard to the item's complexity and the quality and amount of historical data.

— *Special support requirements*

Checkout equipment, facilities, personnel qualification, etc.

— *Influence of environmental conditions or assumptions*

Any deviation from the operational environment in terms of maintenance/checkout equipment, facilities, spares, personnel skill level, etc., should be particularly assessed.

— *Data collection*

The requirements concerning the collection of representative maintainability data during test and operation should be clearly identified. This includes formats, codes, data processing, etc.

— *Customer-contractor relationship*

Any monitoring, rejection or control authority assumed by the customer should be clearly defined.

— *Maintainability warranties and guarantees*

Contractual consequences of not meeting maintainability requirements or acceptance criteria should be specified, for example, in terms of penalties or loss of incentives.

5.2 Verification concepts

5.2.1 Ground rules and relationships

The maintainability verification process is directed towards providing adequate and timely information concerning the degree of achievement of maintainability requirements. Since these requirements may be expressed in qualitative or in quantitative form, the maintainability verification procedure shall be designed accordingly, using one of the following methods of verification or a combination of them:

- analysis and review;
- design studies and tests;

— démonstration par des essais ou bien durant l'utilisation opérationnelle.

Les aspects à la fois qualitatifs et quantitatifs de vérification de la maintenabilité peuvent être couverts par un choix approprié des méthodes, comme cela est indiqué sur la figure 1.

		Analyse et examen critique	Etudes de conception et essais	Démon- stration	Utilisation en phase opération- nelle
Procédures de vérification qualitative	Revue de projet	X			
	Examen critique de l'expérience issue d'essais	X	X	X	
	Etudes de simplicité de maintenance		X		
	Examen critique de l'analyse des opérations de maintenance	X		X	
	Examen critique de l'expérience opérationnelle				X
Procédures de vérification quantitative	Estimation prévisionnelle de maintenabilité	X	X		
	Vérification basée sur des données d'essais		X	X	
	Vérification basée sur des données d'exploitation				X

FIG. 1 — Procédures de vérification qualitative et quantitative de la maintenabilité.

5.2.2 Procédures de vérification qualitative

5.2.2.1 Revue de projet

Les caractéristiques qualitatives de maintenabilité peuvent être vérifiées lors de la revue de projet générale du produit, en procédant à l'évaluation de la documentation concernant la conception, eu égard à un ensemble d'exigences de conception et de normes techniques.

En fonction de la nature du projet, une liste de contrôle concernant des caractéristiques spécifiques de maintenabilité devra être utilisée comme ligne directrice (voir également la section cinq).

Ce type de recherche nécessite une bonne estimation technique des caractéristiques de maintenabilité relatives à la conception d'un projet. Il conviendra de s'appuyer sur une expérience antérieure. Cela peut être appliqué au stade de la conception, en tant que partie des pratiques techniques courantes, afin d'améliorer la conception étape par étape. Dans le but de vérifier la maintenabilité, la revue de projet est généralement utilisée uniquement en combinaison avec quelques autres méthodes.

5.2.2.2 Examen critique de l'expérience issue d'essais

Les données provenant de l'utilisation opérationnelle ne sont généralement pas disponibles, ou bien présentes trop tard, pour une vérification en temps utile de la maintenabilité. Cependant, de

— demonstration by testing or during operational use.

Both qualitative and quantitative aspects of maintainability verification can be covered by an appropriate choice of methods, as indicated in Figure 1.

		Analysis and review	Design studies and tests	Demon- stration	During operational use
Qualitative verification procedures	Design review	X			
	Review of test experience	X	X	X	
	Ease-of-maintenance studies		X		
	Review of maintenance task analysis	X		X	
	Review of operational experience				X
Quantitative verification procedures	Maintainability prediction	X	X		
	Verification based on test data		X	X	
	Verification based on field data				X

FIG. 1. — Qualitative and quantitative maintainability verification procedures.

5.2.2 Qualitative verification procedures

5.2.1.1 Design review

Qualitative maintainability features can be verified during the general product design review by evaluating design documentation against a set of design requirements and engineering standards.

Depending on the nature of the project, a checklist addressing specific maintainability features should be used as a guideline (see also Section Five).

This type of investigation requires good engineering assessment of maintainability characteristics of a design. This should be based on previous experience. It can be applied in the design stage as part of normal engineering practice, for step by step design improvement. For maintainability verification purposes, design review is generally used only in combination with some other method.

5.2.2.2 Review of test experience

Data from operational use are usually unavailable or too late for timely maintainability verification. However, such data might be gained in earlier project stages by special demonstration tests

telles données peuvent être obtenues à des stades précoces du projet, grâce à des essais spécifiques de démonstration conduits en environnement représentatif simulé. Pour être représentatives et reproductibles, les conditions d'essais devront être clairement définies. Tous les écarts vis-à-vis de la réalité devront être évalués.

Les résultats ont une valeur limitée du fait que les conditions de simulation ne peuvent pas véritablement représenter l'environnement opérationnel. Cependant, certaines différences majeures peuvent être découvertes lorsque d'autres approches sont malgré tout possibles.

5.2.2.3 *Etudes de facilité de maintenance*

Des réponses rapides à des questions particulières de maintenabilité peuvent être apportées par des études de facilité de maintenance orientées vers la solution de problèmes spécifiques. Il suffit qu'une maquette du dispositif soit disponible pour que ces problèmes soient directement examinés. Des informations plus claires sont alors rassemblées pour vérifier la maintenabilité, par exemple en ce qui concerne:

- les éliminations d'utilisation d'outillages de maintenance;
- l'accessibilité là où la maintenance est nécessaire;
- l'espace de travail disponible;
- la faisabilité de la simultanéité de travaux de maintenance devant être exécutés par des membres d'équipes différentes;
- les précautions de sécurité vis-à-vis des hautes tensions ou des températures élevées, etc.

5.2.2.4 *Examen critique de l'analyse des opérations de maintenance*

L'analyse des opérations de maintenance est liée aux ressources nécessaires pour effectuer la maintenance. Elle constitue, de façon typique, une partie du processus d'organisation de la maintenance qui précède le déploiement opérationnel (voir section huit).

Un examen critique de l'analyse des opérations de maintenance peut être effectué pour une vérification qualitative.

5.2.2.5 *Examen critique de l'expérience opérationnelle*

Une estimation qualitative des caractéristiques de maintenabilité d'un dispositif peut être obtenue en observant son comportement en fonctionnement. Dans ce cadre, les questions d'intérêt spécifique sont:

- *Adéquation du concept prédéfini de maintenance et de logistique*
Existe-t-il des difficultés imprévisibles quant à l'environnement opérationnel? Y a-t-il eu consommation excessive de rechanges?
- *Outillages et équipements d'essais appropriés*
Y a-t-il suffisamment de points de test prévus pour les contrôles? Des outillages ou équipements d'essais supplémentaires sont-ils nécessaires?
- *Niveau de compétence du personnel nécessaire pour accomplir les actions de maintenance*
Est-ce que des problèmes de maintenance résultent d'une formation inadéquate ou bien d'aspects techniques liés à des facteurs humains?
- *Faisabilité des actions de maintenance*
Les procédures de contrôles développées sont-elles adéquates pour le diagnostic et la localisation des défaillances? Les unités de rechange sont-elles suffisamment bien accessibles?
- *Adéquation des manuels techniques*
Les instructions de maintenance sont-elles complètes et compréhensibles?

in a realistic, simulated environment. To be representative and reproducible the test conditions should be clearly defined. Any deviations from reality should be assessed.

Results have limited value in that the simulation conditions cannot truly reflect the operational environment. However, main discrepancies can be discovered when alternative approaches are still possible.

5.2.2.3 *Ease-of-maintenance studies*

Quick answers to typical maintainability questions may be offered by ease-of-maintenance studies directed towards the solution of special problems. Should a mock-up of the item be available, these problems can be investigated directly. Clearer information is then gained for maintainability verification purposes, for example on:

- clearances for use of maintenance tools;
- accessibility where maintenance is needed;
- available work space;
- feasibility of simultaneous maintenance work by different team members;
- safety precautions concerning high voltages or high temperatures, etc.

5.2.2.4 *Review of maintenance task analysis*

Maintenance task analysis is concerned with the resources needed to accomplish maintenance. Typically, it forms part of the maintenance planning process, which precedes operational deployment (see Section Eight).

A review of the maintenance task analysis may be used for qualitative verification.

5.2.2.5 *Review of operational experience*

A qualitative assessment of the maintainability features of an item can be achieved by observing its behaviour during operation. Questions of specific interest in this context are:

- *Adequacy of the pre-defined maintenance and support concept*
Are there any unforeseen difficulties from the operational environment? Has there been any excessive consumption of spares?
- *Suitability of tools and test equipment*
Are sufficient test points provided for check-out purposes?
Are any additional tools or test equipment necessary?
- *Personnel skill level required to perform maintenance actions*
Are maintenance problems induced by inadequate training or by human engineering aspects?
- *Feasibility of maintenance actions*
Are established check-out procedures adequate for failure diagnosis and isolation? Are replaceable units properly accessible?
- *Adequacy of technical manuals*
Are the maintenance instructions comprehensive and understandable?

— *Aspects logiciels de la maintenabilité*

Les dispositifs de logiciel nécessaires dans le processus de maintenance ont-ils été pris en considération de manière adéquate, par exemple vis-à-vis du problème des tests, de la formation, des manuels techniques?

— *Précautions de sécurité*

Y a-t-il possibilité de situation à risques pendant les actions de maintenance?

Ces informations sur les pratiques et problèmes opérationnels permettent une estimation réaliste des propriétés qualitatives de maintenabilité. Cependant, il est nécessaire de disposer d'une période de longue durée pour établir des observations et procéder à leur examen critique.

5.2.3 *Procédures de vérification quantitative*

5.2.3.1 *Estimations prévisionnelles de maintenabilité*

Les estimations prévisionnelles de maintenabilité peuvent être réalisées soit pour le dispositif tout entier, soit, exceptionnellement, pour des niveaux inférieurs de sous-décomposition. Une estimation prévisionnelle peut être acceptée en tant que vérification lorsque le risque à la conception est faible, ou bien lorsque le client considère qu'une preuve suffisante de conformité a été apportée lors du développement.

L'estimation prévisionnelle de la maintenabilité est décrite dans la section cinq.

5.2.3.2 *Vérification basée sur des données d'essais*

Des données de maintenance peuvent être obtenues dans un temps relativement court à partir d'essais limités de démonstration de la maintenabilité en environnement simulé. Cela constitue une façon de vérifier contractuellement la conformité. Dans ce cas, le recueil des données devra être effectué de manière simple, puisqu'il est intégré dans la procédure globale d'essai et qu'il fait partie des programmes de travail du personnel d'essais.

Cependant, les résultats devront subir un examen critique concernant des écarts quelconques vis-à-vis des données opérationnelles dus à une simulation inadéquate de l'environnement. Là où cela sera possible, des différences significatives devront être compensées par l'utilisation de facteurs liés à l'application considérée.

Le paragraphe 5.2.4 donne des détails de démonstration de la maintenabilité.

5.2.3.3 *Vérification basée sur des données d'exploitation*

Les données de maintenance recueillies pendant l'utilisation opérationnelle d'un dispositif représentent la source optimale d'informations sur les caractéristiques quantitatives de maintenabilité. Afin de permettre que des conclusions appropriées soient obtenues à partir de ces données, ces dernières devront inclure, au minimum:

- l'identification du dispositif, ensemble, sous-ensemble, etc.;
- le motif de l'action de maintenance;
- le type de l'action de maintenance effectuée, qui peut aussi bien être une maintenance programmée dans le temps (par exemple: entretien, contrôle, étalonnage, révision, renouvellement de composants) qu'une maintenance non planifiée (par exemple: réparation sur site, retrait et remplacement, réparation en atelier);
- le nombre d'hommes-heures relatif à l'action de maintenance;
- le temps consacré à l'action de maintenance;
- la durée totale d'indisponibilité relative à la maintenance (durée d'indisponibilité liée à la maintenance active, durée relative aux délais de maintenance);
- le nombre d'heures de fonctionnement pour chaque dispositif;
- le nombre de personnes et le niveau de compétence de l'équipe de maintenance;

— *Software aspects of maintainability*

Have software elements required in the maintenance process been adequately considered, for example, with respect to testing, training, technical manuals?

— *Safety precautions*

Is there any possibility of a hazardous situation during maintenance actions?

This information on the operational practices and problems allows a realistic assessment of qualitative maintainability properties. However, it requires a long period for establishing and reviewing observations.

5.2.3 *Quantitative verification procedures*

5.2.3.1 *Maintainability predictions*

Maintainability predictions can be performed either for the complete item or, exceptionally, at lower indenture levels. A prediction may be accepted as a verification where design risk is small or where the customer considers that sufficient evidence of compliance has been obtained during development.

Maintainability prediction is described in Section Five.

5.2.3.2 *Verification based on test data*

Maintenance data can be obtained in a relatively short time from limited maintainability demonstration tests in a simulated environment. This is one way of contractually verifying compliance. In this case, data collection should be simple since it is integrated into the overall test procedure and is part of the working routines of the test personnel.

However, results should be reviewed for any deviations from operational data due to inadequate environmental simulation. Where possible, significant differences should be offset by the use of application factors.

Sub-clause 5.2.4 gives details of maintainability demonstration.

5.2.3.3 *Verification based on field data*

Maintenance data collected during the operational use of an item represent the optimum source of information on the quantitative maintainability characteristics. To enable proper conclusions to be drawn from these data, they should include, as a minimum:

- identification of the item, assembly, subassembly, etc;
- reason for the maintenance action;
- type of maintenance action performed, may be either scheduled maintenance (e.g. servicing, inspection, calibration, overhaul, renewal of parts) or unscheduled maintenance (e.g. repair in situ, removal and replacement, shop repair);
- manhours for maintenance action;
- elapsed time for maintenance action;
- total maintenance downtime (active maintenance downtime, maintenance delay time);
- operational hours for each item;
- number and skill level of maintenance team;

- l'utilisation des équipements d'essais et/ou de contrôles;
- la consommation en rechanges et en matériel.

L'évaluation statistique de ces données, sur un intervalle de temps suffisant, peut constituer une base réaliste pour une vérification quantitative de la maintenabilité. Les données d'exploitation constituent une source instructive d'informations destinées à être utilisées pour de futurs projets. Elles pourraient alors servir de base de données d'expérience fiables pour la vérification de la maintenabilité.

Cependant, cette procédure ne peut être appliquée que durant la phase opérationnelle. Elle demande du temps et nécessite un système de recueil de données efficace. Par conséquent, les résultats ne sont seulement disponibles que tardivement dans le programme.

5.2.4 Procédures de démonstration

Les démonstrations de maintenabilité ne sont qu'un aspect du processus global de vérification de la maintenabilité. Cependant, les résultats de démonstration constituent souvent l'unique base contractuelle pour une vérification de la maintenabilité avant livraison du dispositif. Les éléments essentiels de la procédure de démonstration sont, en conséquence, résumés ci-dessous.

5.2.4.1 Types de démonstration

Les types de démonstration de la maintenabilité sont les suivants:

- *Démonstration préliminaire*
Des essais sont habituellement effectués sur des maquettes et des modèles techniques durant le développement d'un dispositif. Le but est de fournir des informations concernant la facilité de maintenance, l'installation et la maintenance, ainsi que les temps de réparation.
- *Démonstration informelle*
Sous forme d'essais, par exemple conduits en même temps que des revues de projet préliminaires, mais non officiellement utilisés à des fins de qualification et habituellement non contrôlés par des représentants du client. Les résultats sont documentés et peuvent servir à améliorer la confiance dans les estimateurs de maintenabilité. Les démonstrations informelles peuvent être effectuées sur des prototypes ou des dispositifs de série.
- *Démonstration formalisée*
La démonstration formalisée peut constituer une partie de la qualification officielle et devra être effectuée sur des dispositifs de présérie ou de série. Elle est réalisée conformément à des conditions approuvées mutuellement et est contrôlée par des représentants du client.

5.2.4.2 Planification de la démonstration

Un plan d'essais et de démonstration devra constituer une partie du plan du programme de maintenabilité. Il devra être le document de base de planification pour tous les essais formalisés de maintenabilité et devra comprendre:

- a) Une liste des opérations de démonstration, incluant les coûts, comprenant les éléments de logiciel, sélectionnées selon les critères suivants:
 - *Maintenance préventive*
Les opérations représentatives devront être sélectionnées à partir de l'utilisation opérationnelle planifiée du dispositif.
 - *Maintenance corrective*
Les opérations devront être sélectionnées afin de correspondre à un pourcentage représentatif du temps total prévisionnel de réparation.

Les méthodes de sélection des opérations sont décrites plus loin dans l'article 2 de l'annexe A.

- utilization of test/check-out equipment;
- spares and material consumption.

Statistical evaluation of these data over a sufficient time period may yield a realistic basis for quantitative maintainability verification. Field data form an instructive source of information for use in later projects. They could then serve as a reliable historical data base for maintainability verification.

However, this procedure can only be applied in the operational phase. It is time consuming and requires an efficient data collection system. The results are therefore only available late in the programme.

5.2.4 *Demonstration procedures*

Maintainability demonstrations are only one aspect of the overall maintainability verification process. However, demonstration results are often the only contractual basis for a maintainability verification before delivery of the item. The essentials of the demonstration procedure are therefore summarized below.

5.2.4.1 *Types of demonstration*

Types of maintainability demonstration are as follows:

- *Preliminary demonstration*
Tests are usually performed on mock-ups and engineering models during the development of an item. The purpose is to generate information on ease-of-maintenance, installation and maintenance and repair times.
- *Informal demonstration*
Tests, for example, concurrent with preliminary design reviews, but not officially used for qualification and usually not monitored by customer's representatives. Results are documented and may serve to improve confidence in maintainability estimates. Informal demonstrations can be performed on prototypes or production items.
- *Formal demonstration*
Formal demonstration may be part of official qualification and should be performed on pre-production or production items. It is performed according to mutually approved conditions and monitored by the customer's representatives.

5.2.4.2 *Demonstration planning*

A test and demonstration plan should form a part of the maintainability programme plan. It should be the basic planning document for all formal maintainability tests and should include:

- a) A list of demonstration tasks with costs, including software elements, selected according to the following criteria:
 - *Preventive maintenance*
Representative tasks should be selected from the planned operational use of the item.
 - *Corrective maintenance*
Tasks should be selected to cover a representative percentage of the total predicted repair time.

Task selection methods are further discussed in Clause 2 of Appendix A.

- b) Une description de l'équipe d'essais ainsi que de leurs responsabilités et de leur degré d'autorité. La composition et les responsabilités de cette équipe devront être définies en termes:
 - d'organisation de l'équipe;
 - de responsabilités spécifiques;
 - de qualifications, nombre de personnes, sources de recrutement et exigences en matière de formation, concernant le personnel de l'équipe d'essais (voir article 4 de l'annexe A).
- c) Une liste des matériels de soutien, des moyens et de la documentation comprenant:
 - les outillages de maintenance, les équipements d'essais et de contrôles, y compris l'équipement de test automatique;
 - la nature des manuels techniques nécessaires au fonctionnement et à la détection des pannes pendant la maintenance, etc.;
 - les rechanges nécessaires ainsi que les matières consommables;
 - l'équipement de sécurité ainsi que les procédures;
 - le matériel d'étalonnage;
 - une description des moyens de maintenance rattachés à des besoins spécifiques.
- d) Une description de la ou des procédures d'essais destinées à la démonstration. Les méthodes et procédures de tests statistiques sont indiquées dans le tableau AI de l'annexe A.
- e) Des règles de répétition d'essais.

5.2.4.3 Conditions et contraintes

Les essais de démonstration devront être intégrés au sein du programme global d'essais de développement et de qualification de manière à assurer l'efficacité financière de la démonstration, ainsi que la disponibilité en temps utile des dispositifs d'essais, du personnel et des moyens.

Les équipements qui ne sont pas sous la responsabilité du titulaire du contrat, c'est-à-dire les équipements sélectionnés par le client, peuvent être exclus de la démonstration.

Le titulaire du contrat devra, cependant, s'assurer que la maintenabilité de ces équipements n'est pas dégradée pendant la démonstration par des interfaces mal adaptés à son propre matériel.

5.2.4.4 Démonstration après modification

Les déficiences devront être corrigées pour tout dispositif qui n'a pas satisfait aux exigences spécifiées. Les parties modifiées, ou bien d'une autre façon concernées par la correction, devront être à nouveau soumises à essais.

5.3 Eléments de la procédure de vérification

5.3.1 Utilisation des sources de données

Les types suivants d'informations peuvent être utilisés pour la vérification de la maintenabilité dans les phases correspondantes du projet:

- données d'expérience sur des équipements similaires;
- données issues de la conception et de la fabrication;
- données de démonstration et d'exploitation.

Toutes les sources possibles pour chacune des catégories mentionnées ci-dessus devront être fournies en tant que première étape dans la procédure de vérification (pour les éléments de détail, voir la section sept).

5.3.2 Acquisition et analyse des données

Les données d'expérience concernant la maintenance en exploitation et les coûts associés devront être extraites de sources officielles et de publications pertinentes, en fonction des disponibilités. Des recueils systématiques de données existent notamment dans le domaine de l'aviation militaire et

- b) A description of the test team and their responsibilities and authority. The composition and responsibilities of this team should be defined in terms of:
 - team organization;
 - specific responsibilities;
 - qualifications, numbers, recruitment sources and training requirements for the test team personnel (see Clause 4 of Appendix A).
- c) A list of support material, facilities and documentation including:
 - maintenance tools, test and checkout equipment, including automatic test equipment;
 - definition of required technical manuals for operation and maintenance trouble-shooting, etc.;
 - required spares and consumable material;
 - safety equipment and procedures;
 - calibration equipment;
 - description of special-to-type maintenance facilities.
- d) Description of the test procedure(s) for demonstration. Statistical test methods and procedures are tabulated in Table AI of Appendix A.
- e) Rules concerning retest.

5.2.4.3 *Conditions and constraints*

Demonstration tests should be integrated into the overall development and qualification test programme in order to assure cost effectiveness of demonstration and timely availability of test items, personnel, and facilities.

Equipment not under the contractor's responsibility, i.e. customer selected equipment, may be excluded from the demonstration.

The contractor should, however, ensure that the maintainability of this equipment is not degraded during the demonstration by adverse interfaces with his own equipment.

5.2.4.4 *Demonstration after modification*

Deficiencies should be corrected in any item which has failed to meet specified requirements. Portions modified or otherwise affected by the correction, should be retested.

5.3 *Elements of the verification procedure*

5.3.1 *Utilization of data sources*

The following types of information can be utilized for maintainability verification in subsequent project phases:

- historical data on similar equipment;
- design and manufacturing data;
- demonstration and field data.

All possible sources for each of the above categories should be provided as a first step in the verification procedure (see Section Seven for details).

5.3.2 *Data acquisition and analysis*

Historical data on field maintenance and related costs should be taken from official sources and relevant publications, as available. Systematic data collections exist notably in military and civil aviation, avionics, electronics and other industrial fields. However, access is sometimes limited to

civile, de l'avionique, de l'électronique ainsi que dans d'autres domaines industriels. Cependant, l'accès en est parfois limité à certains groupes d'utilisateurs. Certaines entreprises disposent, en ce qui concerne leurs produits, d'une expérience en matière de maintenance et peuvent en extraire des données pertinentes.

Les données provenant de la conception et de la fabrication peuvent être obtenues à partir de dessins et d'observations, par exemple à partir du programme d'assurance qualité concernant le contrôle et les reprises de fabrication. Si la vérification de la maintenabilité doit être basée non sur des données d'expérience ou provenant de la conception mais sur des données issues du système même, les données peuvent être fournies au travers des essais de démonstration, d'études spéciales, ou bien de l'utilisation opérationnelle. Un système intégré de recueil des données devra enregistrer toutes les données concernant les défaillances et la maintenance. Le système de recueil des données devra être compatible avec les besoins en matière:

- d'évaluation des données d'essais destinées à la vérification;
- de pratiques opérationnelles afin de faciliter la poursuite de la vérification lors de l'entrée en phase opérationnelle, ce qui signifie que toutes les opérations devront être identifiables en termes de services de maintenance assumés par le client; l'organisation, les procédures ainsi que les responsabilités concernant le recueil des données devront être spécifiées de façon détaillée (voir section sept).

Des ajustements ou bien des troncatures sur les données peuvent être nécessaires pour l'une ou plusieurs des raisons suivantes:

- Similarité de système. Le dispositif qui a fourni les données d'expérience est-il similaire à celui qui doit être soumis à évaluation?
- Modifications de conception. La validité des données a-t-elle été affectée par des changements quelconques de conception ou de configuration?
- Politique de maintenance. L'aptitude des données au transfert d'un dispositif à un autre est-elle influencée par une politique de maintenance différente, par les définitions des niveaux de maintenance, etc.?
- Conditions de maintenance. Les données étaient-elles basées sur les mêmes normes concernant la compétence du personnel, les mêmes outillages de maintenance et les mêmes moyens, les mêmes équipements de contrôle, etc., que ceux concernant le dispositif considéré?
- Environnement. Les contraintes fonctionnelles et d'environnement tout au long de la période de recueil des données (fonctionnement, essais) sont-elles comparables avec celles attendues pour le dispositif considéré?
- Procédure de recueil des données. Cette procédure peut-elle être considérée comme fiable?

Toutes les données devront être examinées et triées avant qu'elles ne soient appliquées à la vérification de la maintenabilité. Des ajustements quelconques peuvent être réalisés par des facteurs typiques des applications considérées autorisant des écarts dus à la technologie, aux conditions, ou bien aux procédures.

5.3.3 *Evaluation*

5.3.3.1 *Evaluation qualitative*

Les données qualitatives sont évaluées en utilisant les listes de contrôles relatives à la conception de la maintenabilité qui constituent l'outil principal d'analyse qualitative de la maintenabilité. Habituellement, elles comprendront une partie générale contenant des critères normalisés et une autre partie qui est propre au système (voir section cinq).

5.3.3.2 *Evaluation quantitative*

Les données quantitatives sont évaluées en utilisant des méthodes statistiques, des modèles mathématiques, ou bien des études comparatives. Les méthodes applicables sont:

certain user groups. Some companies have maintenance experience on their products and can extract relevant data.

Design and manufacturing data can be obtained from drawings and observations, for example, routine quality assurance monitoring and rework. If the maintainability verification is to be based not on historical or design data but on actual system data, the data can be generated through demonstration tests, special studies, or operational use. An integrated data collection system should record all failure and maintenance data. The data collection system should be compatible with the needs of:

- test data evaluation for verification;
- operational practices, to facilitate continuation of the verification into the operational phase which means that all tasks should be identifiable in terms of the customer's maintenance services; the organization, procedures, and responsibilities for data collection should be specified in detail (see Section Seven).

Adjustments or censoring of the data may be necessary for one or more of the following reasons:

- System similarity. Is the item which provided historical data similar to the one to be evaluated?
- Design modifications. Has the validity of the data been affected by any design or configuration changes?
- Maintenance policy. Is data transferability influenced by different maintenance policy, definitions of maintenance levels, etc.?
- Maintenance conditions. Were the data based upon the same standards of personnel skill, maintenance tools and facilities, check-out equipment, etc., as for the item?
- Environment. Are functional and environmental stresses throughout the period (operation, tests) of data collection comparable with those expected for the item?
- Data collection procedure. Can this procedure be considered reliable?

All data should be examined and screened before application to maintainability verification. Any adjustments may be achieved by application factors allowing for deviations in technology, conditions, or procedures.

5.3.3 *Evaluation*

5.3.3.1 *Qualitative evaluation*

Qualitative data are evaluated using maintainability design checklists which are the principal tool for qualitative maintainability analysis. They will normally consist of a general part containing standardized criteria and another part which is specific to the system (see Section Five).

5.3.3.2 *Quantitative evaluation*

Quantitative data are evaluated using statistical methods, mathematical models or comparative studies. Applicable methods are:

— *Evaluation statistique des données opérationnelles*

La maintenance en exploitation fournit des données non traitées concernant un grand nombre d'actions de maintenance couvrant une période donnée. Généralement, l'évaluation comprend la mise en ordre et le groupement des données selon les nécessités requises, l'assemblage des données à l'intérieur de groupes et le calcul des indicateurs globaux de maintenabilité.

— *Evaluation statistique des données d'essais*

Les essais de démonstration de la maintenabilité sont utilisés afin de juger, vis-à-vis des critères d'acceptation et/ou de rejet, à partir du comportement d'un échantillon limité soumis à des essais, celui d'une population entière. Diverses méthodes d'essais peuvent être utilisées en fonction des exigences de maintenabilité spécifiées. Les temps de maintenance devront être soumis à traitement, conformément à des méthodes statistiques prescrites, dans le but d'aboutir à une décision finale. Aucune caractéristique certifiée de maintenabilité n'est obtenue par cette procédure, mais l'on dispose plutôt d'affirmations de nature probabiliste concernant la réalisation d'exigences données associée à des risques définis.

— *Evaluation des données d'expérience et de celles provenant de la conception*

Les données de maintenabilité, basées sur l'expérience antérieure concernant des équipements similaires ou bien sur des informations en provenance directe de la conception et de la fabrication, peuvent être utilisées. Elles constituent une entrée pour des modèles mathématiques conçus pour le calcul analytique des caractéristiques de maintenabilité prescrites. La structure du modèle dépend de la nature des données.

5.3.3.3 *Exceptions et exclusions*

Les procédures d'évaluation mentionnées ci-dessus devront établir quels sont les événements qui doivent être exclus et non pris en considération. Généralement, de tels événements comprendront:

- la maintenance liée à des défaillances de matériels d'essais;
- la maintenance due à des défaillances secondaires résultant de la méthode de simulation des défaillances;
- les réparations liées à des dégâts accidentels, etc.

5.3.4 *Comparaison*

La dernière étape dans le processus de vérification est la comparaison des résultats avec les exigences spécifiées. Dans ce cadre, diverses questions peuvent être soulevées:

- Le résultat de l'évaluation peut-il être considéré comme statistiquement significatif?
- Le résultat satisfait-il aux exigences de maintenabilité spécifiées?
- Le résultat s'écarte-t-il de façon significative des résultats d'expérience acquis sur des systèmes antérieurs comparables?

Les conséquences d'échecs liés au non-respect des exigences de maintenabilité spécifiées, ou des critères d'acceptation, devront être spécifiées dans le contrat.

— *Statistical evaluation of operational data*

Field maintenance generates unprocessed data on numerous maintenance actions over a period. The evaluation normally includes ordering and grouping of data as required, compilation of data within groups and calculation of overall maintainability indices.

— *Statistical evaluation of test data*

Maintainability demonstration tests are used to assess the behaviour of a total population from a limited test sample using acceptance/rejection criteria. Various test methods can be used, depending on the specified maintainability requirements. Maintenance times should be processed in accordance with prescribed statistical methods, in order to reach a final decision. No absolute maintainability figures are obtained by this procedure, but, rather, probability statements for the achievement of given requirements under defined risks.

— *Evaluation of historical and design data*

Maintainability data based on previous experience with similar equipment or direct design and manufacturing information can be used. These form an input to mathematical models designed for the analytical computation of prescribed maintainability figures. The structure of the model depends on the type of data.

5.3.3.3 *Exceptions and exclusions*

The above evaluation procedures should state which events are to be excluded from consideration. Normally these will include:

- maintenance associated with failure of test instrumentation;
- maintenance due to secondary failure resulting from the failure simulation method;
- repair of accident damage, etc.

5.3.4 *Comparison*

The last step in the verification process is the comparison of results with specified requirements. Various questions may be raised in this context:

- Can the result of the evaluation be considered statistically significant?
- Does the result meet specified maintainability requirements?
- Does the result deviate significantly from experience with comparable previous systems?

The consequences of failure to meet specified maintainability requirements or acceptance criteria should be stated in the contract.

SECTION SEPT — RECUEIL, ANALYSE ET PRÉSENTATION DES DONNÉES RELATIVES À LA MAINTENABILITÉ

Cette section fournit un aperçu des considérations devant être prises en compte concernant le recueil, l'analyse et la présentation des données relatives à la maintenabilité.

6. Introduction

Les données relatives à la maintenabilité sont nécessaires à plusieurs étapes du cycle de vie d'un dispositif afin de procéder à des évaluations.

Le recueil, l'analyse et la présentation des données relatives à la maintenabilité peuvent être demandés pendant et à la fin de la phase de conception, ainsi que durant la phase de production du dispositif et lors de son utilisation. De telles données sont généralement mises à la disposition de l'utilisateur potentiel par le fournisseur du dispositif sous la forme d'un recueil de données de maintenabilité, document présentant les données ainsi que les justifications de leur validité.

Les principales caractéristiques de maintenabilité concernées sont les durées actives d'indisponibilité liées à la maintenance corrective et à la maintenance préventive ainsi que celles consacrées par le personnel à la maintenance. Les informations relatives à la logistique de maintenance devront aussi être fournies en précisant le personnel et les moyens nécessaires.

Il est important, pour la présentation des données relatives à la maintenabilité, de prendre en compte le concept de maintenance, la définition des termes, la description des sources de données, les méthodes d'analyse et la méthode de présentation des données. Le contenu proposé pour chacun de ces éléments est indiqué dans la présente section du guide.

7. Définition des termes utilisés

Les termes généraux de maintenabilité utilisés dans cette section du guide sont conformes à la Publication 271 de la CEI.

En outre, les termes spécifiques suivants sont utilisés:

7.1 *Politique de maintenance*

Description de la relation entre les niveaux de maintenance, les échelons de maintenance et les conditions de maintenance, relation qui doit être appliquée pour la maintenance d'un dispositif.

7.2 *Concept de maintenance*

Application d'une politique générale de maintenance à un dispositif spécifique.

7.3 *Temps de remise en état automatique*

Temps nécessaire pour qu'un dispositif revienne automatiquement dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise.

7.4 *Centre logistique du logiciel*

Service de maintenance centralisée du logiciel.

8. Concept de maintenance

Afin de clarifier la compréhension des données relatives à la maintenabilité qui doivent être présentées, il est essentiel de définir le concept de maintenance lié au dispositif particulier, et s'appliquant aux données correspondantes. La liste de contrôle indiquée ci-après illustre le genre d'informations généralement requises.

SECTION SEVEN — COLLECTION, ANALYSIS AND PRESENTATION OF DATA RELATED TO MAINTAINABILITY

This section provides an overview of the considerations to be taken in the collection, analysis and presentation of maintainability-related data.

6. Introduction

Maintainability-related data are required at several points during the item life cycle for evaluation purposes.

Collection, analysis and presentation of maintainability-related data may be required during and at the completion of design, and during item production and operation. Such data are typically submitted by the item supplier to the intended user in a maintainability data report which presents the data along with the supporting rationale.

Key maintainability characteristics of concern are corrective and preventive active maintenance downtime and manhours. Maintenance support information should also be provided defining the personnel and facilities required.

In the presentation of maintainability-related data, it is important to consider the maintenance concept, the definitions of terms, the description of data sources, the analysis procedures and the method for displaying the data. The suggested scope for each of these factors is outlined in this section of the guide.

7. Definitions of terms

General maintainability terms used in this section of the guide comply with IEC Publication 271.

In addition, the following specific terms are used:

7.1 *Maintenance policy*

A description of the interrelationship between levels of maintenance, lines of maintenance and maintenance conditions to be applied for the maintenance of an item.

7.2 *Maintenance concept*

Application of a general maintenance policy to a specific item.

7.3 *Automatic recovery time*

The time needed to restore an item automatically to a condition where it can perform a required function.

7.4 *Software support centre*

Centralized software maintenance service.

8. Maintenance concept

To provide a clear understanding of the maintainability-related data to be presented, it is essential to define the particular item maintenance concept applying to the data. The checklist below illustrates the type of information typically required.

Renseignements nécessaires concernant le concept de maintenance

- a) Référence du dispositif.
- b) Description du dispositif.
- c) Fonction du dispositif.
- d) Date.
- e) Concept de maintenance:
 - exigences de compétences;
 - exigences d'équipements de support logistique;
 - exigences de documentation technique;
 - exigences en matière de formation.

Les renseignements relatifs au concept de maintenance peuvent être fournis pour plusieurs échelons de maintenance selon les nécessités, par exemple au niveau du dispositif lui-même, ou au niveau local ou bien au niveau du centre de dépôt logistique.

9. Sources de données

Les données relatives à la maintenabilité peuvent provenir de diverses sources telles que:

- données d'expérience provenant de dispositifs similaires;
- données provenant de la conception et/ou de la fabrication du dispositif;
- données provenant d'essais de démonstration ainsi que de l'exploitation du dispositif.

Elles peuvent être exprimées sous forme de valeurs spécifiquement adaptées (vraies, prévues, estimées, extrapolées) des mesures fondamentales de maintenabilité.

Les éléments à prendre en considération pour décrire chacune des sources de données mentionnées ci-dessus sont indiqués dans ce qui suit.

9.1 Données d'expérience

L'origine des données d'expérience (par exemple utilisation opérationnelle, atelier de réparation et centre logistique du logiciel) ainsi que le dispositif auquel elles s'appliquent devront être décrits, de même que les raisons pour lesquelles ces données s'appliquent au dispositif considéré. Les méthodes utilisées pour le recueil des données, de même que les niveaux de compétence et de formation constatés pour le personnel de maintenance, devront être précisés. Les différences qui pourraient influencer l'application des données d'expérience vis-à-vis du dispositif considéré devront être discutées.

Les données d'expérience devront d'abord être utilisées lors de la phase de définition conceptuelle ainsi que pour l'établissement de spécifications. Pour les phases ultérieures du cycle de vie du dispositif, elles devront être prises en considération conjointement avec les données effectives enregistrées sur le dispositif lui-même. Elles peuvent également servir de source supplémentaire d'informations pour vérification de la maintenabilité (voir section six).

9.2 Données provenant de la conception et/ou de la fabrication du dispositif

Si les données relatives à la maintenabilité proviennent de données obtenues durant la phase de conception et/ou de fabrication (par exemple essais lors du développement, mises en œuvre à l'occasion des étapes de fabrication ou d'assemblage) au travers de la pratique de l'analyse de conception ou bien de la prévision, la méthode utilisée doit être précisée. Une argumentation devra être fournie quant à la façon selon laquelle la méthode aura été choisie et appliquée, sans oublier de tenir compte et de signaler toute limitation éventuelle concernant la précision des données. La section cinq du guide de maintenabilité précise les méthodes d'analyse de conception et d'évaluation.

Maintenance concept information necessary

- a) Item reference.
- b) Item description.
- c) Item function.
- d) Date.
- e) Maintenance concept:
 - skill requirements;
 - support equipment requirements;
 - technical documentation requirements;
 - training requirements.

The information regarding the maintenance concept may be provided for several lines of maintenance as required, for example, on-item, local, depot/support centre.

9. Data sources

Maintainability-related data may be obtained from several sources including:

- historical data from similar items;
- item design/manufacturing data;
- item demonstration and field data

They may be expressed in terms of modified values (true, predicted, estimated, extrapolated) of basic maintainability measures.

Points to consider in describing each of the above data sources follow.

9.1 Historical data

The origin of the historical data (e.g. field operation, repair shop and software support centre) and the item on which they are based should be described and the reasons why they apply to the current item presented. Methods used to collect the data, together with training and skill levels of maintenance personnel observed, should be stated. Discrepancies which might affect the applicability of historical data to the item under consideration should be discussed.

Historical data should be used primarily during the concept definition phase and for specification purposes. In later phases of the item life cycle, they should be considered in relation to actual data obtained for the current item. They can also serve as an additional source of information for maintainability verification (see Section Six).

9.2 Item design/manufacturing data

If maintainability-related data are obtained from data generated during the design/manufacturing phase (e.g. development tests, production or assembly operations), through the use of design analysis or prediction, the method used shall be identified. A discussion should be provided as to how the method was selected and applied, noting any possible limitation in data accuracy. Section Five of the maintainability guide discusses design analysis and evaluation methods.

Les données provenant de la conception et/ou de la fabrication peuvent être utilisées pour servir de base à:

- la qualification et l'acceptation du dispositif relativement aux exigences de maintenabilité;
- l'examen de la pertinence des données d'expérience et la validité d'estimations antérieures de maintenabilité.

9.3 *Données provenant d'essais de démonstration ainsi que de l'exploitation du dispositif*

Des données relatives à la maintenabilité peuvent être obtenues à partir d'essais de démonstration effectués sur des maquettes, des prototypes ou sur des matériels issus de la fabrication, dans un environnement réel ou simulé, ou bien à partir de données fournies durant l'utilisation du dispositif (par exemple centre logistique, atelier de réparation, exploitation). Les méthodes utilisées pour la sélection des opérations de maintenance, les procédures de contrôle et de collecte des données devront être décrites. Le niveau de compétence du personnel de maintenance ainsi que la formation qu'il aura reçue devront être précisés. La section six expose plusieurs méthodes de vérification de la maintenabilité. La comparaison et la confrontation des données provenant des essais de démonstration avec celles en provenance de l'exploitation constituent le moyen fondamental destiné à servir de support aux activités des services techniques lors de la phase de mise en service du dispositif durant son cycle de vie.

10. Méthodes d'analyse

Pour la présentation des données relatives à la maintenabilité dans le cadre d'essais de conformité ou bien d'essais de détermination, les méthodes d'analyse utilisées doivent être décrites. Les points importants comprennent:

- le choix des données;
- l'analyse des distributions;
- le calcul des paramètres.

10.1 *Choix des données*

Les mesures prises pour s'assurer de la précision, de l'exhaustivité et de la validité des données devront être décrites. Dans le cas où des sélections quelconques seraient effectuées, les règles utilisées ainsi que les raisons ayant conduit à de telles opérations devront être indiquées (voir section six).

10.2 *Analyse des distributions statistiques*

Si les données doivent être statistiquement analysées, il est nécessaire de déterminer la distribution. La méthode de test de la distribution devra être décrite, de même que les raisons ayant conduit à la sélection. Les méthodes classiques comprennent les tests du χ^2 , de Kolmogorov-Smirnov, ainsi que les tests graphiques. La section neuf fournira des informations complémentaires sur ces méthodes.

10.3 *Calcul des paramètres*

Les éléments de base pour le calcul de tous les paramètres de maintenabilité à présenter devront être établis. Si certains paramètres doivent être calculés sur la base d'un domaine d'appartenance cumulé ou d'un intervalle de classe, la méthode à utiliser devra être précisée. Si des modèles mathématiques de maintenabilité doivent être utilisés, ils devront être complètement décrits. La section neuf de ce guide fournira des indications sur le calcul des moyennes arithmétique et géométrique, sur les limites de confiance ainsi que sur les fractiles choisis, cela pour les distributions log-normale, normale et multimodales qui sont les distributions les plus communément utilisées en maintenabilité. Pour d'autres types de distributions, les valeurs correspondantes peuvent être trouvées dans des ouvrages de statistique.

Design/manufacturing data may be used as the basis for:

- item qualification and acceptance with regard to maintainability requirements;
- review of the relevancy of historical data and the validity of previous maintainability assessments.

9.3 *Item demonstration and field data*

Maintainability-related data may be obtained from demonstration tests on mock-ups, prototypes or production equipment in a true or simulated environment, or from data generated during item use (e.g. support centre, repair work shop, field operations). Methods of selecting maintenance actions, data monitoring and recording techniques should be described. The skill level of maintenance personnel and the training they received should be noted. Section Six discusses several maintainability verification techniques. The feedback of demonstration and field data is the primary means of sustaining engineering activities during the in-service phase of the item life cycle.

10. **Analysis procedures**

When presenting maintainability-related data for compliance testing and for determination testing, the analysis procedures used shall be described. Matters of importance include:

- data editing;
- distribution analysis;
- parameter computation.

10.1 *Data editing*

Actions taken to assure the accuracy, completeness and validity of the data should be described. If any censoring is performed, the rules used and reasons for performing these operations should be presented (see Section Six).

10.2 *Statistical distribution analysis*

If the data are to be analyzed statistically, it is necessary to determine the distribution. The method of testing the distribution should be described, with the reasons for selection. Common methods include the χ^2 , Kolmogorov-Smirnov and graphical tests. Section Nine will provide further information on these methods.

10.3 *Parameter computation*

The basis for computing all maintainability parameters to be presented should be stated. If selected parameters are to be computed on a cumulative or interval basis, the method to be used should be detailed. If maintainability mathematical models are to be used, they should be fully described. Section Nine of this guide will provide guidance on the computation of the arithmetic and geometric means, confidence limits and selected fractiles for the lognormal, normal and multimodal distributions, which are those most commonly used in maintainability. For other types of distribution, corresponding values can be found in statistical text books.

11. Présentation des données

La présentation des données concernant la maintenance est typiquement utilisée pour:

- les actions correctives;
- les actions préventives;
- les actions modificatives.

En outre, les données relatives à la logistique de maintenance devront être présentées afin d'enrichir le potentiel nécessaire d'informations.

Les données relatives à la maintenabilité sont normalement exprimées sous forme de paramètres définis dans la Publication 271 de la CEI. Les termes utilisés, qui ne sont pas inclus dans la publication mentionnée ci-dessus, devront être entièrement définis en tant que partie de la présentation des données.

11.1 Maintenance corrective

Les actions correctives peuvent inclure une modification. Le temps de maintenance corrective est habituellement exprimé sous forme de temps de réparation active et se décompose en plusieurs sous-éléments. Le tableau I, page 38, présente un formulaire typique de synthèse pour l'enregistrement des données de détail correspondant à une série d'éléments de réparation active inclus dans la maintenance corrective. Le formulaire permet l'identification de l'élément défaillant (référence de l'élément), du type de défaillance (panne), des techniciens effectuant la maintenance, du nombre de personnes requises ainsi que des composants élémentaires du temps d'indisponibilité. Il serait applicable à des données issues d'essais en développement ou en phase opérationnelle.

Des données issues de sources expérimentales ou de sources prévisionnelles peuvent être présentées sur la base de l'expérience vécue, exprimée sous forme de valeurs moyennées (moyenne) ou de valeurs médianes plutôt que par des éléments individuels de données. Le tableau II, page 38, présente un formulaire envisageable pour des données provenant de ces sources avec une synthèse (moyenne) des données d'essais. Dans ce formulaire, pour chaque sous-unité importante du dispositif, la moyenne du temps de réparation active ainsi que ses sous-composantes sont indiquées, de même que les écarts types. Si on le souhaite, des fractiles choisis pourraient être affichés à la place de l'écart type, par exemple le fractile d'ordre 0,95.

D'autres paramètres utilisés pour caractériser des aspects de maintenance corrective comprennent:

- le taux de détection automatique de défaillance (dispositif en fonctionnement);
- le taux de remise en état automatique après défaillance;
- la localisation de défaillance, automatique ou manuelle, assortie d'un degré de précision de localisation spécifié;
- l'efficacité des procédures de réparation automatiques ou manuelles;
- la moyenne ou le fractile du temps de remise en état active.

Pour ces paramètres, des valeurs moyennées peuvent découler de sources expérimentales ou prévisionnelles ainsi que de données d'essais synthétisées.

11.2 Maintenance préventive

La présentation de données relatives à la maintenance préventive nécessite que la durée des tâches soit identifiée de même que leurs fréquences. Le tableau III, page 40, présente le formulaire qui pourrait être utilisé pour ces données. Les durées sont habituellement exprimées sous forme de temps de maintenance préventive active. Un temps d'indisponibilité observé pendant la maintenance préventive non active peut être rajouté si nécessaire. Afin de faciliter l'organisation de la maintenance, il est souhaitable d'estimer pour chaque tâche la durée de maintenance en nombre d'hommes-heures. En plus des informations détaillées de chaque tâche, une synthèse globale des temps de maintenance préventive devra être présentée.

11. Data presentation

Maintenance data presentation is typically developed for:

- corrective actions;
- preventive actions;
- modification actions.

In addition, maintenance support data should be presented, to provide necessary background information.

Maintainability-related data are normally expressed in terms of parameters defined in IEC Publication 271. Terms used, but not included in the above mentioned publication shall be fully defined as part of the data presentation.

11.1 *Corrective maintenance*

Corrective actions may include modification. Corrective maintenance time is typically expressed in active repair time, consisting of several sub-elements. Table I, page 39, presents a typical summary form for recording the details of a series of active repair elements included in corrective maintenance. The form identifies the failed unit (unit reference), the type of failure (fault), the technicians performing maintenance, the number of men required, and the individual elements of downtime. It would be applicable to data derived from development or operational tests.

Data derived from historical or prediction sources may be presented on the basis of experience expressed as average (mean) or median values rather than by individual data items. Table II, page 39, illustrates a possible form for data from these sources with summarized (averaged) test data. In this form, for each major sub-unit of the item, the average active repair time and its sub-elements are shown, with the standard deviations. If desired, selected fractiles could be displayed instead of the standard deviation, for example the 95th fractile.

Other parameters used to characterize aspects of corrective maintenance include:

- automatic failure detection ratio (item operating);
- automatic failure recovery ratio;
- automatic or manual failure location, with stated accuracy of location;
- efficiency of automatic or manual repair procedures;
- mean or fractile active recovery time.

Average values for these parameters may be derived from historical or prediction sources and summarized test data.

11.2 *Preventive maintenance*

Presentation of preventive maintenance data requires that the duration of the tasks be identified along with their frequencies. Table III, page 41, illustrates the form these data could take. The durations are usually expressed in terms of active preventive maintenance time. Observed non-active preventive maintenance downtime may be added when necessary. To aid maintenance planning, it is desirable to estimate maintenance man-hours for each task. In addition to the detailed task information, an overall summary of preventive maintenance times should be presented.

11.3 *Données relatives à la logistique de maintenance*

Les données relatives à la logistique de maintenance peuvent être exigées afin d'aider l'utilisateur du dispositif à planifier sa logistique. Les éléments essentiels des données devront s'appuyer sur les informations concernant le concept de maintenance recommandé, les exigences en matière de formation, les outillages spécifiques ou autres matériels de support logistique ainsi que sur la documentation technique utilisée. En outre, les exigences de maintenance préventive devront être détaillées en termes de:

- tâches principales de maintenance préventive;
- exigences concernant les compétences du personnel ainsi que le matériel de support logistique;
- influence de ces éléments sur la durée d'indisponibilité et le nombre d'hommes-heures.

Des données complémentaires relatives à la logistique de maintenance concernant les temps administratifs, l'utilisation et la livraison des éléments de rechange, etc., peuvent être rajoutées si nécessaire. Des informations complémentaires concernant la logistique de maintenance seront fournies dans la section huit.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-3:1987

11.3 *Maintenance support data*

Maintenance support data may be required to aid the item user to plan for its support. Principal data elements should be supported by information on the recommended maintenance concept, training requirements, special tools or other support equipment and also the technical documentation used. Additionally, the preventive maintenance requirements should be detailed in terms of:

- major preventive maintenance tasks;
- requirements for personnel skills and support equipment;
- impact of these on downtime and man-hours.

Further maintenance support data regarding administrative times, spare parts usage and delivery, etc., may be added as required. Further information on maintenance support will be found in Section Eight.

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60706-3:1987

TABEAU I

Formulaire de synthèse des données relatives aux opérations de réparations actives

Numéro de l'opération	Référence de l'élément	Panne	Techniciens	Nombre de personnes	Sous-éléments du temps de réparation active (heures)					
					Diagnostic	Délai technique	Remise en état	Contrôle final	Total	Nombre d'hommes-heures
1	UOI-1	CR-1		1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5
2	UOI-1	C-24		2	0,7	0,2	0,2	0,2	1,3	2,6
3	UOI-5									

UOI = unité opérationnelle d'interchangeabilité.

TABEAU II

Formulaire de synthèse des temps relatifs aux réparations actives

Référence de l'élément	Temps de diagnostic		Délai technique		Temps de remise en état		Temps de contrôle final		Temps total	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
UOI-1	0,2	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,1	0,05	0,5	0,05
UOI-5	0,7	0,1	0,2	0,05	0,2	0,05	0,2	0,05	1,3	0,09

UOI = unité opérationnelle d'interchangeabilité.

TABLE I
Active repair task data summary form

Task number	Unit reference	Fault	Technicians	Number of men	Active repair time sub-elements (hours)					
					Diagnosis	Technical delay	Restoration	Final check	Total check	Man-hours
1	LRA-1	CR-1		1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	0.5
2	LRA-1	C-24		2	0.7	0.2	0.2	0.2	1.3	2.6
3	LRA-5									

LRA = Line-replaceable assembly.

TABLE II
Active repair time summary form

Unit reference	Diagnosis time		Technical delay		Restoration time		Final check time		Total time	
	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
LRA-1	0.2	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.1	0.05	0.5	0.05
LRA-5	0.7	0.1	0.2	0.05	0.2	0.05	0.2	0.05	1.3	0.09

LRA = Line-replaceable assembly.