

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Gestion de la sûreté de fonctionnement –
Partie 3-14: Guide d'application – Supportabilité et soutien**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Gestion de la sûreté de fonctionnement –
Partie 3-14: Guide d'application – Supportabilité et soutien**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 03.100.40, 03.120.01

ISBN 978-2-8322-9382-9

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	9
4 Overview of supportability and support	13
4.1 Description of supportability and support	13
4.2 Principles.....	14
4.3 Benefits	15
4.4 Interfaces.....	15
4.4.1 General	15
4.4.2 Effect of supportability and support on reliability	16
4.4.3 Effect of supportability and support on maintainability.....	16
4.4.4 Effect of supportability and support on availability	16
4.4.5 Effect of supportability and support on life cycle cost.....	16
5 Specifying for supportability and support	16
5.1 General.....	16
5.2 Defining requirements	17
5.3 Attributes of supportable items.....	17
5.4 Measures of supportability	18
6 Supportability and support programme	19
6.1 General.....	19
6.2 Project management.....	20
6.3 Planning and constraints.....	20
7 Managing supportability and support over the life cycle	23
7.1 General.....	23
7.2 Concept stage.....	23
7.2.1 Initial considerations.....	23
7.2.2 Restoration options.....	23
7.2.3 Types of support.....	24
7.2.4 Establish a support data repository.....	25
7.2.5 Supportability analysis.....	25
7.3 Development stage	25
7.4 Realization stage	26
7.5 Utilization stage	27
7.6 Retirement or reuse	27
8 Assurance	28
8.1 Assurance objectives	28
8.2 Methods of assurance.....	28
8.2.1 Verification	28
8.2.2 Dependability case	29
9 Supportability and support information.....	29
9.1 Data collection	29
9.2 Configuration management	30
9.3 Document management	31
9.4 Technical manuals	31

9.4.1	General	31
9.4.2	Development of a technical manual	33
9.4.3	Evaluation	34
9.4.4	Amendment of documentation.....	34
9.4.5	Event reporting	34
9.4.6	Communication.....	34
10	Resource management.....	35
10.1	Provision of resources	35
10.2	Human resources.....	35
10.3	Training	35
10.4	Support equipment.....	36
10.4.1	General	36
10.4.2	Types of support equipment.....	36
10.4.3	Selection of support equipment.....	37
10.4.4	Support equipment data.....	37
10.4.5	Automatic test equipment	37
10.4.6	Calibration	38
10.4.7	Repair of support equipment.....	38
10.4.8	Built-in test equipment (BITE).....	38
10.5	Support facilities	39
10.5.1	Work area facilities	39
10.5.2	Administration and technical facilities.....	39
10.5.3	Facilities for computerized support information systems	39
10.6	Spare parts and consumables.....	40
10.6.1	General	40
10.6.2	Spare parts' quality.....	40
10.6.3	Spare parts' quantification	41
10.6.4	Spare parts' identification	42
Annex A (informative)	Maintenance types influencing supportability and support	43
A.1	General.....	43
A.2	Repair whilst the essential functions of the system continue to operate.....	43
A.2.1	Redundancy of a part	43
A.2.2	Standby redundancy	43
A.2.3	Redundancy for a subsystem.....	43
A.2.4	Redundancy for a defined time period.....	44
A.2.5	Maintenance during low performance demand or dwell time	44
A.3	Maintenance when the system is not operating	44
A.3.1	Planned stoppage.....	44
A.3.2	Operate to failure.....	45
Annex B (Informative)	Supportability and support analysis.....	46
B.1	Techniques associated with supportability analysis	46
B.2	Feasibility estimation	46
B.3	Allocation.....	47
B.4	Prediction	47
B.5	Detailed analysis approach	48
B.6	Costs considered during the detailed analysis approach	48
B.6.1	Individual costs.....	48
B.6.2	Cost interactions.....	50
B.6.3	Cost comparison examples	50

Annex C (informative) Economic ordering of replacements	53
C.1 Performance and specification considerations.....	53
C.2 Continuous ordering of spare parts	53
C.3 Batch ordering of spare parts	53
Annex D (informative) Example of support delay times and other associated times	55
D.1 Example timeline	55
D.2 Delay time assessments	56
Bibliography.....	57
Figure 1 – Spare parts provisioning process	42

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2004. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) consistency with the other core dependability standards prepared by IEC TC 56;
- b) expansion of supportability and support principles and activities in dependability.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
56/2050/FDIS	56/2055/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2 and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 60300 series, published under the general title *Dependability management*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

INTRODUCTION

This document provides guidance on how to identify and apply appropriate analysis and assurance techniques for supportability and support on an item. This document includes good practice, the measures appropriate for requirements and how to evaluate them. This document also includes the relationship with other dependability attributes together with the elements of an effective supportability and support programme. Support, in the context of this document, is the provision of quality resources to enable an item to perform as required. Supportability focuses on:

- identifying and quantifying:
 - support for a defined item in a given context of use;
 - time to provide that support;
 - resourcing, cost and quality of the support activity;
 - quality of the delivered support;
- influencing the design of an item and support arrangements to achieve value over the item's life.

A primary objective of "designing for item supportability" is to influence the support activity during operations and maintenance. However, supportability is not just an attribute of the design as it is also dependent on the conditions of use and the organization providing the support arrangements. Achieving the desired capabilities inherent in an item design implies that the necessary support capability is also designed, implemented and continuously evolved to align with changes to the item's configuration and its conditions of use including the capability of the managing organization and its suppliers. Supportability of an item ensures that:

- support requirements to achieve a desired item capability are balanced and known;
- financial capability to deliver that support is known for the short and long term;
- there is a desired balance between item design, the design of the support and the design of the organization delivering that support in order to achieve technical and financial requirements.

Support is a major contributor to the overall costs for an item to operate smoothly throughout its life for a given life profile. The current trend is to extend the life of an item by ensuring spares and other support resources are readily available over a longer period of time (particularly for items which will have problems such as obsolescence). The current trend also aims to ensure that parts are retired and recycled in a sustainable manner. Supportability will benefit from innovative solutions if it is to meet these future sustainability and circularity demands.

An item which is easily supported is better able to withstand adversity and recover from it. Such an item is more resilient and less reliant on the people and systems that can be affected by serious adverse events and situations.

An effective supportability and support programme ensures that the customer will have increased confidence in the support organization, with lower life cycle costs, improved availability and fewer modifications due to supportability deficiencies. In turn, this will result in improved customer confidence in the item leading to improved sales as well as improved sales for future items from the same company.

This document is one of the "top-level" interrelated dependability standards that provide managers and technical personnel with guidance on how to effectively plan and implement dependability activities. Other documents in the suite are:

- IEC 60300-1 which highlights the importance and benefits of managing dependability. It gives guidance on dependability activities and how to integrate them into an existing management system and life cycle processes;
- IEC 60300-3-4 which provides guidance for writing dependability requirements in specifications, together with the means of assuring the achievement of those requirements;
- IEC 60300-3-10 which provides guidance on how to identify and apply appropriate analysis and assurance techniques for maintainability (and maintenance);
- guidance documents to cover reliability and availability which are under development.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

DEPENDABILITY MANAGEMENT –

Part 3-14: Application guide – Supportability and support

1 Scope

This part of IEC 60300 introduces the dependability attribute of supportability (and support) and the relationship with related dependability attributes of reliability, maintainability and availability.

This document can be used at any time during an item's life to guide the planning and implementing of supportability and support activities focused on achieving an intended balance of performance, cost and risk. All activities can be tailored to the nature of the item and its conditions of use.

Guidance is offered on how supportability and support activities can be applied at any life cycle stage for newly designed items, existing items available for commercial procurement, or for items during their operational life.

This document considers the life cycle implications by formally managing risks associated with the management and delivery of activities to create, operate, maintain and refurbish an item to achieve its stated purpose.

This document describes the:

- nature of supportability and support;
- role of supportability and support in achieving item value over its life;
- trade-offs associated with supportability and support to achieve desired balance of cost, performance and risk during the life of an item;
- importance of aligning the structure of an organization with its objectives, with the ultimate aim of improving efficiency and effectiveness in order to deliver the required supportability and support.

2 Normative references

There are no normative references in this document.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1

availability

ability to be in a state to perform as required under given conditions

Note 1 to entry: Availability depends upon the combined attributes of the reliability (IEV 192-01-24), maintainability (IEV 192-01-27), supportability (IEV 192-01-31) and the maintenance and support provided.

Note 2 to entry: Given conditions include aspects that affect availability, such as: mode of operation, stress levels, environmental conditions and maintenance, as well as conditions defined in the life profile.

Note 3 to entry: Availability can be quantified using measures defined in IEC 60050-192, Section 192-08, Availability related measures.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-23, modified – The definition is no longer specific, "under given conditions" has been added and the existing Notes to entry have been replaced with new Notes to entry.]

3.2

built-in test

BIT

integrated capability of a test item enabling automatic fault recognition and fault localization

[SOURCE: IEC 60706-5:2007, 3.1.1.]

3.3

built-in test equipment

BITE

hardware and firmware built into an item exclusively for the purpose of carrying out built-in test

3.4

corrective maintenance

maintenance carried out after fault detection to effect restoration

Note 1 to entry: Corrective maintenance of software invariably involves some modification.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-06]

3.5

dependability

ability to perform as and when required

Note 1 to entry: A dependable item or service is one where there is justified confidence that it operates as desired and satisfies agreed stakeholder expectations.

Note 2 to entry: In most cases, the term "dependability" is used as an umbrella term to express its core attributes of reliability, maintainability and supportability and the resulting availability. In some cases, attributes such as resilience, recoverability, durability, integrity, safety, security, and trustworthiness are included in or overlap with dependability.

Note 3 to entry: In order to express the ability to perform, requirements are specified in terms of functions to be performed, when the performance is to be achieved, and the life profile conditions.

Note 4 to entry: The attributes of dependability can be expressed qualitatively or quantitatively.

Note 5 to entry: It is also a common practice to use the term "dependability" in the context of a subject of study or discipline.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-22, modified – The definition is no longer specific, existing Notes to entry have been replaced with new Notes to entry.]

3.6

item

subject being considered

Note 1 to entry: The item can be an individual part, component, material, device, functional unit, equipment, subsystem, system, product, service or process.

Note 2 to entry: The item can consist of hardware, software, people or any combination thereof.

Note 3 to entry: The item is often comprised of elements that can each be individually considered. See sub item (IEV 192-01-02) and indenture level (IEV 192-01-05).

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-01, modified – In Note 1 to entry, "material, product, service or process" has been added and the Notes referring to IEC 60050-191 have been deleted.]

3.7

life cycle

series of identifiable stages through which an item goes, from its conception to disposal

EXAMPLE A typical system life cycle consists of: concept and definition; design and development; construction, installation and commissioning; operation and maintenance; mid-life upgrading, or life extension; and decommissioning and disposal.

Note 1 to entry: The stages identified will vary with the application.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-09]

3.8

life profile

stresses on an item, their levels, content, duration and sequence encountered during the life cycle

Note 1 to entry: Stresses can be internal (such as operating cycles) or external (such as environmental stress, input power level and rate of service requests over the network).

Note 2 to entry: Life profile can be actual, expected or predicted.

3.9

maintainability

ability to be retained in, or restored to a state to perform as required, under given conditions

Note 1 to entry: Given conditions include location for maintenance, accessibility, maintenance procedures and maintenance resources as well as conditions defined in the life profile.

Note 2 to entry: Maintainability can be quantified using appropriate measures. See IEC 60050-192:2015, Section 192-07, Maintainability and maintenance support: measures.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-27, modified – The definition has been generalized and reworded, "of use and maintenance" has been deleted and the existing Notes to entry have been replaced with new Notes to entry.]

3.10

maintenance concept

maintenance objectives, line of maintenance, indenture levels, maintenance levels, maintenance support and their interrelationships

Note 1 to entry: The maintenance concept provides the basis for maintenance planning, determining supportability requirements and developing logistic support.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-02, modified – The first preferred term "maintenance policy" has been deleted and in the Note, "policy" has been replaced with "concept".]

3.11

mean waiting time

MWT

average time for a spare part to be made available to repair an item

Note 1 to entry: If a spare part is available as a stock item, then the waiting time is zero. The worst waiting time is the repair turnaround time.

3.12

off-the-shelf

OTS

non-developmental item of supply that is both commercial and sold in substantial quantities in the commercial marketplace

Note 1 to entry: Sometimes referred to as COTS (commercial off-the-shelf) or MOTS (modified off-the-shelf).

[SOURCE: IEC 62741:2015, 3.1.3]

3.13

preventive maintenance

maintenance carried out to mitigate degradation and reduce the probability of failure

Note 1 to entry: See also condition-based maintenance (IEV 192-06-07) and scheduled maintenance (IEV 192-06-12).

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-05, modified – The second preferred term "preventative maintenance" has been deleted.]

3.14

repair turnaround time

RTRT

time taken for a failed part to be repaired and returned to store (including transportation)

3.15

replacement rate

rate at which an item is replaced to meet specified operational requirements over a period of time

Note 1 to entry: The likelihood of failures detected when no fault is found shall be included in the calculation of the replacement rate. Some failures (secondary failures) are induced by external events, such as inappropriate repair, failure of other items. For these reasons the replacement rate, and not the failure rate, shall be applied in spare parts quantification. The replacement rate includes all factors which are influencing the number of replacements of an item.

3.16

special type equipment

STE

equipment which is required for performing a specific task for a specific item

EXAMPLE Tools, jigs and test equipment.

3.17

support

<in dependability> provision of resources to enable an item to continue to function as required

Note 1 to entry: Examples of resources are human effort, training, tools, jigs, test equipment, lifting equipment, materials, spare parts, facilities, documentation, information and information systems.

Note 2 to entry: Support provides a quality resource to the correct location at the best time for the optimum cost, taking into account environmental, social and economic impacts.

3.18

supportability

ability of an item to be supported to perform as required with a defined life profile and given resources

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-31, modified – The definition has been generalized and extended and the Note to entry has been deleted.]

3.19

system

<in dependability> combination of interacting parts that achieve one or more purposes

Note 1 to entry: A system is sometimes considered as a product or as the service it provides.

Note 2 to entry: Parts can include the associated equipment, facilities, material, computer programs, firmware, technical documentation, other systems, services and personnel required.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-03, modified – The definition has been reworded to be specific and the existing Notes to entry have been replaced with new Notes to entry.]

3.20

useful life

interval, from the defined first use until a defined end state is reached, due to performance, obsolescence or economic factors

Note 1 to entry: The first use has to be defined. In this context, "first use" excludes testing activities prior to hand-over of the item to the end-user. The "first use" can commence after an initial period of early mortality.

Note 2 to entry: The end state has to be defined and can include safety margins that prevent the onset of failure or percentages of accumulated failures.

Note 3 to entry: The applicable interval expressed in units appropriate to the item concerned, e.g. calendar time, operating cycles, distance run, etc., and the units should always be clearly stated.

Note 4 to entry: In some cases, the useful life of an item is more than that required by an organization in which case it will have residual value and can be repurposed.

Note 5 to entry: For items where the useful life ends when the item fails, the life of the item can be specified as the time when a stated percentage of the items have failed. This is often stated as a L_{10} or B_{10} value for 10 % accumulated failures.

Note 6 to entry: For consumer products and other products produced in large volumes, where only a small percentage of the products fail, the L_{10} or B_{10} value can be used as an approximation.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-02-27, modified – The definition is no longer specific, has been reworded and the existing Note to entry has been replaced with new Notes to entry.]

4 Overview of supportability and support

4.1 Description of supportability and support

Supportability is involved with identifying and quantifying the support required for a defined item in a given context of use, time to provide that support, resourcing, cost and quality of that support, and quality of the delivered support. Specifically, supportability addresses "what is required" for an item to continue to function as well as "how to implement" this requirement. The "what is required" element is inherent within the item design, but the way in which it is implemented is determined by the organization undertaking the support. Hence the organizational aspects can heavily influence supportability and therefore supportability should be an integral part of the design and development of an item. Supportability can change during the life of an item: for example, if the number of items requiring support changes.

Support is the provision of resources to enable an item to continue to function as required throughout its life for a given life profile. Examples of resources are personnel, training, tools, jigs, test equipment, lifting equipment, materials, spare parts, facilities, documentation, information and information systems including the maintenance and calibration of these resources. In essence, support provides a quality resource (including quantity) to the correct location at the best time for the optimum cost, taking into account environmental, social and economic impacts.

In order to clarify the difference between supportability and support: supportability management establishes the required support and manages changes (improvements) within the area of support which can involve changes to the item design as well as changes in the organizational structure; support addresses the day to day management and operation for the provision of the specified support resources in order to ensure that the quality of these resources and their timeliness of delivery is always maintained.

There are two types of supportability and support that can be considered: operational and maintenance. Operational support examples can be providing accommodation and sustenance for an aircrew that has landed in a foreign country or providing a helpdesk service. However, the boundaries of support have to be clearly understood. The above examples are support, but will not necessarily be within a support organization. For example, they can form part of the duties conducted by customer services which the company has classified as a separate cost centre involving support and non-support activities and therefore excluded from support accountability. Measurement of specific support activities for quality, timeliness and cost-effectiveness cannot be easily obtained from the data if the organization has other non-support duties and the effectiveness and efficiency of the organization is measured collectively. As mentioned in 5.4, measures for cost centres and profit centres are outside the scope of this document.

Interface boundaries are also an important consideration. For example, the maintenance support organization is responsible for ordering spare parts, but the purchasing of these spare parts can be conducted by a procurement department. Procurement can be responsible for determining the financial viability of a company and also conducting competitive bidding. These would be outside the responsibilities of support, but the support organization has to clearly understand this interface if any undue delay is to be pre-empted for the timely delivery of the spare part.

4.2 Principles

Supportability and support are founded on a set of principles. Applying these principles will ensure that the support organization is economically viable and that the reliability, maintainability and availability measures established during design and development are achieved

Supportability principles are:

- simplifying, minimizing and eliminating aspects of support particularly with regard to the inherent design;
- collectively analysing supportability, reliability, maintainability and availability to provide a balanced solution at an optimum overall cost;
- establishing an organizational structure that is efficient and effective and is constantly striving to improve its effectiveness and efficiency whilst taking into account changes in environmental, social, and economic requirements;
- structuring the organization to incorporate the different support approaches depending on the different types of support (such as addressing different types of restoration and maintenance);
- providing resources as required, ensuring that these resources have been defined, including the quality of these resources;

- delivering resources to known locations as well as providing flexibility in delivery where these locations can change;
- providing support with minimal delay time;
- ensuring support is cost-effective.

4.3 Benefits

Supportability and support activities facilitate the assurance that integrated technical, financial and organizational decisions associated with sustained operation and maintenance of an item or group of items, can be achieved in a balanced manner. The benefits from controlling supportability and support activities include:

- providing justified confidence that spare parts will provide value by performing as and when required;
- enabling supportability design weaknesses to be identified and improved with consideration for performance, risk, other dependability characteristics and costs during the whole life;
- providing information and data that enable continual improvement;
- providing justification for the cost of supportability activities and demonstrating affordable levels of supportability and support performance;
- reducing item down time resulting in improved availability;
- optimizing supportability and support effort;
- assisting in achieving defined, technical and financial outputs for the organization;
- improving resilience to disruptive events.

From these benefits, the stakeholder will have increased confidence in the support organization, with lower life cycle costs, improved availability and fewer modifications due to supportability deficiencies. In turn, this can result in improved stakeholder confidence in the item leading to improved sales as well as improved sales for future items from the same company.

4.4 Interfaces

4.4.1 General

Supportability is an attribute of dependability (see IEC 60300-1). The other main dependability attributes are reliability, maintainability and availability. Support, as an outcome of supportability, provides the quality and timeliness of delivery for the resources that are required and can therefore influence these attributes. The interfaces between these are explained in more detail in 4.4.2 to 4.4.5.

Supportability and support are influenced during the design stage by the intended types of restoration (7.2.2) and the intended types of maintenance (Annex A) and the potential loss in revenue due to delays. During use of the item, supportability and support are influenced by the variations in the use of the items in relation to the life profile and variations in the quantity of items that will be supported.

Conversely, all design activities (including modifications) require supportability and support to be considered so that any design decisions address the impact upon support to ensure an optimized solution is achieved. Hence, the primary interfaces are systems design and manufacture, dependability requirements (IEC 60300-3-4), reliability, maintainability and maintenance (IEC 60300-3-10) including testability and diagnostics (IEC 60706-5), availability and also life cycle costing (IEC 60300-3-3).

Additional interfaces include project management, risk management, safety and hazard analysis, human factors analysis (IEC 62508), trials and acceptance, quality, environmental, social issues, design reviews, including dependability reviews (IEC 62960), sustainability, resilience and organizational aspects.

4.4.2 Effect of supportability and support on reliability

Supportability and support activities undertaken can adversely impact reliability. Hence these activities should ensure that:

- any consumables or restored parts delivered are of the quality required (including packaging, handling, storage and transportation aspects);
- restored parts are correctly calibrated (if they require to be calibrated) and the calibration period is of sufficient duration at the point of installation;
- any associated resources such as jigs, tools, test equipment and facilities are in correct order to enable the work to be undertaken. This can involve calibration checks, environmental checks as well as the availability and ease of access for these resources;
- the staff members conducting the work have been trained and are sufficiently competent;
- the system is tested to a sufficient degree to give confidence that the work has been satisfactorily accomplished and the system will function as required;
- incorrect configuration or counterfeit spares and materials are prevented as these can also have a significant adverse impact on the reliability.

It is possible that the system reliability has degraded gradually and that it can take time to identify the true cause of the degradation. Hence during the development stage the risks associated with support activities, particularly areas that can impact upon safety, should be carefully assessed and suitable remedial action taken.

4.4.3 Effect of supportability and support on maintainability

Any of the activities mentioned in 4.4.2 above can also impact upon maintainability. If any of the above support activities are unsatisfactory, then the maintenance time will increase. However, the cause of the increase in maintenance time is likely to be more readily identified and prompt action will be taken to remedy the problem.

4.4.4 Effect of supportability and support on availability

Supportability optimizes support delay times and in some cases (such as mean waiting time), it is possible it will not be cost-effective to completely eliminate these delays. Any delay will impact upon availability and the consequences should be considered to establish the best solution. The significance of these possible delays should be assessed during the development stage (such as the types of maintenance – see Annex A).

4.4.5 Effect of supportability and support on life cycle cost

Supportability activities are ongoing and they can influence the support costs throughout the life of the item. Introducing supportability early in the development process can provide major savings during the life of the item. Further information on the effect of supportability and support on life cycle costs are provided in Annex B and Annex C.

5 Specifying for supportability and support

5.1 General

The supportability and support programme should specify the support boundaries (see 4.1) and they should be clearly understood. Changes in the design, reliability, maintainability, availability, manufacture, operation, transportation, storage and potential revenue gains and losses, are all factors that can influence support so it is important that trade-offs are addressed throughout the item's life. Other factors such as environmental, social, economic, security should also be considered.

It is usually recommended that supportability and support programmes are a continuation of a programme that has been established for previous products by the same company. Reuse of existing resources will provide cost saving benefits. Established facilities for maintenance are preferred, taking into account the capacity of the facility and the estimated quantity of new items likely to undergo maintenance. Where items are to be distributed globally, then facilities will also be required to be globally distributed to minimize transportation issues from an environmental and cost viewpoint.

An effective supportability and support programme should be planned, integrated and developed together with other programmes intent on achieving value through balancing reliability, maintainability, performance, cost and risk outcomes. Such programmes should be established at the concept stage of the life cycle and performed through development, realization, utilization and retirement and reuse stages.

A support data repository can be used to identify the operating and maintenance support activities so that the areas of concern can be cross-related (see 7.2.4), but the number of activities undertaken will depend upon the agreed funding.

5.2 Defining requirements

The specification process for supportability and support should follow the general guidelines outlined in IEC 60300-3-4. This provides guidance for writing dependability requirements in specifications, together with a means of assuring the achievement of those requirements. The measures listed in 5.4 can be used to guide the development of required outputs.

The requirements can be classified as six elements:

- information resources (see Clause 9);
- human resources (see 10.2);
- training (see 10.3);
- support equipment (see 10.4);
- support facilities (see 10.5);
- spare parts and consumables (see 10.6).

Where there is a gradual increase in the number of items being utilized, as mentioned in 5.1, using a continuation of existing resources provides benefit in that real time data can be used to modify any predicted data.

5.3 Attributes of supportable items

During the early stages in the development of an item, there can be more than one engineering facility and manufacturing facility used during the concept, development and realization stages and each of these facilities will have their own associated support activities. This associated support (such as providing support to an engineering facility) is external to the support related to the item, but the data output related to the item itself (such as technical documentation) is important. This data should be consistent, transferable and sufficiently comprehensive for supportability analyses to take place. Once the item enters the utilization stage, aspects such as manufacture (for repair), engineering (for possible changes) and information handling become the responsibility of the supportability and support organization.

Attributes of supportable items are associated with the operating support and maintenance support elements. Hence supportable items have the following attributes:

- cost-effective maintenance;
- compatibility of parts;
- testability;
- ease of installation;
- usability;
- fully documented configuration of the item and support equipment;
- identification and implementation of calibration requirements;
- event reporting;
- personnel suitably trained to ensure level of competence;
- obsolescence considerations – see IEC 62402;
- access to appropriate technical support when required;
- security and integrity – to resist unauthorized changes;
- robustness, resilience, recoverability and upgrades to software and hardware.

NOTE Usability relates to how easily a person can interface with an item and the ability to prevent errors during repairs. Where usability relates to a user operating a system then this would be a design attribute.

Quantitative attributes include:

- effective repair turn-round time;
- optimized risk of shortage (see 5.4);
- optimized waiting time;
- cost of ownership.

Where the facility caters for multi-items, consideration is given to:

- areas of commonality. Items such as nuts, bolts, screws, washers, oils, greases, fuels, jigs, tools, lifting equipment and test equipment applicable to the system and to the facility where the work is undertaken;
- using commonly available support equipment as opposed to special type equipment (equipment designed and produced specifically for the item requiring support – see 10.4.2). Where this is not possible, consideration should be given to using built-in test equipment (BITE) as an alternative – see 10.4.8.

5.4 Measures of supportability

Supportability is usually measured as a time interval. If the resource required is not available then a delay is incurred and it is this delay which is measured. The delay time (sometimes referred to as logistic delay time) can be aggregated over time to establish a mean delay time. Each of the resources for a particular operation can cause a delay such as human resource not available to commence work, spare part not available, special type equipment in wrong location, maintenance procedures being unavailable and environmental conditions unsuitable. In these cases, the overall support delay time is assigned to the delay for a particular activity. Adding individual times for a particular delay would not be appropriate as these individual times can overlap. See also Annex D. The overall support delay times for all activities are then used to establish the mean delay time. The overall time taken for each resource is important and these are usually measured to ensure they are within the acceptable margins of variation. This can be an important feature where maintenance is centralized for several different systems and delays to one system is caused by work being undertaken on other systems, thus reducing the resource availability.

The risk of shortage (the probability that a spare item will not be immediately available upon demand) for the procurement of spare parts can also be specified. Alternatively, the mean waiting time is defined which is determined from the spare replacement rate and the spare shortage probability. Further details are available in IEC 62550.

A mean administrative delay time can also be specified, but this is not usually support related. It relates to the time taken between when a support operation is required and when support have been notified. This delay can be significant and the current trend is to introduce automated systems wherever possible to minimize this administrative delay.

An example of the support delay times and other associated times is given in Annex D.

Cost is another measure that supportability should consider. Usually the cost is not a specific measure during design unless prior knowledge is available, such as support activity costs for similar products. Instead it is an assessment of the support activities with the aim of reducing the cost, such as adjusting the activity so that it can be undertaken by an unskilled person resulting in a less expensive activity, as well as reducing the risk on the unavailability of qualified persons to undertake the activity.

Both cost and delay time measures should be monitored to ensure that any issues are addressed and resolved. Simplification of the support activities and the removal of any issues will improve the resilience of the item. Unexpected delays can also affect stakeholder confidence in the product. In addition to the quantitative measures mentioned above, there are qualitative measures that can be specified such as the preparation and documentation of training programmes and the method of data gathering and analysis during the utilization stage.

Other measures related to organizational cost centres and profit centres are also important factors, but not within the scope of this document.

6 Supportability and support programme

6.1 General

The programme should ensure that all supportability and support aspects are considered at the early concept stage and all subsequent life cycle stages including effective retirement. It should also ensure a flexible approach is adopted so that improvements in support can be made to an item throughout its life such as modifications required to deal with obsolescence.

The programme will be dependent upon the aims of the supplier (designer and manufacturer) accepting that these have been established based upon the dependability requirements. There are a wide range of possible scenarios and the following three cases provide examples where these scenarios will influence the programme:

- Case 1 – the total cost of a support activity is required to be optimized. The item is sufficiently competitive in the market place and the servicing and repair costs are required to make a profit.
- Case 2 – the operating costs are required to be optimized. This involves balancing reliability, maintainability and supportability. Warranty clauses will require the repairs to be minimal and at low cost. However, this does not necessarily include servicing costs.
- Case 3 – the total system costs (operating costs and revenue) during the utilization (and retirement) are required to be optimized. Items where the loss in revenue is of major importance, particularly where penalty clauses are included within the contract, require careful consideration. For example, a railway system where failure to comply with the declared timetable will incur penalties.

The programme will also be determined by the type of support that is intended to be undertaken. The following four examples should be considered:

- The user undertakes all support activities (including maintenance).
- The user subcontracts the support as and when required (including maintenance). Any replacement parts can be provided by the original manufacturer or by a third party.
- The user subcontracts support as a long term contract (including maintenance). Any replacement parts can be provided by the original manufacturer or by a third party.
- The supplier provides the item as a service and undertakes all support. This usually applies to software and some service based contracts.

The supportability and support programme specified in 6.2 and 6.3 covers all possible situations, but would have to be tailored to meet a specific scenario.

Overall, the outcome of such a programme should be a balance between the effectiveness of the system and the whole life cost with respect to the following goals:

- achieving the desired balance of item availability or reliability and whole life cost by conducting trade-offs between reliability, maintainability and supportability;
- achieving resilience to disruptive events;
- resolving ongoing risks such as supply chain risks and resource risks;
- delivering agreed assurance levels for support timeliness, quality and cost outcomes in accordance with supportability specifications.

6.2 Project management

In order to achieve acceptable supportability in a planned and systematic manner, a supportability and support programme, in conjunction with reliability, maintainability and maintenance programmes, should be integrated with the overall project design, transition and operating process. There are six basic responsibilities in such a programme as with any project including:

- assigning responsibility for supportability to a suitably qualified and experienced person;
- providing adequate resources, including analysis tools, to enable a set of supportability tasks to be performed;
- maintaining sound communication with internal and external stakeholders;
- integrating the programme into overall item development or improvement;
- establishing controls over suppliers to the programme;
- supporting continuous improvement.

Such a supportability programme should at least have the following elements:

- management, organizational and review activities to ensure effective and efficient implementation of the programme;
- a set of supportability tasks to be performed;
- transitioning and operating arrangements that allow application of continuous improvement actions during item use.

6.3 Planning and constraints

The supportability programme should be tailored for a specific item or project and its expected context of use, giving appropriate consideration to the relevant conditions, requirements and complexity. The full supportability programme described in this Subclause 6.3 would only be applied to a large and complex item being developed from the concept stage to production. For less complex items, or the application of existing designs, a simpler programme can be achieved by selecting applicable parts of the full programme.

Planning an effective supportability programme during any of the item life cycle stages requires knowledge of supportability principles, methods and techniques. Planning also requires an understanding of the organization's structure. Planning should take into account:

- intended use, life profile and useful life;
- various related cost factors;
- aligning the structure of an organization to accommodate supportability and support efficiently and effectively;
- stakeholder expectations.

In order to obtain effective results, supportability activities are best integrated with the other design and development activities rather than managed separately.

Supportability considerations depend on requirements such as item life, reliability, safety and availability and on the financial considerations related to different market situations. For example, flight systems and nuclear power plants require a high degree of safety and reliability, which drive maintenance, operating and support requirements. With other items, the cost of support resources related to the operating cost can be the driving factor, which can determine the degree of supportability required.

Examples of the supportability and support planning activities are listed below:

- determine supportability boundaries, responsibilities and interfaces with stakeholders where necessary;
- identify activities that require support;
- for each activity identify the required support resources;
- incorporate packaging, handling, storage and transportation costs and timescales with consideration of any requirements and constraints;
- establish a review process to reduce cost, delay times and potential risks or errors;
- provide inputs to trade-off studies involving reliability, maintainability, maintenance, availability and life cycle costs (these inputs should address sustainability and resilience aspects);
- accumulate all resources, taking into account the total number of items planned to be utilized;
- establish commonality of resources for an item and thence for all items;
- establish commonality of resources within the proposed facilities.

As the item is utilized, the following tasks should be included within the supportability and support activities:

- Identify external problems that can impact upon the support activities and implement improvements within the support organization (such as the actual number of items utilized is greater or less than the predicted number).
- Identify potential internal problems and resolve (such as an alternative supplier is required as the current supplier is no longer viable).
- Identify areas for improvement that can reduce costs and delays (such as technological advancements so that several items of test equipment can be combined into one).

All supportability programmes should be tailored to their context. This contextual tailoring can require the following factors to be considered during the maintainability and supportability programme development:

- Supportability requirements: the required level of supportability for operations and maintenance to provide a specified availability performance.
- Complexity: the complexity of an item determines the complexity of the support facilities. For example, if an item at a difficult-to-access site provides a high level of diagnostic capability, sophisticated accessibility to built-in test equipment (BITE) and availability of highly skilled operators are required.
- Maturity: mature items such as widely used OTS often have well-established support arrangements of known attributes, which can reduce support analysis effort, but for less mature items account should be taken of the extent of unproven technology and the development of procedures appropriate to the design.
- Criticality: support criticality should be derived from associated operations and maintenance task criticality. For example, maintenance is designated as critical where safety is a primary concern and nuclear plants and aircraft are obvious examples of safety critical items. Operational and economic issues can also be critical, such as the breakdown of a processing or manufacturing plant and essential services such as water supply and sewage and gas and electrical power supply.
- Technical constraints: higher supportability is called for when the maintenance support requirements involve more complex access requirements or related support resources such as information systems, purpose built facilities and plant and higher skill levels of personnel.
- Programme constraints: tight schedules or funding limitations can restrict freedom in the item design and the structure of the organization necessary to achieve desired levels of dependability. Additional support resources or improved organizational culture and leadership can be necessary to meet the dependability requirements.
- Operating conditions: operating conditions of items often drive the decisions in establishing the support. For example, the siting of support capability becomes critical when items are widespread and unmanned (e.g. consider a 500 km dual track rail line in an unoccupied desert where staff cannot stay out overnight).
- Storage and transportation: constraints caused by the type of support required and the special needs of any specific storage, handling and transport actions can adversely impact support delay time.
- Customer related factors: the customer's ability to support the required operations and maintenance through local carriage of spares and maintenance plan can influence the timeliness and costs associated with delivering support.
- Supplier related factors: the supplier's operations and maintenance experience and the degree to which the supplier provides access to spares or specialist staff often governs the location of maintenance actions and hence ease of support.
- Use of authorized and known sources of spares and required competence of staff can adversely affect support timing and cost.
- Environmental emissions: support necessary to the operations and maintenance of items should ensure that the emission limits set by the stakeholder or external regulation continue to be met when delays to the conduct of maintenance or the failure to deliver the necessary quality of support occur.
- Life cycle stage: the quality of support knowledge often vary as the item design and the supporting organization mature. Proactive programmes should be in place to identify early the actual support required along with the effectiveness of the supplying organization.

7 Managing supportability and support over the life cycle

7.1 General

IEC 60300-1 explains the life cycle process of an item from concept to retirement. The life cycle cost is strongly influenced by the support requirements necessary to achieve a desired operational and maintenance solution. The balancing of this ongoing support cost with operational capabilities and related risk exposure should be considered at each agreed stage of the life cycle. Such considerations are necessary to achieve the required supportability and support targets and their associated whole life costs.

Stakeholders should be confirmed at each life cycle stage as it is possible they will not be consistent for all life cycle stages. The role of supportability and related support outcomes in each potential life cycle stage is discussed in 7.2 to 7.6.

7.2 Concept stage

7.2.1 Initial considerations

Supportability and support should be considered at the earliest stage of the life cycle. Decisions made at this point will enhance or limit the effectiveness of support in later life cycle stages. Consideration should be given to the following:

- proposed useful life of the item and the intended quantity to be utilized;
- locations where support activities are to be undertaken and whether existing facilities or new facilities are intended to be established;
- locations where the item(s) are to be utilized;
- environmental conditions that can impact upon the support activities.

7.2.2 Restoration options

7.2.2.1 General

A system can be considered as being comprised of a series of indenture levels such as subsystem, unit, module and component. Progressing down through the indenture levels, three restoration options are usually considered:

- repair in situ;
- replace and repair externally (the removed part);
- replace and dispose of (the removed part).

The costs for each option should be compared together with any potential revenue loss to establish the preferred option. The option selected will be affected by the types of support required and will also take into account the quantity of systems requiring support and the time period that the system will be supported and to what extent this time period is covered by a warranty. Reliability, maintainability and maintenance are usually considered in conjunction with support to derive a balanced solution.

During the design and development stage these restoration options are extended further to establish the location of the maintenance activity (sometimes referred to as maintenance echelon or line of maintenance). These positions in an organization where specified levels of maintenance are to be carried out (such as field, repair store and manufacturer's facility) is dependent upon the skill and training of the personnel involved.

The above restoration options can be applied to operational support. As mentioned previously, an aircrew requiring a period of respite will be replaced with another aircrew if it is considered that the loss in revenue (due to the plane being idle) is greater than the cost of employing a replacement aircrew over a defined period.

7.2.2.2 Option 1 – Repair in situ

This option considers the repairable part being removed and having the necessary equipment to test the part, to identify the exact location of the fault and to carry out the repair in situ. The costs can include additional test equipment and tools as well as a repair facility area (such as a clean room) in addition to lower level parts or components available in store to achieve a repair. There is a possible waiting time delay for any failed parts to be provided from the store (see option 2 below) as well as the maintenance time (see IEC 60300-3-10).

Software can be considered as a repairable item, but the software activity is usually contained within maintenance and outside the boundary of support. However, the resources and the maintenance of those resources to enable software repairs are usually part of support. Examples of these resources are: computers, routers, servers, data repositories and their inter-connections, software operating platform with built-in security controls, configuration management processes (including checking in and checking out of software), associated facilities, the databanks, servers, software and facilities for remote back-ups as well as the resources to upload the item's software.

7.2.2.3 Option 2 – Replace and repair externally

These costs include the costs to replace the repairable part as well as the cost to repair externally. Usually the replacement part is presumed to be fully functional with final testing being undertaken on the assembled system. There is a delay in waiting for the part to be repaired before it becomes available for reuse, but spare parts held in stock can reduce this delay time. In order to effect a repair, transportation, handling and packaging costs for the part to be sent away for repair, as well as the costs to repair the part together with any testing to certify the suitability of the part, require consideration.

7.2.2.4 Option 3 – Replace and retire

One assumes that the repair of a failed part is less costly than the purchase of a new part, but support costs such as storage and transportation can outweigh the benefits. Usually there is a minimum cost ceiling where a cheaper part, below the cost ceiling, is retired. An extreme example is where the system is completely retired (such as an electronic watch). In this case, the cost of purchase is likely to include the cost of anticipated replacements and transportation during the warranty period, but it does avoid the costs for maintenance, maintenance facilities, testing and the storage of replacement parts.

There is sometimes a limit on the number of times a particular part can be repaired, in which case a new replacement part is provided.

Retirement of the unrepairable part should consider environmental, security, industrial proprietary rights as well as the recovery of any useful materials.

7.2.3 Types of support

Support can be provided by the supplier of the item, by the user, stakeholder, by a third party or by any combination thereof. If the part requiring restoration is an OTS part, then the OTS vendor is involved in determining the preferred option (repair, replace or retire). Similarly the design of a system can contain items being designed by other different organizations so that repair, replace or retire options depend upon the subcontractors, particularly if proprietary rights are applicable. When using a third party, suitable training is required to ensure the quality of service provided.

In certain cases, it is the final user and operator that is responsible for planning and developing support activities and these take place during the initial stages of operation and maintenance. This often occurs when OTS items are selected and installed into a larger system such as a manufacturing facility or petrochemical plant. The manufacturer(s) of the OTS items normally specifies recommended support activities and resources, but the user should consider the intended life profile of the system in relation to the specified life profile for the individual OTS items.

7.2.4 Establish a support data repository

During the concept stage, it is recommended that a data repository is established to detail all necessary support information.

The support information is usually linked to a part or sub-assembly of the system and changes in design are reflected in this data repository in conjunction with the configuration management data repository (which manages the design structure and all changes to the design). The amount of detail within the support data repository depends upon the complexity of the system, knowledge of the items involved (a new item can require more information than an established OTS item) and where there are differing facilities with differing support content.

The purpose of the support data repository is twofold:

- to establish sufficient information to enable supportability improvements to be initiated;
- to provide all technical information that will be eventually published, such as within an illustrated parts catalogue, operator manual, maintenance manual, training manual as well as any associated items' manuals (such as a special type equipment, jigs, tooling and test equipment).

Further details on support data repositories can be found within IEC 60300-3-12 and IEC 62550.

7.2.5 Supportability analysis

During the concept stage, estimations are made of the reliability and maintainability measures to provide an approximation of the support required to identify areas where the support costs are considered to be high and where alternative approaches can be adopted to reduce overall costs. This can result in changing the balance with reliability and the maintainability in order to reduce the loss in revenue as well as reducing the support costs. There are many factors that should be considered when undertaking supportability analysis and some examples are provided within Annex B.

7.3 Development stage

During the development stage, the supportability and support activities are modified, developed and refined in conjunction with the development of the overall system. Techniques such as reliability block diagrams, maintainability block diagrams, fault tree analysis, failure modes effects and criticality analysis, reliability centred maintenance and level of repair analysis are used to continue the supportability analysis commenced during the concept stage.

Trade-offs can be made and supportability can be adjusted to optimize performance, reliability, maintainability, testability, safety, life cycle cost and revenue. It can be desirable to eliminate the necessity for maintenance if it is technically possible or economically feasible. There is a close relationship between maintenance and the ensuing maintenance support. Further details on the types of maintenance and their impact upon support is given in Annex A.

During this stage, the operation and maintenance activities become finalized to enable the following associated support decisions to be made:

- whether maintenance personnel are provided by the organization or whether they are obtained from external sources;
- identification of the operator support activities and any associated support resources;
- who provides the spare parts, materials and consumables for operator and maintenance activities, e.g. inventory, local sourcing or external supply;
- where special tools, transportation, packaging, lifting, testing and common tools are sourced;
- condition monitoring equipment and support software to be obtained;
- facilities for maintenance, administration, technical and associated information systems that are provided to implement maintenance and operator support;
- maintenance of the support equipment (as opposed to maintenance of the item) to keep it in a serviceable state to carry out its function including any documentation;
- training documentation, aids and equipment should be identified and provided at the time that training is performed prior to operation and maintenance. This training continues as necessary during the utilization stage and into the realization stage;
- preparation of any required documentation to enable operator and maintenance support such as the illustrated parts catalogue, operator manuals, maintenance manuals and handbooks.

During development, risks to the support that is required during operation and maintenance should be identified and understood. Examples include risks to the supply chain, risks affecting personnel or other resources. Risks associated with obsolescence should also be considered (see IEC 62402). Plans should be put in place to reduce any risks which are considered to be unacceptable or to mitigate any consequences that can occur.

Stakeholders should be consulted to ensure their support needs are understood and documented. The development of systems increasingly apply OTS items rather than bespoke designs. This approach increases dependence upon suppliers or other support organizations to provide the maintenance and support related information or services required during the life of the item. This scenario of OTS item integration requires an integrated support approach as described in IEC 60300-3-12. The original supplier provides basic support planning, but the design and construction organization should consider the consequences of the use of the OTS items and their integration in the final system design.

7.4 Realization stage

The supportability and support analysis undertaken (see Annex B) provides the estimations for support. During this stage, final estimates are verified, in particular the number of items to be produced and their rate of delivery. If the user or purchaser intends to provide the support, or plans to subcontract it as opposed to relying upon support from the supplier, then the user or purchaser should verify that appropriate contracts are in place and all necessary information (such as the illustrated parts catalogue) has been successfully transferred.

During the manufacture, installation and commissioning of the system, all the resources required by support should be initiated so that at the commencement of the utilization stage all required resources are readily available. This should take into account any additional time for the commissioning of required facilities, any complex support equipment and any special warehousing requirements. For the manufacture of many systems which are planned to be delivered in batches, then any increases in the required support resources should be delivered, ideally, in advance of the subsequent system deliveries.

Personnel involved in the manufacture, assembly and installation processes should record any problems encountered so that support personnel can establish if these problems can have an impact upon the support activity. Examples are more failures than expected during inspection and ambiguity in the assembly instructions. Awareness of counterfeit and obsolescent items are also important considerations when dealing with large quantities being delivered over a long timescale.

If the system undergoes a prolonged installation and commissioning stage, then support activities can be required and this should be taken as an opportunity to verify these support activities to provide confidence in the supportability analysis process.

7.5 Utilization stage

During this stage, customer satisfaction is key. Resolving any support issues identified by the user or purchaser will provide trust in the item and can result in more items being procured as well as confidence in future products that will be produced by the supplier.

Supportability analysis continues during this stage to gather data, to identify areas of weakness, areas for improvement and to monitor results where changes have been introduced. During operation and maintenance, the required support resources will change for a number of reasons:

- it is possible that the manufacturer will have agreed to provide support only for a fixed period;
- it is possible that the original life profile or customer needs, or both, will have changed and this can impact upon the amount of required resources;
- the support organization wishes to introduce change because of quality or cost;
- advances in tools and condition monitoring can result in improved quality and cost;
- the introduction of improvements or modifications can impact on the support resources;
- changes in the quantity of systems in use such as customers procuring more technically advanced systems, i.e. the system itself is becoming obsolete;
- changes in the risks increasing or decreasing, such as supply chain risks;
- enhancements to the item that can impact the support activities.

7.6 Retirement or reuse

Throughout the utilization stage, support can be involved with the retirement of spare parts and items that can no longer be reused. Hence support should have already established processes for the retirement of various items within the system in the most sustainable manner.

The decision to replace and retire a complete system requires consideration of at least the following criteria:

- ability to perform its intended function, under stated conditions, for a specified period of time (reliability);
- ease by which it can be maintained (maintainability);
- availability and capability of maintenance support activities, including an appropriately skilled workforce and spares obsolescence (maintenance support);
- economic cost, where system replacement can be more cost-effective than ongoing repair (economic cost);
- technological advancements have resulted in the system becoming obsolete.

8 Assurance

8.1 Assurance objectives

Supportability and support assurance is intended to provide assurance to all relevant stakeholders that agreed qualitative and quantitative requirements for supportability are met and will continue to be met in the future. Assurance objectives can be general, across the totality of the supportability and support programmes, or it can be targeted towards specific requirements, bounded by a life cycle stage or physical boundary.

8.2 Methods of assurance

8.2.1 Verification

The formal system engineering process requires verification of achievement of specification and validation of the end item against user requirements and needs in the actual environment. Supportability verification is a continuous process of generating, collecting, analysing and evaluating support related data as they become available in the course of project development and comparing results with specified supportability requirements.

Methods of supportability verification differ according to the programme stage. In the majority of cases, estimations are gathered regarding the repair turnaround time and replacement rate, but other factors are usually predictions such as number of items in operation, number of support personnel required and support equipment availability. These factors usually have risk margins included and the capability of the support organizations is usually predicted based upon past experience. Actual measurements can only occur after entering the utilization stage.

Much of the verification is based upon the collection of data to show that all factors have been considered. For example:

- Based upon the number of items that are in operation at any given time, it is possible to estimate the number of support personnel that require to be trained and the rate at which this training should take place. A risk margin is usually incorporated from which it is possible to estimate the facilities and equipment required, the staff necessary to conduct the training and the costs required to accomplish this activity. Previous experience is required to determine the timescale to initiate this activity and knowledge of recruitment for specific skills are required if the training involves additional staff. If the equipment involves the system or a simulation of a system then the timescales and costs involved should be incorporated.
- The storage of spare parts depends upon the number of spares that are estimated to be required, based upon the repair turnaround time, the replacement rate and the risk of shortage applied to all possible items within the system as well as the proposed number of systems planned to be in operation. The volume of storage (the sum of all the volumes of spares to be stored) should be estimated as well as any variations in the conditions of storage. From this, the required storage facilities, the personnel to maintain the store as well as the costs involved can be estimated. It can be necessary to have some flexibility in the storage facility in case the number of systems in operation increases.
- Risks associated with the non-functional attributes should also be considered and evidence gathered to demonstrate how they have been addressed, for example security risks (impacting the item itself as well as impacting its data), risk of obsolescence, possible supply chain risks.

Any item failures identified during manufacture are used to verify and validate the replacement processes within the illustrated parts catalogue. In addition, there are other practices that can also provide assurance, such as:

- quality processes within a quality management organization that provides assurance to stakeholders that outcomes have been achieved through defensible techniques and are repeatable;
- the monitoring of personnel skills and ensuring that they are periodically reviewed so that they are maintained and appropriate for the task being undertaken;
- management of any third parties involved. The boundaries of the third party responsibilities should be clear, with interfaces, exchange of data and method of reporting fully documented (see also IEC 60300-3-16).

8.2.2 Dependability case

The dependability case (see IEC 62741) provides an expanding body of evidence which aims to progressively decrease the uncertainty around the achievement of dependability requirements.

The results from any of the supportability and support activities, as well as additional evidence, such as user feedback, can be collected into an evidence framework to provide the argument.

As the context or supportability and support requirements change during the lifecycle, the dependability case requires review to determine how that affects the existing evidence and what additional evidence is required to be collected to maintain the claim.

9 Supportability and support information

9.1 Data collection

Data is best collected at source in its original support analysis format (e.g. using drop down menus or dialog boxes in associated information systems such as works orders, defect management, failure reporting and corrective action systems). Such menu driven data collection:

- limits choices to predetermined likely options (this can be disadvantageous when unanticipated support events occur);
- ensures consistency of response;
- speeds the data collection process;
- eliminates errors caused by typing or spelling.

The amount of information involved with supportability and support require the data to be stored in a computerized information system which is capable of cross-communicating with other computerized data systems (see IEC 60300-3-12: Integrated logistic support).

When retiring an item, the lifetime of data can be collated and analysed to inform the supportability and support performance during the life cycle. This information can be used for the improvement in the development, realization and utilization of future items.

Information developed from supportability studies during design falls into one of three categories:

- functional configuration that defines the functional capability of an item as represented by artefacts or information items such as specifications;
- physical configuration that describes the design solution as represented by artefacts such as plans and drawings;
- derived information that represents the support necessary to ensure that a physical configuration can achieve its functional requirements in a sustained manner.

9.2 Configuration management

During the concept and design stages, the structure of the drawings are configured to establish a master record index (technical file). Each indexed item contains a complete list of all the drawings and associated instructions required to build the specific item. Changes to the design are directly related to a specific indexed item. These indexed items become the intended replaceable items once the design is completed. If a change crosses the boundary of two indexed items, then usually two changes are required together with a change identified at a higher indexed item if these changes impact one another. In this way any specific build related to a master record index, precisely defines the issue status of all drawings and associated instructions. Supportability and maintainability are involved in defining the ideal replaceable parts and as such, can greatly influence the structure of the master record index in order to meet the dependability requirements.

Configuration is a precise engineering description of the functional and physical attributes of an item as described within the design documents. Also included is operational or "derived" information necessary to the ongoing support of the item. The approved configuration of an item represents the approved baselines plus all the approved changes to those baselines.

Configuration baseline documentation also includes the cross mapping of configuration documents to provide connectivity between functional, physical and operational information. An example is an allocated baseline that maps functional requirements to physical configuration items.

The current configuration of any item is the actual functional, allocated and physical baseline status of that item at that time. The configuration of new items is established by the "as-built" record produced at the completion of acquisition projects and is verified by a physical and functional configuration audit. The configuration of existing items can be established by physical audits as necessary and by a review of engineering plans and records. Maintenance often introduces components and modules with a new serial number. Therefore, the configuration lists will be updated.

Configuration management is an essential element of dependability. It is important for several reasons, including the following:

- accurate knowledge of the approved configuration is necessary to establish and to maintain engineering control over the integrity and suitability of the item for its intended purpose;
- approved configuration provides the basis for determining maintenance and support requirements for the item;
- management of changes, which ensures that the current configuration remains in line with the approved design, provides the means of assuring that the item is capable of performing the required functions, safely and reliably.

Management of item configuration after delivery is a continuing process, involving the progressive identification, tracking and approval of engineering changes during the life of the item. This includes review and updating of support provisions for the item, to ensure that they remain in line with the functional requirements, physical construction and condition of the item.

Changes to an item's configuration (functional and physical) are managed via a formal change control process involving integration of engineering or design authority for technical aspects and a configuration control board for business aspects.

9.3 Document management

The data held within the support data repository is progressively updated as the design progresses from concept to modifications during utilization. An adequate change control mechanism is required to control the updating and entry of new data. When a design is updated, all the associated data is not updated simultaneously and it is important to recognize where updates have occurred and where they are still to be updated or where the update is not necessary. For example, the design update can occur in the configuration management data repository, but it can be some time before the failure rate is updated and, in some cases, it is possible that the failure rate will not change.

It is necessary to decide how documentations will be supplied with an item. Solutions range from hardcopy, through downloadable portable document format (PDF) to fully interactive technical publications.

It is also important that support data repositories holding different data, but assimilated in differing formats, are designed with unique identifiers for each data element so that interfacing across data repositories can occur. This ensures that data is not repeated resulting in data errors.

9.4 Technical manuals

9.4.1 General

Technical manuals and technical documentation for hardware as well as software and services should contain information and procedures so that operators and maintainers perform their job correctly, safely, efficiently and cost-effectively. They should also be used as training aids so that the training is based on the same documentation as that available in use. They should be designed to suit the needs of the user and organized for easy access and reference.

Suppliers should ideally provide documentation written in a language specified by the customer and understandable to the user. Where this is not possible, critical and safety instructions should be provided in the local language. The cost-effectiveness of translating other documentation should be examined. Concepts such as the Aerospace, Security and Defence Industries Association of Europe simplified technical English specification (ASD-STE100) helps to ensure clarity of information.

In the majority of cases the technical manual usually includes an illustrated parts catalogue and provides the link between the physical location of an item within the system and the unique identification applied for supportability. A general approach to compiling data presents an engineering breakdown in disassembly sequence, identifying all assemblies and their individual components together with other detail parts, which cannot be assigned to assemblies, in accordance with their engineering drawings and build of materials. Sequencing of these items is by using unique identification and it is this practice which enables production of the illustrated parts catalogue from the same data. The engineering breakdown is to the level which matches the customer's maintenance plans. In addition to the engineering breakdown, the following can also be listed:

- raw materials;
- consumables;
- repair kits;
- shipment and storage of parts.

Particular items are required to be listed at the end of a figure such as:

- storage and shipping parts;
- un-programmed devices and data carriers;
- markings (placards, decals, etc.);
- storage and shipping containers;
- repair kits;
- parts kits.

Specific items require to be contained in separate figures. Types of items may include:

- raw material;
- consumables such as screws and gaskets;
- general tolerance figures;
- test equipment and tools;
- repair kit breakdown.

Technical manuals for complex systems can also contain a general description, applicable theory and procedures that cover items such as:

- operation;
- fault diagnosis;
- repair;
- preventive maintenance;
- service;
- test;
- schematics or wiring diagrams;
- tools and special support equipment;
- facilities information (e.g. voltage required);
- description of applicable software programs.

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

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

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

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

9.4.2 Development of a technical manual

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

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

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

- natural order (performance or occurrence);
- most critical to least critical;
- most frequent to least frequent;
- location, distance, or availability;
- required to maintain capability;
- clear distinction between notice (something that makes the task easier), caution (something that can damage equipment) and warning (something that has safety implications).

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

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

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

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

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

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

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

9.4.3 Evaluation

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

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

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

9.4.4 Amendment of documentation

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

9.4.5 Event reporting

Usually the event reporting procedure is a support activity and plays an important role in the monitoring of detrimental events and the control of modifications to overcome them. Serious faults or defects that have an impact on safety and availability (incidents) should be closely monitored. For example, failures can be due to the quality of the replacement part (perhaps containing counterfeit parts) or ambiguity in the assembly instructions. A procedure should be adopted that identifies such errors or faults and initiates investigative actions to identify the cause and any subsequent action that can be required to rectify the problem. In some cases, the discovery of a serious failure requires urgent action to ensure that safety issues are addressed and all other users of the equipment are aware of the problem.

9.4.6 Communication

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

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

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

10 Resource management

10.1 Provision of resources

The primary resources applicable to support are as follows:

- human resources, including both internal and external personnel, used to carry out support activities;
- training;
- spare parts and consumables used to repair or service items;
- support facilities used to conduct work on the item (such as servicing and repair), accommodation to house any computerized support information systems;
- support equipment;
- information resources required to manage and execute all support activities. These are a follow-on from the supportability and support information mentioned in Clause 9;
- financial resources to fund support.

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

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

10.2 Human resources

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

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

The qualifications of personnel assigned to perform maintenance and maintenance support should be kept up-to-date. Special certification can be required for some tasks.

10.3 Training

Training should be developed so that it is consistent with the system design, operator or maintenance concept, support equipment, procedures and the available skill levels of all personnel involved. It will be necessary for training aids and documentation to be developed and provided, which are specific to the context in which they are used.

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

Personnel should be selected and trained to become knowledgeable and capable technicians on site when the delivered item becomes operational. Personnel training should include both initial and continued training to cover attrition, skills decrement, replacement of personnel and the impact of item changes or modifications.

A personnel training plan should cover the following:

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

A training programme should consist of the following major components:

- a training needs analysis (TNA), which includes specific training objectives;
- implementation of the training, which includes methods for delivery of instruction, method for assessing trainees, and criteria for evaluating the effectiveness of the training programme.

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

10.4 Support equipment

10.4.1 General

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

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

10.4.2 Types of support equipment

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

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

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

10.4.3 Selection of support equipment

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

Each maintenance task for the item should be reviewed to identify the required support equipment. In the earlier stages of design, these requirements can be quite general and will become more specific as more detailed design specifications are known. To minimize the amount of support equipment and to ensure that as many standard items as possible are being specified, coordination and standardization are required in the selection process.

The use of preferred support equipment lists during the design allows constraints to be put on the designer to prevent the proliferation of support equipment and hence make support simpler in the long term.

Support equipment can be considered under the following categories as a means of clarifying the requirement and associated responsibility for supply:

- OTS equipment: most of the common and general support equipment are in this category;
- industrial equipment: equipment commonly used by a specific segment of industry, recognizing that it can be modified to suit;
- STE: equipment that is designed and custom-built to suit a specific activity, servicing or inspection requirement.

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

10.4.4 Support equipment data

Some industries have information data repositories that list test equipment that is available for particular support tasks and that can be accessed through that industry. If these are not available, searches should be made for suitable equipment and, only if common support equipment cannot be located, should STE be developed.

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

10.4.5 Automatic test equipment

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

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

10.4.6 Calibration

Depending on the type of item, much of the support equipment can be used to measure values of specified parameters such as pressure, frequency and voltage. For these measurements to be useful, they shall be accurate. To ensure accuracy, measuring devices are checked against a standard, or calibrated on a scheduled basis or after major maintenance on the measurement device. In particular, the calibration of test equipment (both automatic and manual) can add to its complexity as all measuring devices making up the test equipment shall be operating within their calibration tolerance otherwise they can give false indications of failure.

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

10.4.7 Repair of support equipment

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

10.4.8 Built-in test equipment (BITE)

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

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

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

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

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

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

10.5 Support facilities

10.5.1 Work area facilities

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

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

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

10.5.2 Administration and technical facilities

Supporting facilities are considered for the following:

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

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

Where the system is predominately software, a support desk is used to allow the user to raise any issues or faults. The support desk will provide remedies (such as training if necessary) and will also log areas for improvements and rectifications. Usually, there is a feedback system so that the user can comment on the support provided.

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

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

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

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

10.5.3 Facilities for computerized support information systems

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

10.6 Spare parts and consumables

10.6.1 General

For most maintenance tasks, spare parts and consumables are required. Spare parts are distinguished as repairables or non-repairables.

Repairables refer to items that can be repaired. The repair can be undertaken in situ or at another location (see 7.2.2). In some instances, such as when the repair is not economic or not technically possible, or where the reliability of the item has been degraded by the number of repair actions undertaken, they are retired and replaced by a new item.

Non-repairables are items that are not repaired either technically or from an economic point of view. They are always retired and replaced by a new item.

In addition to repairable and non-repairable items, consumables shall be provided, such as nuts, bolts, washers, screws, lubricants and fuels.

In many projects, especially for large systems, repairable items can represent a significant proportion of the initial investment in spare parts. With regard to products such as household equipment, entertainment equipment or even cars, repairable items represent a smaller portion, but there is a growing trend to improve item sustainability and to enable parts to be refurbished as much as possible.

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

10.6.2 Spare parts' quality

Support is responsible for the provision of spare parts, both repairables and non-repairables. In the case of non-repairables, the new part shall be equivalent to the quality of the original part if it is to satisfy the original requirements. If the original manufacturer is involved, then the same processes and components are employed in the manufacture of the new part and the quality of the new part is ensured. For a new manufacturer or where the original manufacturer is involved sometime after production has ceased, some level of assurance can be required. For a repairable part, the quality of the dis-assembly, re-assembly as well as the quality of the components should be ensured if the finished item is to satisfy the original requirements.

Traceability is also an important aspect that should be considered, particularly in relation to counterfeit items.

Obsolescence and the use of "equivalent" items will also require careful consideration to ensure the quality of the final repaired part.

The level of testing to ensure the part is suitable for use should consider the items within the spare part that have not been replaced during the repair. For example, over-stressing the items that have not been replaced can be detrimental and result in premature failure (e.g. damage to electrostatic sensitive devices).

It is usual to assume that the life of the spare part has not been shortened or extended as a result of the repair. Sometimes, items are qualified as: reconditioned, refurbished or as good as new. In these cases, the specification should be examined to determine if the part is suitable to meet the requirements for the remaining life of the overall system. Further information is available within IEC 62309.

10.6.3 Spare parts' quantification

The quantity of non-repairable items is determined similarly to the repairable items by the replacement rate and the time until a new part is made available. This time comprises the procurement lead time, administrative delay times and transport times.

Different methods can be used to manage spare parts provisioning, depending on their use (see IEC 62550 for further detail including spare parts modelling). The spare parts quantification and optimization should initially be performed on the basis of the replacement rate and the time until a replacement part is available. The accuracy of the quantification has a significant impact on both the cost and the availability of the product.

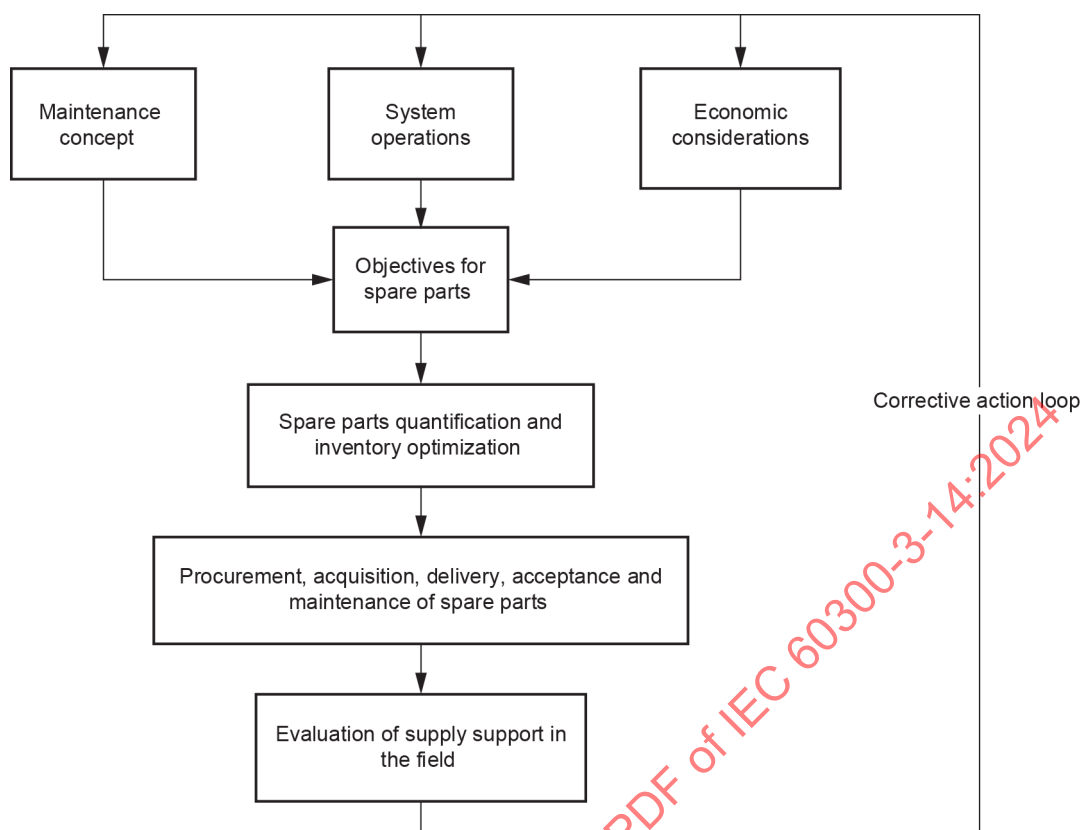
The spare parts provisioning process is illustrated in Figure 1. As shown in the figure, first inputs are based on the maintenance concept, the operational requirements and economic considerations that are used for calculation of spare parts and inventory optimization. It is often possible to obtain cost advantages by ordering spare repair parts at the same time as prime equipment. These cost advantages should be carefully examined when the proposed spare parts inventory is being evaluated. The quantification and ordering of spare parts required can be divided into the following three distinct phases:

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

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

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

- replacement frequency;
- repair frequency;
- recycle times;
- lead times;
- repair turnaround times;
- spare parts acquisition cost;
- storage cost and constraints;
- revenue loss when the system cannot be operated while awaiting maintenance.



IEC

Figure 1 – Spare parts provisioning process

Spare parts quantities are based on the following:

- spare parts required for corrective and preventive maintenance (repairables and non-repairables);
- spare parts required to replenish the stocks of non-repairables;
- spare parts necessary to continue operation while repairable items are being repaired (repair turnaround times);
- spare parts required to replace repairable items which are no longer usable and require to be retired (see 10.6.1). These parts are removed from the spares inventory.

Spare parts can be sourced directly from a vendor or manufacturer or can be stored in readiness for use to guarantee their availability. It is important to ensure that they are appropriate for their intended use and that they meet specified quality criteria (10.6.2).

10.6.4 Spare parts' identification

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

During the provisioning process, a code should be developed and assigned to each part. The code is the link between the maintenance support analysis and the user, for whom it defines the approved maintenance plan.

The illustrated parts catalogue or the spare parts list, or both, provide the link between physical location of the item in the system and the unique identification applied for maintenance and maintenance support (see also 9.4.1).

Annex A (informative)

Maintenance types influencing supportability and support

A.1 General

This Annex A describes the different types of maintenance that can be undertaken and their impact upon supportability and support. The maintenance type selected will be a balance between the performance (including safety and security) required and dependability.

The types of maintenance can be considered as two main sub-stages: maintenance whilst the essential functions of the system continue to operate (there are five options) and maintenance when the system is non-operational. Each failure (or multiple failures in some cases) and its consequences are usually considered separately so that a system can contain a variety of these sub-stages and options.

A.2 Repair whilst the essential functions of the system continue to operate

A.2.1 Redundancy of a part

This covers the situation where a part is performing in parallel such as two units within a plant. Each unit can provide the performance requirements and if one fails, it can be replaced or repaired without any impact upon the operation of the system. The part can be replaced whilst the system is fully functional or during periods when the plant is not operating at maximum performance level, provided that the repair time is less than the period between maximum performance levels. Monitoring the unit's condition can alert the maintenance team to effect a repair when maximum performance is not required (see also A.2.5). Failures can also occur in a random manner so although the loss in revenue is reduced, there is still the risk that both units can fail simultaneously. This can reduce the safety level during the repair.

From a support viewpoint, the number of required spare parts has increased as there is now an additional item requiring support. These additional support costs should be measured against reduced revenue loss. It can also be of benefit that using two parts will result in each one operating at a lower stress level and the reliability and life of the part can be improved resulting in a reduction in the number of spare parts overall. The purchase of spare parts with a lower maximum performance requirement can also provide cost savings.

A.2.2 Standby redundancy

Standby redundancy covers the situation where the part only operates when a corresponding part has failed. This is similar to the situation in A.2.1, but the life is extended as it only commences to operate after the primary part has failed. There is a risk of a system failure between when the part fails and when the standby part commences to function. Standby can be further classified as hot standby (system ready to operate), cold standby (system must be initiated) and programmable standby (the part can substitute for a number of different parts, but time is necessary for the item to be programmed).

The support impact is similar to that described above in A.2.1.

A.2.3 Redundancy for a subsystem

This is the situation where the system is comprised of a number of subsystems such as a number of servers operating in a communication network or several independent machines operating jointly to meet the required demand. Again, subsystems working below maximum stress can extend the life of the system. Maintenance can be performed whilst the system is fully operational or when the system is working at a reduced performance level.

Support costs include the additional subsystem spare parts that fail. In addition to the considerations mentioned in A.2.1, the facility such as available space, power demands and air cooling can also be impacted. These additional support costs should be compared within any savings in the reduced revenue loss.

A.2.4 Redundancy for a defined time period

This covers the situation where a number of failures are expected to occur and the parts are increased in quantity so that the system continues to operate for its defined time period. For example, the sensors in a sonar array have sufficient quantity and distribution for the array to operate even though a number of sensors have randomly failed. Large server systems can also operate in this manner, providing sufficient servers where more than one can fail and the risk of system failure occurring between the first failure and the planned maintenance period is low.

These failed parts can be replaced during a planned maintenance or during low performance demand or dwell times (see A.2.5). Introducing an effective monitoring system to ensure that support personnel are notified sufficiently in advance of the number of failed parts before planned maintenance, enables the number of replacement parts held in store to be reduced.

A.2.5 Maintenance during low performance demand or dwell time

The dwell time can be whilst the system is idle or it can be when one or more of the functions are working at a minimum level. This avoids the necessity for extra items within the system and unlike the situations in A.2.2 and A.2.3 above, it also avoids the provision of extra spare parts. However, it usually needs a monitoring capability so that one can predict when a system is likely to fail in order to conduct maintenance during a dwell time.

To reduce support costs, the costs to incorporate a monitoring health check system should be determined. Condition monitoring is becoming a common occurrence and further details are given in IEC 60300-3-10.

Ongoing maintenance can also be undertaken during low demand or dwell time as opposed to a planned stoppage. For example, a system only operating during the working day can be serviced outside the working period or the servicing of a car during a dwell time as opposed to during a planned stoppage.

A.3 Maintenance when the system is not operating

A.3.1 Planned stoppage

Planning to stop the system from operating for maintenance purposes is usually termed as "planned maintenance" or "scheduled maintenance". One activity is the replacement of parts before failure by the use of monitoring (referred to as condition-based maintenance) and predictive failure data (referred to as predictive maintenance) so that the life of a part can be determined with a suitable risk factor. For example, the engine in an aeroplane has a known wear-out life and by applying a risk factor, the replacement life and hence the time to conduct a planned stoppage is established. Any simulation or modelling of this type usually considers any random failures on other parts which can bring forward the planned maintenance to maximize cost savings. For further details on condition-based monitoring and predictive maintenance see IEC 60300-3-10.

Planned maintenance also allows for the detection and repair of spare parts that are not critical for the functioning of the system. The repair of these items is planned, where possible, so that it does not impact on the overall duration of the planned stoppage. Many systems now have automated built-in systems that identify these failures. In some cases, these systems can supply this information in advance of a planned maintenance which can help reduce the storage of spare parts.

As mentioned in A.2.5 above, ongoing maintenance can also take place during periods of low performance demand or dwell time.

Planned maintenance activities is usually addressed as a whole in order to minimize support costs. For example, consider the possibility of extending the life of an aero-engine for an additional design cost. This extends the time between planned maintenance tasks for the engine, but other parts, such as the landing gear will still require planned maintenance. Instead of a combined stoppage, there are smaller frequent stoppages. The costs involved as a whole should be assessed to decide if the cost of improving the life of the engine will produce an overall cost benefit.

Planned stoppages allow the necessary support to be planned in advance and enable any delay time to be minimized and also reduce the number of spare parts.

Also within the category of planned stoppage is enhancement maintenance. This involves modifications to satisfy new requirements. These enhancements are further categorized as adaptive maintenance (involving the modification of an existing software item to keep its usability in a changed or changing environment) or perfective maintenance (modifications that are introduced to improve software). The frequency of these maintenance actions can impact the amount of support required to maintain the software maintenance activity (see 7.2.2.2).

A.3.2 Operate to failure

The alternative to planned stoppage is to operate until a system failure occurs (sometimes referred to as reactive maintenance). This can extend the life for some parts and the costs associated with loss in revenue should be considered. However, it should be recognized that most systems contain parts that fail in a random manner and therefore unexpected failures shall be taken into account.

During the down time (the time when the system is unable to operate), the calculated time to restore is comprised of two factors: the time to conduct all the maintenance tasks and the support delay time which can include waiting parts, tools, equipment and personnel.

The waiting time to obtain a spare part is dependent upon the number of spare parts held in store. If the spare is available in the store, then the waiting time is zero. The maximum waiting time is the time for a failed part to be repaired (including any transportation) and made available for use. It is possible to calculate a mean waiting time (see IEC 62550). The mean waiting time can be used to derive the total loss in revenue if the loss in revenue per hour is known. The other delay factors require greater in-depth knowledge of the facility or facilities involved. For example, a maintenance facility can give preference to those items that have penalty agreements resulting in longer delays for items without such agreements.

In some cases all spare parts are procured at the onset of operation to reduce obsolescence problems, but this can result in more expensive storage costs and there is also a risk that the number of spares purchased can be insufficient or too large.

Operate to failure can also be considered for emergency maintenance. This refers to applying a temporary fix to keep a system operational, but not necessarily at peak performance levels. It can apply to a leakage of dangerous chemicals from an industrial plant with standby resources available to contain the spread of the leakage or it can apply to a software patch to enable the software to function under reduced circumstances. These circumstances are "what if" risk scenarios and the necessary resources should be predetermined and made available if necessary.

Annex B (Informative)

Supportability and support analysis

B.1 Techniques associated with supportability analysis

In performing the supportability analysis, a variety of techniques drawn from IEC 31010 are available. Many of those techniques provide data that can be used for support analysis including:

- reliability block diagrams (RBD) to functionally relate items in a parent-child relationship and allow mathematical connectivity – see IEC 61078;
- fault tree analysis (FTA) to identify what failures, either direct or related, can occur in item hierarchical relationship – see IEC 61025;
- failure mode effects analysis (FMEA) to identify the detail of any potential failures, their impact on the item at any level in the hierarchy and identify the part and causal mechanism and potential recovery tasks for each failure mode. Failure mode effects and criticality (FMECA) also identifies the criticality of each failure mode – see IEC 60812;
- reliability centred maintenance (RCM) to identify the tasks and frequencies of individual preventive maintenance tasks and their subsequent packaging and detailed description for delivery by maintenance or operating staff – see IEC 60300-3-11;
- level of repair analysis (LORA) to identify which failed or defective items in the item hierarchy can be maintained and if so where that is physically done and within which part of the organization.

Additional information can include the following:

- mean and maximum times to restoration (at various levels of maintenance and at platform and unit level);
- support time or labour hours per task or operating hour;
- data for support personnel requirements (e.g. roles, number required, existing or special skills, competencies or social attributes);
- data associated with training requirements from tasks and processes and associated competencies;
- sparring requirements;
- support equipment and facility requirements;
- levels of acceptable loss in revenue.

Much of the above information will be based upon estimations and areas of criticality should be identified and risk assessments conducted.

B.2 Feasibility estimation

In the design process there are decision points where the feasibility of alternative approaches can be considered. In the early design stage, there is insufficient information for a detailed prediction to assess conformity with specified requirements before proceeding with the detailed design. Therefore, a simplified procedure is necessary to give a rough prediction of supportability outcomes based mainly on past experience. Data from previous designs can be adapted to new design attributes and maintenance conditions.

At this early stage, only the dominant tasks should be identified and their potential support requirements estimated. Outputs from this feasibility analysis can be used to evaluate system designs, including the alternative approaches. The analysis can also indicate that the system supportability requirements cannot be met within the specified constraints and should therefore be subjected to trade-off analysis.

B.3 Allocation

The process of translating system supportability requirements to lower functional levels is called supportability allocation. It is an iterative process, which should be initiated in the early design stage. However, the allocation procedure can only be carried through the higher levels of subdivision due to limited information at this stage. Reiteration and allocation to lower levels follows as detailed design proceeds.

The first step of allocation requires a breakdown of the system to the required functional level of detail. In the preliminary stages, it may not be possible to reach the required depth, but as more detailed information becomes available the process can be continued. An essential input is an estimate of the reliability of each item in a functional block diagram. Maintainability and supportability engineers can establish close liaison from the outset and use the same functional level diagram used by reliability, human factors, supportability, support, safety, design and systems engineering so that ideally, all receive updates simultaneously. Similarly, where logistic support analysis (LSA) from an integrated logistic support (ILS) programme is applied, the same data are used to reduce the duplication of effort and ensure consistency in the use of available data. For more information on ILS procedures see IEC 60300-3-12.

The second step is the allocation of a supportability attribute for each identified item using the best information available about its design and its operating environment. The allocation should be based on the relative complexity of the units involved. A measure of complexity is one that can be based on the item failure rate or life to assess frequency of support. Any previous experience with similar equipment should be closely considered.

The third step is a feasibility study of the allocation of the supportability attribute for each identified item in the hardware and software level block diagrams. The results are compared with previous experience and areas for improvement or modification of the allocation, or both, are identified as necessary. If it is considered impossible to meet the allocation, then the following courses are open:

- improvement of the supportability attribute by redesign (better diagnosis, access, modularization, facilities, etc.);
- reallocation, subject to the overall system requirement being met;
- reduction of failure rates through reliability improvement;
- addition of redundancy for the predominant reliability driver, if feasible;
- reconsideration of system requirements, as a last resort.

B.4 Prediction

Supportability prediction is the process of assessing by analytical means the supportability features of an item. This includes calculating its quantitative supportability attributes, using a defined analytical supportability model, based on stated conditions including maintenance and operational support. Supportability predictions should be performed at the required design milestones to provide the following outputs:

- an assessment of the likelihood that the allocated supportability requirements can be met and that the necessary resources can be available to meet operational requirements considering the numbers of systems planned to be in operation;
- identification of any areas considered to require improvement due to cost implications or where practical difficulties are likely.

An appropriate analytical model reflecting the supportability and support features and relationships of the item under consideration should be developed. The model should be based on the functional or the hardware and software level block diagram to determine the mathematical rules for combining the supportability parameters of the item under given constraints. Normally, simple analytical models should be sufficient. However, in certain cases a higher degree of sophistication can be necessary.

B.5 Detailed analysis approach

The analysis approach usually commences with the following steps:

- a) specify the work to be undertaken and how frequently it will take place;
- b) breakdown the work into individual tasks;
- c) breakdown the tasks into subtasks;
- d) specify the duration for each task, the number of personnel and the type and level of skill required (such as mechanic highly skilled);
- e) specify where the work is to be undertaken;
- f) specify the equipment required to undertake each of the subtasks;
- g) specify the spare parts and consumables to accomplish each subtask;
- h) rebuild the subtasks to establish a summary of the resources for the work required taking into account the practicality of staff (and equipment used) working in close proximity;
- i) using frequency together with duration and the working hours, establish the maximum number of repairs that a repair team can accommodate in a fixed period.

If this were a planned maintenance activity, much of the analysis is a repeat of the process taken to establish the time to undertake the maintenance, but additional data is collected to specify the support resources required.

Accruing all possible work that can be undertaken will derive an overview of the resources required for a defined period of time.

However, supportability provides the most cost-effective solution and to achieve this, it is necessary to establish the costs involved in order to derive a preferred solution. The approach can be varied and some examples have been provided in Annex A when considering the types of maintenance and in Annex C, when considering the economic ordering of parts.

B.6 Costs considered during the detailed analysis approach

B.6.1 Individual costs

The individual costs can be accrued in a number of ways such as:

- a) cost to procure additional parts – such as initial purchase of parts and any associated parts involved such as nuts, bolts, screws, gaskets, grease;
- b) cost to restore a failed part to a spare part. This cost sometimes takes into account those failed parts that are beyond economic repair and a new part being procured. This also considers long term storage where the part can have a specific shelf life or can deteriorate during storage to a limiting duration;
- c) costs to store spare parts and consumables (such as facilities, labour and inventory control);

- d) storage costs covering the cost of the space for the part, the cost of running a store (the renting, heating and lighting), the cost to handle the part including any damage or deterioration as well as the cost to insure the store and its content. These costs are usually expressed as an annual holding cost and can be specified as a percentage of the cost of the spare part (such as 20 %). This percentage can vary individually if certain parts have a very high value or large volume compared with other parts being stored;
- e) cost of ordering parts for repair. This covers the fees associated with placing orders, such as delivery charges and includes the costs associated with the transport of parts to a repair centre and its return. Where a central depot is concerned these costs can include the transport from the storage depot to the repair facility as well;
- f) cost for maintenance to remove and replace a spare part. This is usually an hourly rate combined with the maintenance time;
- g) costs for other maintenance tasks that do not involve spare parts – such as lubrication. For health checks, see n) below;
- h) cost of operating and maintaining the maintenance facility (such as building, tools, test equipment calibration services, configuration management services and general personnel services). These costs are usually classified as overheads and are levied onto the maintenance hourly rate to cover all the costs associated with operating a maintenance facility as well as the technical data costs, training costs and support service costs. In some cases a central depot is involved and the costs are shared across the local repair centres or by placing a levy on the spare part;
- i) technical delay costs – auxiliary support to maintenance (such as cooling, isolation and test equipment programme selection);
- j) administration delay costs – delays such as notifying maintenance that a failure has occurred;
- k) support delays – in an ideal world, the tools, test equipment, spare parts and manpower are immediately available. Any delays in these being available are termed as support delays. The time is included within the loss in revenue costs mentioned below;
- l) support services costs – the cost to operate a team involved in the procurement of spare parts and associated support. These costs are usually incorporated into the overhead costs mentioned in h) above;
- m) training costs;
- n) cost for system health checks (condition monitoring and predictive maintenance);
- o) cost to upgrade (such as development, testing and changes to spare parts);
- p) cost of disposal (such as contaminated fluids);
- q) loss in revenue – duration costs. This is applicable when the system is non-operational, including intangibles such as reputation and goodwill. This is usually expressed as a cost per hour combined with the duration (or time to restoration) when the system is non-operational;
- r) loss in revenue – fixed costs. These costs are in addition to the loss in revenue – duration costs. These fixed costs relate to revenue, including intangibles, relating to failures that affect the personnel and equipment safety, environmental and health issues, for example oil spillage from a ship. During the design, every effort is made to remove or reduce these costs as much as possible as they can be quite substantial.

In some cases, instead of determining an exact value, cost ranges are used, such as a catastrophic loss in revenue to ensure a remedy is introduced whilst at the same time considering the best cost options such as introducing redundancy or limiting equipment life.

B.6.2 Cost interactions

Usually the above individual costs are calculated in isolation to each other, but interrelations can result in complex situations when deciding upon the best solution. For example, as mentioned in A.3.1, planned maintenance is determined by considering maintenance of all necessary parts, not just individually and can also require the consideration of multiple systems as opposed to an individual system.

There are also interactions with other costs. For example, the frequency of repair for a number of systems can result in a conflict between repair costs and stock holding. If a repair is infrequent, the number of maintenance repairs and hence annual costs, are reduced, but there is a larger risk that the spare part will not be available when required so more stock can be stored. Conversely, parts with frequent repairs provide a consistent demand for spares so the risk of no stock is less. Similarly, there is a conflict with the repair of spare parts for multiple systems. Infrequent repairs (where maintenance costs are low) results in retooling and set-up costs. Conversely, frequent repair usually results in a part that has a constant flow of repair work.

In a similar manner, software modifications require designers experienced in the software. Initiating new design changes without an available design team will usually require a major learning curve before changes can be initiated. Hardware modifications have the same problem. Where the part is continuously evolving the designers may be readily available, but for large one-off systems it is more usual to undertake mid-life updates by initiating a brand new design team with associated learning curve costs.

B.6.3 Cost comparison examples

B.6.3.1 Penalty costs

When a system is expected to be operational, but is unable to operate due to maintenance, there is a revenue loss (as mentioned in B.6.1 q) above) which is calculated as cost per day multiplied by the delay time – the duration that the system remains inoperable. In some cases the delay time is split into acceptable and unacceptable with the unacceptable delay time being used to impose contractual cost penalties.

B.6.3.2 Retire or repair

The retire (and replace with a new part) costs can comprise the following:

- the cost to procure each replacement part;
- the cost to store the replacement parts – bulk buying may reduce the price, but this can be offset by the cost of storage;
- the number of replacement parts required during the defined period such as a two-year warranty period;
- all costs associated with the testing of the replacement parts. This depends upon the costs involved in removing and replacing a failed part and cost penalties if the part fails to function thereby requiring further time delay to remove and replace. If this total cost is expensive then it can be prudent to test the part before use;
- costs to remove and replace the failed part.

The replacement cost can comprise the following costs:

- the cost to procure an initial stock of replacement parts;
- the cost to repair the part;
- the cost to transport the part for repair;
- the cost to store the initial stock of parts;

- the number of replacement parts required during the defined period such as a two-year warranty period;
- the testing of the part with the same proviso as mentioned above for a retired part scenario;
- costs to remove and replace the failed part;
- the time interval for a failed part to undergo repair.

As a first estimate, one can assume that the retire stock level and storage is equivalent to the stock for repair. If the cost to procure a new part is greater than the costs to repair and transport a part plus the costs due to additional waiting time (the loss in revenue) for that part, then the preferred option is the repair option.

B.6.3.3 Redundancy for a subsystem

Before this option can be considered, the overall impact of installing an additional subsystem should be considered. It is possible that the space occupied by the subsystem is not available or requires other benefits to be sacrificed. For example, installing an additional lift in an office building will reduce the amount of office space which will impact on revenue. In the case of adding an additional server in a room already containing several servers, the increase in heat generation can require cooling systems to be installed or enhanced. If space is of prime concern, then alternative options should be considered. In many cases, an additional subsystem is utilized in order to accommodate the risk of over-capacity occurring and to improve reliability by reducing operational stresses as they are being shared across a larger number of subsystems. Redundancy of subsystems can often increase energy consumption in addition to adding acquisition and maintenance costs.

The time to restoration (TTR) can vary due to delays in the availability of spare parts and maintainers and different scenarios should be considered. The daily loss in revenue combined with the TTR and the number of days the system is required to be operational, determine the losses if a repair is not implemented during operation.

On the other hand, there is the cost to procure a subsystem and the cost to install the subsystem. The cost to store the additional spare parts should also be considered although for a large system an additional subsystem is likely to have a small impact on the number of additional spare parts required.

Costs associated with the restoration of a failed part are not included as they would occur whether the system is operational or not.

It is usual to conduct a simulation to include the variables such as different types of failures, the varying delay times and the risk that another part of the subsystem will fail at the same time. Although the mean waiting time (which depends on the number of stored spares) is used for the typical case, the worst case scenario should be considered if operational availability is critical. Sometimes the savings are sufficiently substantial that a simulation is not necessary.

B.6.3.4 Loss in revenue

As mentioned previously, the loss in revenue can be "fixed" or "duration based" and every effort is made during the design to minimize the fixed loss in revenue. Failure modes effects and criticality analysis (FMECA), for example, can identify catastrophic failures and ensure the design is modified so that these can be eliminated or minimized as much as possible – always provided that FMECA considers the situation. For example, consider the case where a washing machine manufacturer was fined for giving an electric shock to a user. FMECA had shown that water spilt over the machine can cause this problem and the design was modified to ensure that this did not happen. However, no one considered the fact that soapy water lowers the surface tension and if spilt over a washing machine would be able to creep further into the washing machine. This was the cause of the shock. One should have experience in these scenarios when undertaking an FMECA.

The loss in revenue that is duration based is determined by three factors, the time the system is non-operational, the type of stoppage and the related cost per non-operational hour (or some other duration scale). The cost per hour varies depending upon the type of stoppage such as planned or unplanned. With regard to the stoppage duration, there are a series of steps that are undertaken:

- a) recognizing that the system has failed and enabling maintenance;
- b) moving the system to the maintainer or moving the maintainer to the system, or enabling remote monitoring whichever is the most convenient;
- c) identifying the location of the fault(s);
- d) ordering all the replacement parts, tools and consumables to effect a replacement. For software intensive systems, this is not applicable, but can be considered as the design effort to effect a modification;
- e) removing the faulty part. For software intensive systems it is possible that this will not be applicable, but removing an old programme to install a new one can be necessary;
- f) installing the new (or as new) part. For software intensive systems, this involves uploading a modified programme;
- g) confirming the system is performing as intended;
- h) moving the system to the place of operation (if applicable);
- i) returning the system to operation.

In some cases, temporary repairs are undertaken in an attempt to minimize the duration, but this can limit particular functions of the system and should be considered on a case by case basis.

One of the main variables relates to the ordering of replacement parts and this is dependent upon the number of spare parts that are to be purchased for storage (see IEC 62550).

Annex C (informative)

Economic ordering of replacements

C.1 Performance and specification considerations

The specification of an ideal replacement part depends on the performance required during the item's expected life profile. For example, in the case of a car tyre, in addition to the tyre dimensions and cost, the specification will define the permissible maximum speed, the surface grip when dry and when wet, the tyre noise at speed and the life of the tyre with respect to distance travelled (when wear-out occurs) and deterioration (when the tyre material has degraded). Hence in the case of low annual mileage where deterioration occurs before wear-out, this will influence the required specification and hence the potential cost.

C.2 Continuous ordering of spare parts

The continuous ordering of spare parts is fully detailed within IEC 62550 and assumes that a risk of shortage (see 5.4) is specified (or mean waiting time) together with the replacement rate. The replacement rate is based upon the failure rate, but takes into account other possible failures such as mishandling failures.

C.3 Batch ordering of spare parts

An alternative approach is to order replacements in batches. The economic order quantity (EOQ) is an inventory-related equation that determines the optimum order quantity that a company should hold in its inventory given a set cost of production, replacement rate and other variables. This is determined to minimize variable inventory costs, but assumes that an item in store is used and retired as opposed to being sent for repair. Nevertheless, although the EOQ is primarily applicable for new replacements, it can also be considered for the repair of parts.

The EOQ formula can be modified to determine production levels or order interval lengths and is used by large corporations, especially those with large supply chains and high variable costs per unit of production.

Economic factors such as volume discounts, inventory receiving and storage costs, usage rates and risks associated with running out of stock, as well as the average time from order to delivery, are factored into the determination of optimal economic order quantity.

The EOQ is used as part of a continuous review inventory system, in which the level of inventory is monitored at all times and a fixed quantity is ordered each time the inventory level reaches a specific reorder point. The EOQ provides a model for calculating the appropriate reorder point and the optimal reorder quantity to ensure the instantaneous replenishment of inventory with no shortages. It can be a valuable tool for small business owners who make decisions about how much inventory to keep on hand, how many items to order each time and how often to reorder to incur the lowest possible costs.

The EOQ model assumes that replacement rate is constant and that the inventory is depleted at a fixed rate until it reaches zero. When the inventory level reaches zero or a pre-defined minimum level, a specific number of items arrive to return the inventory to its beginning level. Since the model assumes instantaneous replenishment, there are no inventory shortages or associated costs.

The total cost can be expressed as follows:

$$\text{Total cost} = \text{Purchase cost} + \text{Ordering cost} + \text{Storage cost}.$$

Ordering a large amount at one time increases the storage costs, but minimizes the ordering costs. Conversely making more frequent orders of fewer items increases the ordering costs, but minimizes the storage costs. The EOQ model finds the quantity that minimizes the sum of these costs.

The basic EOQ formula is usually expressed as follows:

$$T_c = PD + HQ/2 + SD/Q$$

where

T_c is the total cost to maintain an inventory of spare parts per year;

PD is the inventory purchase cost per year (price P multiplied by replacement rate D in units per year);

H is the storage cost per item per year;

Q is the order quantity;

S is the cost per order.

Breaking down the elements of the formula further, the yearly holding cost of inventory is H multiplied by the average number of units in the inventory. Since the model assumes that the inventory is depleted at a constant rate, the average number of units held in the store is equal to $Q/2$. Hence the total inventory storage costs is $HQ/2$. The total order cost per year is S multiplied by the number of orders per year, which is equal to the annual replacement divided by the number of orders, or D/Q . Finally, PD is constant, regardless of the order quantity.

Taking these factors into consideration, the optimal order quantity is determined at the minimum point of the bathtub curve where:

$$Q = \sqrt{2SD/H}.$$

The replacement D can be considered to be the expected number of replacements (ENR). Once Q is established, the duration to obtain Q parts can be expressed as the proportion Q/D multiplied by 365 if the interval between orders is required in days. This interval can be compared with the repair turnaround time (RTRT) and Q can be compared with the number of spare parts to be held in the store for a specified stock out risk (SOR) or the mean waiting time (MWT). It is also possible to determine the number of minimum spares if the RTRT equals the interval between orders.

Annex D

(informative)

Example of support delay times and other associated times

D.1 Example timeline

This example is not intended to be an accurate reflection of a particular event, but is intended to explain the various timelines that can occur. There are a number of different delays mentioned within the example. For easy identification, any support delay time is identified as SDT.

- 1) User detects a problem with the performance of the car. Administration delay clock started.
- 2) User takes car to repair centre. Front desk completes paperwork and user hands over car keys. Administration delay clock stopped.
- 3) Tester with test equipment not available. Support delay time clock started (SDT).
- 4) Tester arrives to test car. Support delay time stopped (SDT).
- 5) Tester commences car test. Fault detection time clock started.
- 6) Tester identifies that engine control unit (ECU) requires replacement. Fault detection time clock stopped. Administration delay clock started.
- 7) Front desk advises user of problem including cost and repair time. User authorizes work to start. Administration delay clock stopped.
- 8) Spare part and repair pack (nuts, bolts, etc. for specific car model) will arrive mid-morning next day, but available repair station not available until noon. Spare part delay time clock started (SDT) and repair station delay time clock started (SDT).
- 9) Repair centre closes for the night.
- 10) Next morning spare part arrives. Spare part delay time clock stopped (SDT).
- 11) At noon, repair station becomes available, car driven into repair station, but engine too hot to start repair. Repair station delay time stopped (SDT). Technical delay clock started.
- 12) Engine sufficiently cool to start work. Technical delay clock stopped. Repair time clock started.
- 13) ECU replaced, but has to be programmed to suit car model. Repair time clock stopped to await specialist. Support delay time started (SDT).
- 14) Specialist arrives. Support delay time clock stopped (SDT) and repair time clock started.
- 15) Specialist programs the ECU and carries out function test. Repair time clock stopped.
- 16) Car relocated in forecourt and customer advised it is ready for collection.

D.2 Delay time assessments

The overall support delay time is a summation of the following:

- the time for the tester to become available – time steps 3) to 4);
- the total time for the spare part to become available – time steps 8) to 10);
- the time taken between the arrival of the spare part and the repair station to become available – time steps 10) to 11);
- the time taken for the specialist to become available – time steps 13) to 14).

In the case of the spare part delay time, time steps 8) to 10), it is usual to consider the total time taken for a spare part to arrive, but for the repair station it is usual to discount the time spent overnight when the repair centre is closed. The support delay times can be examined individually to consider areas for improvement. For example, the specialist delay time is an important factor as it has delayed the repair station becoming available for further work.

Having established the support delay time for each repair, it is possible to establish a mean time for all support delay times. If multiple repair centres are involved it can also be possible to establish a mean support delay time specifically for ECUs. In some cases, an overall weighted mean support delay time can be required. In which case the delay times are weighted by the frequency of the type of repair undertaken (see IEC 61703).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

Bibliography

IEC 60050-192, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 192: Dependability*, available at <https://www.electropedia.org>

IEC 60300-1, *Dependability management – Part 1: Guidance for management and application*

IEC 60300-3-1, *Dependability management – Part 3-1: Application guide – Analysis techniques for dependability – Guide on methodology*

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

IEC 60300-3-4, *Dependability management – Part 3-4: Application guide – Specification of dependability requirements*

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

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

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

IEC 60300-3-16, *Dependability management – Part 3-16: Application guide – Guidelines for specification of maintenance support services*

IEC 60706-3, *Maintainability of equipment – Part 3: Verification and collection, analysis and presentation of data*

IEC 60706-5, *Maintainability of equipment – Part 5: Testability and diagnostic testing*

IEC 60812, *Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA)*

IEC 61025, *Fault tree analysis (FTA)*

IEC 61078, *Reliability block diagrams*

IEC 61703, *Mathematical expressions for reliability, availability, maintainability and maintenance support terms*

IEC 62309, *Dependability of products containing reused parts – Requirements for functionality and tests*

IEC 62402, *Obsolescence management*

IEC 62508, *Guidance on human aspects of dependability*

IEC 62550, *Spare parts provisioning*

IEC 62741, *Demonstration of dependability requirements – The dependability case*

IEC 62960, *Dependability reviews during the life cycle*

IEC 31010, *Risk management – Risk assessment techniques*

ASD-STE100, *ASD Simplified Technical English Specification*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	61
INTRODUCTION.....	63
1 Domaine d'application	65
2 Références normatives	65
3 Termes et définitions	65
4 Vue d'ensemble de la supportabilité et du soutien	70
4.1 Description de la supportabilité et du soutien	70
4.2 Principes.....	71
4.3 Avantages.....	72
4.4 Interfaces.....	72
4.4.1 Généralités	72
4.4.2 Effet de la supportabilité et du soutien sur la fiabilité	73
4.4.3 Effet de la supportabilité et du soutien sur la maintenabilité.....	73
4.4.4 Effet de la supportabilité et du soutien sur la disponibilité.....	73
4.4.5 Effet de la supportabilité et du soutien sur le coût du cycle de vie.....	73
5 Spécification de la supportabilité et du soutien	74
5.1 Généralités	74
5.2 Définition des exigences	74
5.3 Attributs des entités supportables	75
5.4 Mesures de supportabilité	76
6 Programme de supportabilité et de soutien	77
6.1 Généralités	77
6.2 Management de projet	78
6.3 Planification et contraintes	78
7 Gestion de la supportabilité et du soutien tout au long du cycle de vie.....	80
7.1 Généralités	80
7.2 Phase conceptuelle.....	81
7.2.1 Considérations initiales.....	81
7.2.2 Options de remise en état.....	81
7.2.3 Types de soutiens	82
7.2.4 Établissement d'un référentiel de données de soutien	83
7.2.5 Analyse de supportabilité.....	83
7.3 Phase de développement.....	83
7.4 Phase de réalisation	84
7.5 Phase d'utilisation.....	85
7.6 Mise au rebut ou réutilisation	85
8 Assurance	86
8.1 Objectifs d'assurance.....	86
8.2 Méthodes d'assurance	86
8.2.1 Vérification	86
8.2.2 Étude de sûreté de fonctionnement.....	87
9 Informations relatives à la supportabilité et au soutien.....	87
9.1 Collecte de données	87
9.2 Gestion de la configuration	88
9.3 Gestion des documents.....	89
9.4 Manuels techniques	89

9.4.1	Généralités	89
9.4.2	Développement d'un manuel technique.....	91
9.4.3	Évaluation	92
9.4.4	Amendement à la documentation	92
9.4.5	Élaboration de rapports d'événements	92
9.4.6	Communication.....	93
10	Gestion des ressources	93
10.1	Disposition des ressources	93
10.2	Ressources humaines	94
10.3	Formation	94
10.4	Équipement de soutien	95
10.4.1	Généralités	95
10.4.2	Types d'équipement de soutien	95
10.4.3	Sélection d'équipement de soutien	95
10.4.4	Données d'équipement de soutien	96
10.4.5	Équipement de tests automatiques	96
10.4.6	Étalonnage	96
10.4.7	Réparation d'équipement de soutien.....	97
10.4.8	Équipement de test intégré (ETI)	97
10.5	Installations de soutien	97
10.5.1	Installations d'espace de travail.....	97
10.5.2	Installations techniques et administratives	98
10.5.3	Installations pour systèmes d'information informatisés.....	98
10.6	Pièces détachées et consommables	98
10.6.1	Généralités	98
10.6.2	Qualité des pièces détachées	99
10.6.3	Quantification des pièces détachées.....	100
10.6.4	Identification des pièces détachées	102
Annexe A (informative) Types de maintenances ayant une influence sur la supportabilité et le soutien		103
A.1	Généralités	103
A.2	Réparation alors que les fonctions essentielles du système continuent de fonctionner.....	103
A.2.1	Redondance d'une pièce	103
A.2.2	Redondance en attente.....	104
A.2.3	Redondance d'un sous-système	104
A.2.4	Redondance pendant une période définie	104
A.2.5	Maintenance pendant une période à faible demande de performance ou un temps d'attente	104
A.3	Maintenance lorsque le système ne fonctionne pas.....	105
A.3.1	Arrêt programmé	105
A.3.2	Fonctionnement jusqu'à la défaillance	106
Annexe B (Informative) Analyse de la supportabilité et du soutien		107
B.1	Techniques associées à l'analyse de supportabilité	107
B.2	Estimation de faisabilité	108
B.3	Allocation.....	108
B.4	Prévision.....	109
B.5	Approche par analyse détaillée	109
B.6	Coûts pris en compte dans l'approche par analyse détaillée	110

B.6.1	Coûts individuels	110
B.6.2	Interactions entre coûts	111
B.6.3	Exemples de comparaison des coûts	112
Annexe C (informative) Quantité économique de commande de remplacements		115
C.1	Considérations relatives aux performances et aux spécifications	115
C.2	Commande continue des pièces détachées.....	115
C.3	Commande par lots de pièces détachées	115
Annexe D (informative) Exemple de délais d'attente du soutien et d'autres durées connexes		117
D.1	Exemple de chronologie.....	117
D.2	Évaluations du délai d'attente	118
Bibliographie.....		119
Figure 1 – Processus d'approvisionnement des pièces détachées		101

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-14: Guide d'application – Supportabilité et soutien

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevet.

L'IEC 60300-3-14 a été établie par le comité d'études 56 de l'IEC: Sûreté de fonctionnement. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) cohérence avec les autres normes de base de sûreté de fonctionnement établies par le TC 56 de l'IEC,

- b) extension des principes et des activités de supportabilité et de soutien en matière de sûreté de fonctionnement.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
56/2050/FDIS	56/2055/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de la présente Norme internationale est l'anglais.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60300, publiées sous le titre général *Gestion de la sûreté de fonctionnement*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site Web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

INTRODUCTION

Le présent document fournit des recommandations sur la manière d'identifier et d'appliquer sur une entité les techniques d'analyse et d'assurance appropriées pour la supportabilité et le soutien. Le présent document inclut les bonnes pratiques, les mesures appropriées pour les exigences et la manière de les évaluer. Il inclut également la relation avec d'autres attributs de sûreté de fonctionnement conjointement avec les éléments d'un programme efficace de supportabilité et de soutien. Dans le contexte du présent document, le soutien désigne la mise à disposition des ressources de qualité permettant à une entité de fonctionner tel qu'exigé. La supportabilité porte essentiellement sur:

- l'identification et la quantification:
 - du soutien pour une entité définie dans un contexte d'utilisation donné,
 - du temps pour fournir ce soutien,
 - des ressources, du coût et de la qualité de ce soutien,
 - de la qualité du soutien fourni,
- l'influence exercée sur la conception d'une entité et sur les dispositions de soutien afin d'obtenir une valeur ajoutée tout au long de la durée de vie de l'entité.

L'un des principaux objectifs de la "conception pour la supportabilité des entités" est d'influencer l'activité de soutien pendant l'exploitation et la maintenance. Cependant, la supportabilité n'est pas seulement un attribut de la conception, car elle dépend également des conditions d'utilisation et de l'organisation qui fournit les dispositions de soutien. L'obtention des capacités souhaitées inhérentes à la conception d'une entité implique que la supportabilité nécessaire soit également conçue, mise en œuvre et qu'elle évolue en permanence pour s'aligner sur les changements apportés à la configuration de l'entité et à ses conditions d'utilisation, y compris la capacité de l'organisation de gestion et de ses fournisseurs. La supportabilité d'une entité permet de s'assurer que:

- les exigences de soutien pour obtenir une capacité souhaitée de l'entité sont équilibrées et connues;
- la capacité financière pour fournir ce soutien est connue à court et à long terme;
- l'équilibre souhaité entre la conception de l'entité, la conception du soutien et la conception de l'organisation qui fournit ce soutien, afin de répondre aux exigences techniques et financières.

Le soutien constitue un facteur qui contribue de manière significative aux coûts globaux pour qu'une entité fonctionne sans problème tout au long de sa durée de vie pour un profil de cycle de vie donné. La tendance actuelle est de prolonger la durée de vie d'une entité en s'assurant que les pièces détachées et autres ressources de soutien sont facilement disponibles sur une plus longue période (en particulier pour les entités qui posent des problèmes tels que l'obsolescence). La tendance actuelle vise également à s'assurer que les pièces sont mises au rebut et recyclées d'une manière durable. La supportabilité bénéficie de solutions innovantes pour satisfaire aux demandes futures en matière de durabilité et de circularité.

Une entité qui est facilement soutenue est plus à même de résister à l'adversité et de s'en rétablir. Une telle entité est plus résiliente et moins dépendante des personnes et des systèmes susceptibles d'être affectés par des événements et des situations défavorables graves.

Un programme de supportabilité et de soutien efficace assure au client une confiance accrue dans l'organisation du soutien, avec des coûts de cycle de vie plus bas, une meilleure disponibilité et moins de modifications dues à des déficiences de supportabilité. Ainsi, la confiance des clients envers l'entité s'en trouve améliorée, ce qui entraîne des ventes accrues et une augmentation des ventes pour les futures entités de la même entreprise.

Le présent document constitue l'une des normes de sûreté de fonctionnement corrélées de niveau supérieur, qui fournissent aux responsables et au personnel technique des recommandations sur la façon de planifier et de mettre en œuvre efficacement les activités de sûreté de fonctionnement. Les autres documents de la série sont:

- l'IEC 60300-1 qui souligne l'importance et les avantages de la gestion de la sûreté de fonctionnement. Elle donne des recommandations sur les activités de sûreté de fonctionnement et sur l'intégration de celles-ci dans un système de gestion et des processus du cycle de vie existants;
- l'IEC 60300-3-4 qui fournit des recommandations pour l'élaboration d'exigences de sûreté de fonctionnement dans les spécifications, ainsi que sur les moyens d'assurer la réalisation de ces exigences;
- l'IEC 60300-3-10 qui fournit des recommandations sur la manière d'identifier et d'appliquer les techniques d'analyse et d'assurance appropriées pour la maintenabilité (et la maintenance);
- des documents d'orientation couvrant la fiabilité et la disponibilité qui sont en cours d'élaboration.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60300-3-14:2024

GESTION DE LA SÛRETÉ DE FONCTIONNEMENT –

Partie 3-14: Guide d'application – Supportabilité et soutien

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60300 décrit l'attribut de sûreté de fonctionnement de la supportabilité (et du soutien) et sa relation avec les attributs de sûreté de fonctionnement connexes: fiabilité, maintenabilité et disponibilité.

Le présent document peut être utilisé à tout moment du cycle de vie d'une entité pour en guider la planification et la mise en œuvre des activités de supportabilité et de soutien, orientées vers l'obtention d'un équilibre recherché entre les performances, les coûts et les risques. Toutes les activités peuvent être adaptées à la nature de l'entité et à ses conditions d'utilisation.

Des recommandations sont données sur la manière dont les activités de supportabilité et de soutien peuvent être appliquées à n'importe quelle phase du cycle de vie d'entités de conception nouvelle, d'entités existantes disponibles sur le marché ou d'entités en cours de vie opérationnelle.

Le présent document prend en compte les implications du cycle de vie en gérant formellement les risques associés à la gestion et à l'exécution d'activités de création, d'exploitation, de maintenance et de remise en état d'une entité afin qu'elle atteigne son objectif déclaré.

Le présent document décrit:

- la nature de la supportabilité et du soutien;
- le rôle de la supportabilité et du soutien dans l'obtention de la valeur de l'entité tout au long de sa durée de vie;
- les compromis associés à la supportabilité et au soutien afin d'atteindre l'équilibre souhaité entre les coûts, les performances et les risques pendant la durée de vie d'une entité;
- l'importance d'aligner la structure d'une organisation sur ses objectifs, dans le but ultime d'améliorer l'efficacité et l'efficacités afin de fournir la supportabilité et le soutien exigé.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

disponibilité

aptitude à être en état de fonctionner tel que requis dans des conditions données

Note 1 à l'article: La disponibilité dépend conjointement des attributs de fiabilité (IEV 192-01-24), de maintenabilité (IEV 192-01-27), de supportabilité (IEV 192-01-31), ainsi que de la maintenance et du soutien fournis.

Note 2 à l'article: Les conditions données incluent les aspects ayant un impact sur la disponibilité, tels que le mode de fonctionnement, les niveaux de contrainte, les conditions environnementales et la maintenance, ainsi que les conditions définies dans le profil de cycle de vie.

Note 3 à l'article: La disponibilité peut être quantifiée à l'aide de mesures définies dans l'IEC 60050-192, Section 192-08, Mesures liées à la disponibilité.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-23, modifié – La définition n'est plus spécifique, l'expression "dans des conditions données" a été ajoutée et les notes à l'article existantes ont été remplacées par de nouvelles notes à l'article]

3.2

test intégré

TI

capacité intégrée à une entité soumise au test permettant une détection et une localisation de panne automatiques

[SOURCE: IEC 60706-5:2007, 3.1.1]

3.3

équipement de test intégré

ETI

matériel et micrologiciel intégrés dans une entité exclusivement dans le but d'effectuer un test intégré

3.4

maintenance corrective

maintenance effectuée après une détection de panne pour procéder à un rétablissement

Note 1 à l'article: La maintenance corrective de logiciel implique invariablement certaines modifications.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-06]

3.5

sûreté de fonctionnement

aptitude à fonctionner quand et tel que requis

Note 1 à l'article: Une entité ou un service fiable est celui pour lequel il existe une confiance légitime qu'il fonctionne comme souhaité et satisfait aux attentes convenues des parties prenantes.

Note 2 à l'article: Dans la plupart des cas, le terme "sûreté de fonctionnement" est utilisé comme terme générique pour exprimer ses attributs centraux de fiabilité, de maintenabilité et de supportabilité, ainsi que l'attribut de disponibilité qui en dérive. Dans certains cas, des attributs tels que la résilience, la récupérabilité, la durabilité, l'intégrité, la sécurité, la sûreté et la véracité sont inclus dans la sûreté de fonctionnement ou la recoupe.

Note 3 à l'article: Afin d'exprimer la capacité d'exécution, les exigences sont spécifiées en matière de fonctions à accomplir, lorsque la performance est à atteindre, et de conditions du profil de cycle de vie.

Note 4 à l'article: Les attributs de sûreté de fonctionnement peuvent être exprimés de manière qualitative ou quantitative.

Note 5 à l'article: Il est également courant d'utiliser le terme "sûreté de fonctionnement" dans le contexte d'un sujet d'étude ou de discipline.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-22, modifié – La définition n'est plus spécifique, les notes à l'article existantes ont été remplacées par de nouvelles notes à l'article]

3.6

entité

sujet que l'on considère

Note 1 à l'article: L'entité peut être une pièce isolée, un composant, un matériel, un dispositif, une unité fonctionnelle, un équipement, un sous-système, un système, un produit, un service ou un processus.

Note 2 à l'article: L'entité peut être composée de matériel, de logiciel, de personnel ou d'une quelconque de leurs combinaisons.

Note 3 à l'article: L'entité est souvent composée d'éléments dont chacun peut être considéré individuellement. Voir "sous-entité" (IEV 192-01-02) et "niveau dans l'arborescence" (IEV 192-01-05).

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-01, modifié – Dans la Note 1 à l'article, les expressions "un matériel" et "un produit, un service ou un processus" ont été ajoutées et les notes faisant référence à l'IEC 60050-191 ont été supprimées]

3.7

cycle de vie

suite des phases identifiables que traverse une entité, de sa conception à sa mise au rebut

EXEMPLE Le cycle de vie classique d'un système comprend les phases suivantes: faisabilité et définition, conception et développement, fabrication et mise en service, exploitation et maintenance, rénovation en cours de vie ou prolongation de la durée de vie, mise hors service et mise au rebut.

Note 1 à l'article: Les étapes identifiées varient en fonction de l'application.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-09]

3.8

profil de cycle de vie

contraintes sur une entité, ainsi que leurs niveaux, contenu, durée et ordre, rencontrés pendant le cycle de vie

Note 1 à l'article: Les contraintes peuvent être internes (telles que cycles de fonctionnement) ou externes (telles que contrainte d'environnement, niveau de puissance d'entrée et taux de demandes de service sur le réseau).

Note 2 à l'article: Le profil de cycle de vie peut être réel, attendu ou prévu.

3.9

maintenabilité

aptitude à être maintenu ou rétabli dans un état permettant de fonctionner tel que requis, dans des conditions données

Note 1 à l'article: Les conditions données incluent notamment l'emplacement de maintenance, l'accessibilité, les procédures de maintenance et les ressources de maintenance, ainsi que les conditions définies dans le profil de cycle de vie.

Note 2 à l'article: La maintenabilité peut être quantifiée à l'aide de mesures appropriées. Voir l'IEC 60050-192:2015, Section 192-07 – Maintenabilité et logistique de maintenance: mesures.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-27, modifié – La définition a été généralisée et reformulée, l'expression "d'utilisation et de maintenance" a été supprimée et les notes à l'article existantes ont été remplacées par de nouvelles notes à l'article]

3.10

politique de maintenance

objectifs de la maintenance, échelons de maintenance, niveaux dans l'arborescence, logistique de maintenance et leurs relations

Note 1 à l'article: La politique de maintenance fournit les bases pour planifier la maintenance, déterminer les exigences de capacité de soutien et développer le soutien logistique.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-02, modifié – Cette modification ne concerne que la version anglaise]

3.11

temps d'attente moyen

MWT

durée moyenne pour qu'une pièce détachée soit disponible pour la réparation d'une entité

Note 1 à l'article: Si une pièce détachée est disponible en tant qu'entité en stock, le temps d'attente est égal à zéro. Le temps d'attente le plus défavorable est le délai de réparation.

Note 2 à l'article: L'abréviation "MWT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Mean Waiting Time".

3.12

disponible

OTS

article immédiatement disponible qui est à la fois commercial et vendu en grandes quantités sur le marché

Note 1 à l'article: Parfois appelé COTS (commercial off-the-shelf, en français: disponible dans le commerce) ou MOTS (modified off-the-shelf, en français: disponible avec modification).

Note 2 à l'article: L'abréviation "OTS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Off-The-Shelf".

[SOURCE: IEC 62741:2015, 3.1.3]

3.13

maintenance préventive

maintenance effectuée pour limiter la dégradation et réduire la probabilité de défaillance

Note 1 à l'article: Voir aussi maintenance conditionnelle (IEV 192-06-07) et maintenance programmée (IEV 192-06-12).

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-06-05, modifié – Cette modification ne concerne que la version anglaise]

3.14

délai de réparation

RTRT

temps nécessaire pour qu'une pièce défectueuse soit réparée et renvoyée à l'entrepôt (y compris le transport)

Note 1 à l'article: L'abréviation "RTRT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Repair Turn-aRound Time".

3.15**taux de renouvellement**

taux auquel une entité est remplacée pour satisfaire aux exigences opérationnelles spécifiées sur une période donnée

Note 1 à l'article: La vraisemblance pour que des défaillances soient détectées alors qu'aucun défaut n'est constaté doit être prise en compte dans le calcul du taux de renouvellement. Certaines défaillances (défaillances secondaires) sont induites par des événements extérieurs, comme des mauvaises réparations ou la défaillance d'autres entités. Pour ces raisons, c'est le taux de renouvellement, et non le taux de défaillance, qui doit être appliqué dans la quantification des pièces détachées. Le taux de renouvellement inclut tous les facteurs qui influencent le nombre de renouvellements d'une entité.

3.16**équipement type spécifique**

STE

équipement qui est nécessaire pour réaliser une tâche spécifique pour une entité spécifique

Note 1 à l'article: L'abréviation "STE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "Special Type Equipment".

EXEMPLE Outils, gabarits et équipement de test.

3.17**soutien**

<en sûreté de fonctionnement> mise à disposition des ressources permettant à une entité de continuer à fonctionner tel que requis

Note 1 à l'article: Des exemples de ressources sont l'effort humain, la formation, les outils, les gabarits, les équipements de test, les matériels de levage, les matériaux, les pièces détachées, les installations, la documentation, les informations et les systèmes d'information.

Note 2 à l'article: Le soutien fournit une ressource de qualité au bon emplacement, au meilleur moment et au coût optimal, en tenant compte des impacts environnementaux, sociaux et économiques.

3.18**supportabilité**

aptitude d'une entité à être soutenue pour fonctionner tel qu'exigé avec un profil de cycle de vie défini et des ressources données

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-31, modifié – La définition a été généralisée et étendue et la note à l'article a été supprimée]

3.19**système**

<en sûreté de fonctionnement> combinaison de parties en interaction qui atteignent un ou plusieurs objets indiqués

Note 1 à l'article: Un système est parfois considéré comme un produit ou comme le service qu'il fournit.

Note 2 à l'article: Les parties peuvent inclure l'équipement associé, les installations, le matériel, les programmes informatiques, les micrologiciels, la documentation technique, les services et le personnel exigés.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-01-03, modifié – La définition a été reformulée pour être spécifique et les notes à l'article existantes ont été remplacées par de nouvelles notes à l'article]

3.20

vie utile

intervalle, entre la première utilisation définie et un état final défini, atteint en raison des performances, de l'obsolescence ou de facteurs économiques

Note 1 à l'article: La première utilisation doit être définie. La première utilisation exclut, dans ce contexte, les essais préalables à la livraison de l'entité à l'utilisateur final. La première utilisation peut commencer après une période initiale de mortalité précoce.

Note 2 à l'article: L'état final est à définir et peut inclure des marges de sécurité qui empêchent l'apparition d'une défaillance ou des pourcentages de défaillances accumulées.

Note 3 à l'article: Intervalle applicable exprimé en unités appropriées à l'entité concernée, par exemple, temps calendaire, cycles de fonctionnement, distance parcourue, etc. Il convient de toujours énoncer clairement les unités.

Note 4 à l'article: Dans certains cas, la vie utile d'une entité est plus longue que celle exigée par l'organisme, auquel cas elle a une valeur résiduelle et peut être réutilisée.

Note 5 à l'article: Pour les entités dont la durée de vie utile prend fin lorsque l'entité est défaillante, la durée de vie de l'entité peut être spécifiée comme étant le moment où un pourcentage déclaré d'entités est défaillant. Elle est souvent indiquée comme une valeur L_{10} ou B_{10} pour 10 % de défaillances cumulées.

Note 6 à l'article: Pour les produits de consommation et d'autres produits fabriqués en grandes quantités, dont seul un faible pourcentage est défaillant, la valeur L_{10} ou B_{10} peut être utilisée comme une approximation.

[SOURCE: IEC 60050-192:2015, 192-02-27, modifié – La définition n'est plus spécifique, elle a été reformulée et la note à l'article existante a été remplacée par de nouvelles notes à l'article]

4 Vue d'ensemble de la supportabilité et du soutien

4.1 Description de la supportabilité et du soutien

La supportabilité implique l'identification et la quantification du soutien exigé pour une entité définie dans un contexte d'utilisation donné, du temps pour fournir ce soutien, des ressources, du coût et de la qualité de ce soutien, et de la qualité du soutien fourni. Plus précisément, la supportabilité porte sur "ce qui est exigé" pour qu'une entité continue à fonctionner, ainsi que par la façon de mettre en œuvre cette exigence. L'élément "ce qui est exigé" est inhérent à la conception de l'entité, mais la manière dont il est mis en œuvre est déterminée par l'organisation qui assure le soutien. Par conséquent, les aspects organisationnels peuvent fortement influencer sur la supportabilité et il convient donc que la supportabilité fasse partie intégrante de la conception et du développement d'une entité. La supportabilité peut changer au cours de la durée de vie de l'entité: par exemple si le nombre d'entités qui exigent un soutien change.

Le soutien est la mise à disposition des ressources permettant à une entité de continuer à fonctionner tel qu'exigé tout au long de sa durée de vie pour un profil de cycle de vie donné. Des exemples de ressources sont le personnel, la formation, les outils, les gabarits, les équipements de test, les matériels de levage, les matériaux, les pièces détachées, les installations, la documentation, les informations et les systèmes d'information, y compris la maintenance et l'étalonnage de ces ressources. Par nature, le soutien fournit une ressource de qualité (y compris en quantité) au bon endroit, au meilleur moment et à un coût optimal, en tenant compte des incidences environnementales, sociales et économiques.

Pour clarifier la différence entre supportabilité et soutien: la gestion de la supportabilité établit le soutien exigé et gère les changements (améliorations) dans le domaine du soutien, ce qui peut impliquer des changements dans la conception des entités, ainsi que des changements dans la structure organisationnelle; le soutien porte sur la gestion et l'exploitation quotidiennes pour la mise à disposition des ressources de soutien spécifiées afin de s'assurer que la qualité de ces ressources et la ponctualité de leur mise à disposition sont toujours maintenues.

Il existe deux types de supportabilités et de soutiens qui peuvent être pris en compte: pour l'exploitation et pour la maintenance. La mise à disposition d'un hébergement et de repas à l'équipage d'un avion qui s'est posé dans un pays étranger ou la fourniture d'un service d'assistance sont des exemples de soutien opérationnel. Toutefois, les limites du soutien doivent être clairement comprises. Les exemples ci-dessus concernent le soutien, mais pas nécessairement au sein d'une organisation de soutien. Ils peuvent par exemple faire partie des tâches réalisées par les services à la clientèle que l'entreprise a classées comme un poste de coûts distinct comprenant des activités de soutien et des activités non liées au soutien et donc exclues du calcul du soutien. Il peut s'avérer difficile de mesurer la qualité, la ponctualité et le rapport coût-efficacité d'activités de soutien spécifiques à partir des données si l'organisation a d'autres tâches non liées au soutien et si l'efficacité et l'efficience de l'organisation sont mesurées collectivement. Comme mentionné en 5.4, les mesures relatives aux postes de coûts et aux postes de profit n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.

Les limites d'interface constituent également une considération importante. Par exemple, l'organisation de la logistique de maintenance est responsable de la commande de pièces détachées, mais l'achat de ces pièces détachées peut être effectué par un service d'approvisionnement. Le service d'approvisionnement peut être responsable de la détermination de la viabilité financière d'une entreprise et de la réalisation d'un appel d'offres concurrentiel. Ces activités ne relèvent pas des responsabilités du soutien, mais l'organisation de soutien doit bien comprendre cette interface pour éviter tout retard excessif dans la livraison de la pièce détachée dans les délais.

4.2 Principes

La supportabilité et le soutien se basent sur un ensemble de principes. L'application de ces principes assure que l'organisation de soutien est économiquement viable et que les mesures de fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité établies pendant la conception et le développement sont atteintes.

Les principes de supportabilité sont les suivants:

- simplifier, réduire le plus possible et éliminer les aspects de soutien, en particulier en ce qui concerne la conception inhérente;
- analyser collectivement la supportabilité, la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité pour fournir une solution équilibrée à un coût global optimal;
- établir une structure organisationnelle efficace et efficiente, qui s'efforce constamment d'améliorer son efficacité et son efficience tout en tenant compte de l'évolution des exigences environnementales, sociales, économiques et réglementaires;
- structurer l'organisation de manière à intégrer les différentes approches de soutien en fonction des différents types de soutiens (par exemple en ce qui concerne les différents types de remises en état et de maintenance);
- fournir les ressources exigées, en s'assurant que ces ressources ont été définies, y compris la qualité de ces ressources;
- fournir des ressources à des endroits connus et offrir une certaine souplesse dans la prestation des services lorsque ces endroits peuvent changer;
- fournir un soutien avec un délai d'attente minimal;
- s'assurer que le soutien est rentable.

4.3 Avantages

Les activités de supportabilité et de soutien contribuent à assurer que les décisions techniques, financières et organisationnelles intégrées associées à l'exploitation continue et à la maintenance d'une entité ou d'un groupe d'entités peuvent être appliquées de manière équilibrée. Les avantages de la maîtrise des activités de supportabilité et de soutien sont les suivants:

- donner une confiance justifiée dans le fait que les pièces détachées apportent une valeur ajoutée en fonctionnant quand et tel qu'exigé;
- permettre d'identifier et d'améliorer les faiblesses de la conception de la supportabilité en tenant compte de la performance, du risque, d'autres caractéristiques de sûreté de fonctionnement et coûts pendant tout le cycle de vie;
- fournir des informations et des données permettant une amélioration continue;
- fournir une justification du coût des activités de supportabilité et démontrer des niveaux abordables de performances de supportabilité et de soutien;
- réduire la durée d'indisponibilité des entités, ce qui permet d'améliorer la disponibilité;
- optimiser la supportabilité et l'effort de soutien;
- aider à obtenir les résultats, techniques et financiers définis pour l'organisation;
- améliorer la résilience aux événements perturbateurs.

À partir de ces avantages, les parties prenantes ont une confiance accrue dans l'organisation du soutien, avec des coûts de cycle de vie plus bas, une meilleure disponibilité et moins de modifications dues à des déficiences de supportabilité. Ainsi, la confiance des parties prenantes envers l'entité s'en trouve améliorée, ce qui entraîne une hausse des ventes et une augmentation des ventes pour les futures entités de la même entreprise.

4.4 Interfaces

4.4.1 Généralités

La supportabilité est un attribut de sûreté de fonctionnement (voir l'IEC 60300-1). Les autres principaux attributs de sûreté de fonctionnement sont la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité. Le soutien, en tant que résultat de la supportabilité, fournit la qualité et la ponctualité de la livraison des ressources qui sont exigées et peut donc avoir une incidence sur ces attributs. Les interfaces entre ceux-ci sont expliquées plus en détail de 4.4.2 à 4.4.5.

La supportabilité et le soutien sont influencés au cours de la phase de conception par les types de remises en état (7.2.2), les types de maintenances prévus (Annexe A) et les pertes de revenus potentielles dues aux retards. Pendant l'utilisation de l'entité, la supportabilité et le soutien sont influencés par les variations d'utilisation des entités par rapport au profil de cycle de vie et les variations de la quantité d'entités qui sont soutenues.

Inversement, toutes les activités de conception (y compris les modifications) exigent une prise en compte de la supportabilité et du soutien afin que toute décision de conception prenne en compte l'impact sur le soutien pour assurer l'obtention d'une solution optimisée. Par conséquent, les principales interfaces sont la conception et la fabrication des systèmes, les exigences de sûreté de fonctionnement (IEC 60300-3-4), la fiabilité, la maintenabilité et la maintenance (IEC 60300-3-10), ainsi que la testabilité et le diagnostic (IEC 60706-5), la disponibilité et aussi l'évaluation du coût du cycle de vie (IEC 60300-3-3).

Les interfaces supplémentaires comprennent le management de projet, le management du risque, l'analyse de la sécurité et du danger, l'analyse des facteurs humains (IEC 62508), les essais et l'acceptation, les questions relatives à la qualité, à l'environnement, à la société, les revues de conception, ainsi que les revues de sûreté de fonctionnement (IEC 62960), la durabilité, la résilience et les aspects organisationnels.

4.4.2 Effet de la supportabilité et du soutien sur la fiabilité

Les activités de supportabilité et de soutien entreprises peuvent avoir un impact négatif sur la fiabilité. Par conséquent, il convient que ces activités assurent que:

- tous les consommables ou pièces remises en état livrées sont de la qualité exigée (y compris les aspects liés à l'emballage, à la manutention, au stockage et au transport);
- les pièces remises en état sont correctement étalonnées (si un étalonnage est exigé) et la période d'étalonnage est d'une durée suffisante au point d'installation;
- toutes les ressources associées telles que les gabarits, les outils, les équipements de test et les installations sont en bon état pour permettre l'exécution des travaux. Cela peut impliquer des contrôles d'étalonnage, des contrôles environnementaux, ainsi que la disponibilité et la facilité d'accès à ces ressources;
- les membres du personnel qui effectuent le travail ont été formés et sont suffisamment compétents;
- le système est soumis à essai à un degré suffisant pour donner l'assurance que le travail a été réalisé de manière satisfaisante afin que le système fonctionne tel qu'exigé;
- une configuration incorrecte ou des pièces détachées et des matériels contrefaits sont évités, car ils peuvent également avoir un impact négatif significatif sur la fiabilité.

Il est possible que la fiabilité du système se soit dégradée progressivement et que l'identification de la véritable cause de la dégradation puisse prendre du temps. Par conséquent, pendant la phase de développement, il convient que les risques associés aux activités de soutien, en particulier les domaines susceptibles d'avoir un impact sur la sécurité, soient soigneusement évalués et des mesures correctives appropriées soient prises.

4.4.3 Effet de la supportabilité et du soutien sur la maintenabilité

L'une des activités mentionnées en 4.4.2 ci-dessus peut également avoir un impact sur la maintenabilité. Si l'une des activités de soutien ci-dessus n'est pas satisfaisante, le temps de maintenance augmente. Cependant, il est probable que la cause de l'augmentation du temps de maintenance est plus facilement identifiée et que des mesures sont prises rapidement pour remédier au problème.

4.4.4 Effet de la supportabilité et du soutien sur la disponibilité

La supportabilité optimise les délais d'attente du soutien et, dans certains cas (comme le temps d'attente moyen), il est possible qu'il ne soit pas rentable d'éliminer complètement ces délais. Tout retard a une incidence sur la disponibilité et il convient de prendre en compte les conséquences pour établir la meilleure solution. Il convient d'évaluer l'importance de ces retards éventuels au cours de la phase de développement (comme les types de maintenances, voir l'Annexe A).

4.4.5 Effet de la supportabilité et du soutien sur le coût du cycle de vie

Les activités de supportabilité sont permanentes et peuvent influencer les coûts de soutien tout au long de la durée de vie de l'entité. L'introduction précoce de la supportabilité dans le processus de développement peut permettre d'importantes économies au cours de la durée de vie de l'entité. De plus amples informations sur l'effet de la supportabilité et du soutien sur les coûts du cycle de vie sont disponibles à l'Annexe B et à l'Annexe C.

5 Spécification de la supportabilité et du soutien

5.1 Généralités

Il convient que le programme de supportabilité et de soutien spécifie les limites du soutien (voir 4.1) et qu'il soit clairement compris. Les modifications apportées à la conception, à la fiabilité, à la maintenabilité, à la disponibilité, à la fabrication, à l'exploitation, au transport, au stockage et aux gains et pertes de revenus potentiels sont autant de facteurs qui peuvent influencer sur le soutien. Il est donc important que les compromis soient pris en compte tout au long de la vie de l'entité. Il convient également de prendre en compte d'autres facteurs tels que les exigences environnementales, sociales, économiques et de sécurité.

Il est généralement recommandé que les programmes de supportabilité et de soutien s'inscrivent dans la continuité d'un programme établi pour des produits antérieurs par la même entreprise. La réutilisation des ressources existantes apporte des avantages économiques. Il est préférable d'installer des installations de maintenance, en tenant compte de la capacité de l'installation et de la quantité estimée de nouvelles entités susceptibles d'être l'objet d'une maintenance. Lorsque des entités doivent être distribuées à l'échelle mondiale, il est également exigé que les installations soient distribuées dans le monde entier afin de réduire le plus possible les problèmes de transport du point de vue de l'environnement et des coûts.

Il convient de planifier, d'intégrer et de développer un programme de supportabilité et de soutien efficace avec d'autres programmes visant à obtenir de la valeur en établissant un équilibre entre la fiabilité, la maintenabilité, les performances, les coûts et les résultats du risque. Il convient que ces programmes soient établis pendant la phase de conception du cycle de vie et réalisés lors des phases de développement, de réalisation, d'utilisation, ainsi que de mise au rebut et de réutilisation.

Un référentiel de données de soutien peut être utilisé pour identifier les activités d'exploitation et de logistique de maintenance afin que les sujets de préoccupation puissent être croisés (voir 7.2.4), mais le nombre d'activités entreprises dépend du financement accordé.

5.2 Définition des exigences

Il convient que le processus de spécification de la supportabilité et du soutien suive les lignes directrices générales exposées dans l'IEC 60300-3-4. Elle fournit des recommandations sur l'élaboration des exigences de sûreté de fonctionnement dans les spécifications, et sur les moyens d'assurer la satisfaction de ces exigences. Les mesures énumérées en 5.4 peuvent être utilisées pour guider le développement des résultats exigés.

Les exigences peuvent être classées en six éléments:

- les ressources d'information (voir l'Article 9),
- les ressources humaines (voir 10.2),
- la formation (voir 10.3),
- l'équipement de soutien (voir 10.4),
- les installations de soutien (voir 10.5),
- les pièces détachées et les consommables (voir 10.6).

Si le nombre d'entités utilisées augmente progressivement, comme mentionné en 5.1, l'utilisation continue des ressources existantes présente l'avantage de pouvoir utiliser les données en temps réel pour modifier les données prévues.

5.3 Attributs des entités supportables

Au cours des premières phases du développement d'une entité, plusieurs installations techniques et de fabrication peuvent être utilisées pendant les phases de conception, de développement et de réalisation et chacune de ces installations a ses propres activités de soutien associé. Ce soutien associé (tel qu'un soutien fourni à une installation technique) est sans rapport avec le soutien relatif à l'entité, mais les résultats relatifs à l'entité elle-même (telles que la documentation technique) sont importants. Il convient que ces données soient cohérentes, transférables et suffisamment complètes pour permettre une analyse de supportabilité. Une fois que l'entité entre en phase d'utilisation, des aspects tels que la fabrication (pour la réparation), l'ingénierie (pour les éventuelles modifications) et le traitement des informations passent sous la responsabilité de l'organisation de supportabilité et de soutien.

Les attributs des entités supportables sont associés aux éléments de soutien du fonctionnement et de la logistique de maintenance. Les entités supportables ont donc les attributs suivants:

- une maintenance rentable;
- la compatibilité des pièces;
- la testabilité;
- la facilité d'installation;
- l'aptitude à l'utilisation;
- la configuration bien documentée de l'entité et de l'équipement de soutien;
- l'identification et la mise en œuvre des exigences d'étalonnage;
- la présence d'une procédure d'élaboration de rapports d'événements;
- un personnel disposant d'une formation adaptée pour s'assurer de son niveau de compétence;
- les considérations d'obsolescence, voir l'IEC 62402;
- l'accès à un soutien technique approprié, si cela est exigé;
- la sécurité et l'intégrité, pour résister aux modifications non autorisées;
- la robustesse, la résilience, la récupérabilité et la mise à jour des logiciels et du matériel.

NOTE L'aptitude à l'utilisation est liée à la facilité d'interface d'une personne avec une entité et à la capacité d'éviter les erreurs pendant les réparations. Lorsque l'utilisabilité est liée à un utilisateur qui exploite un système, il s'agit alors d'un attribut de conception.

Les attributs quantitatifs incluent:

- un délai de réparation efficace,
- un risque de rupture de stock optimisé (voir 5.4),
- un temps d'attente optimisé,
- le coût de propriété.

Si l'installation prend en charge plusieurs entités, il est tenu compte:

- des domaines de similitude: des entités comme les écrous, les boulons, les vis, les rondelles, les huiles, les graisses, les carburants, les gabarits, les outils, l'équipement de levage et l'équipement de test applicables au système et à l'installation où les travaux sont entrepris;
- de l'utilisation d'équipements de soutien généralement disponibles par opposition à des équipements spéciaux (équipements conçus et produits spécifiquement pour l'entité requérant le soutien, voir 10.4.2). Si cela n'est pas possible, il convient d'envisager d'utiliser un équipement de test intégré (BITE) comme alternative, voir 10.4.8.

5.4 Mesures de supportabilité

La supportabilité est généralement mesurée comme un intervalle de temps. Si la ressource exigée n'est pas disponible, un délai est alors engagé et c'est ce délai qui est mesuré. Le délai d'attente (parfois appelé délai d'attente logistique) peut être agrégé dans le temps pour établir un délai d'attente moyen. Chaque ressource pour un fonctionnement particulier peut entraîner un retard: ressources humaines non disponibles pour commencer les travaux, pièces détachées non disponibles, équipement type spécifique au mauvais endroit, procédures de maintenance pas disponibles et conditions environnementales inappropriées. Dans ces cas, le délai total d'attente du soutien est affecté au délai pour une activité particulière. Il ne serait pas approprié d'ajouter des durées individuelles pour un délai particulier, car ces durées individuelles peuvent se chevaucher. Voir également l'Annexe D. Les délais totaux d'attente du soutien pour toutes les activités permettent ensuite de calculer le délai d'attente moyen. Le temps total nécessaire à chaque ressource est important et ceux-ci sont généralement mesurés pour s'assurer qu'ils sont compris dans les marges de variation acceptables. Il peut s'agir d'une caractéristique importante lorsque plusieurs systèmes différents partagent une maintenance centralisée et que les retards dans un système sont causés par des travaux réalisés sur d'autres systèmes, ce qui réduit la disponibilité des ressources.

Le risque de rupture de stock (probabilité qu'une entité détachée ne soit pas immédiatement disponible lors d'une demande) pour l'approvisionnement de pièces détachées peut également être spécifié. En variante, le temps d'attente moyen est défini et déterminé à partir du taux de renouvellement des pièces détachées et de la probabilité de rupture de stock de pièces détachées. L'IEC 62550 fournit des détails supplémentaires.

Un délai administratif moyen peut également être spécifié, mais il n'est généralement pas lié au soutien. Il désigne le temps écoulé entre le moment où une opération de soutien est exigée et le moment où le soutien a été notifié. Ce retard peut être important et la tendance actuelle est d'introduire des systèmes automatisés chaque fois que cela est possible afin de réduire le plus possible ce délai administratif.

L'Annexe D fournit un exemple de délai d'attente du soutien et d'autres temps connexes.

Le coût est une autre mesure qu'il convient de prendre en compte en matière de supportabilité. En général, le coût n'est pas une mesure spécifique pendant la phase de conception à moins que des connaissances préalables ne soient disponibles, telles que les coûts de l'activité de soutien pour des produits similaires. Il s'agit plutôt d'une évaluation des activités de soutien dans le but de réduire les coûts, tels que l'ajustement de l'activité de sorte qu'elle puisse être menée par une personne non qualifiée, ce qui entraîne une activité moins coûteuse et réduit également le risque d'indisponibilité de personnes qualifiées pour mener l'activité.

Il convient de surveiller les mesures de coûts et de délai d'attente pour s'assurer que tout problème est traité et résolu. La simplification des activités de soutien et la suppression de tout problème améliorent la résilience de l'entité. Des retards inattendus peuvent également affecter la confiance des parties prenantes dans le produit. Outre les mesures quantitatives mentionnées ci-dessus, des mesures qualitatives peuvent être spécifiées, telles que la préparation et la documentation des programmes de formation et la méthode de collecte et d'analyse des données pendant la phase d'utilisation.

D'autres mesures liées aux postes de coûts organisationnels et aux postes de profits sont également des facteurs importants, mais n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.

6 Programme de supportabilité et de soutien

6.1 Généralités

Il convient que le programme s'assure que tous les aspects de supportabilité et de soutien sont pris en compte au début de la phase de conception et à toutes les phases suivantes du cycle de vie, y compris la mise au rebut effective. Il convient également de s'assurer qu'une approche souple est adoptée pour que des améliorations du soutien puissent être apportées à une entité tout au long de sa durée de vie, par exemple les modifications exigées pour faire face à l'obsolescence.

Le programme dépend des objectifs du fournisseur (concepteur et fabricant) acceptant que ceux-ci aient été établis sur la base des exigences de sûreté de fonctionnement. Il existe un large éventail de scénarios possibles et les trois cas suivants constituent des exemples dans lesquels ces scénarios influent sur le programme:

- cas 1: le coût total d'une activité de soutien est soumis à une exigence d'optimisation. L'entité est suffisamment concurrentielle sur le marché et des coûts d'entretien et de réparation sont exigés pour réaliser un profit;
- cas 2: les coûts d'exploitation sont soumis à une exigence d'optimisation. Cela implique d'équilibrer la fiabilité, la maintenabilité et la supportabilité. Les clauses de garantie exigent que les réparations soient minimales et à faible coût. Toutefois, ils n'incluent pas nécessairement les coûts d'entretien;
- cas 3: le coût total du système (coûts d'exploitation et revenus) pendant l'utilisation (et la mise au rebut) est soumis à une exigence d'optimisation. Les entités dont la perte de revenus est d'une importance majeure, en particulier lorsque des clauses de pénalités sont incluses dans le contrat, exigent un examen approfondi. Par exemple, un système ferroviaire dans lequel le non-respect du calendrier déclaré est passible de sanctions.

Le programme est également déterminé par le type de soutiens qu'il est prévu d'entreprendre. Il convient de prendre en compte les quatre exemples suivants:

- l'utilisateur réalise toutes les activités de soutien (y compris la maintenance);
- l'utilisateur sous-traite le soutien en cas de besoin (y compris la maintenance). Toutes les pièces détachées peuvent être fournies par le fabricant d'origine ou par une tierce partie;
- l'utilisateur sous-traite le soutien en tant que contrat à long terme (y compris la maintenance). Toutes les pièces détachées peuvent être fournies par le fabricant d'origine ou par une tierce partie;
- le fournisseur fournit l'entité en tant que service et réalise toutes les activités de soutien. Cela s'applique généralement aux logiciels et à certains contrats de service.

Le programme de supportabilité et de soutien spécifié en 6.2 et 6.3 couvre toutes les situations possibles, mais il convient de l'adapter pour répondre à un scénario spécifique.

Dans l'ensemble, il convient que le résultat d'un tel programme soit un équilibre entre l'efficacité du système et le coût du cycle de vie par rapport aux objectifs suivants:

- atteindre l'équilibre souhaité entre la disponibilité ou la fiabilité de l'entité et le coût du cycle de vie en procédant à un compromis entre la fiabilité, la maintenabilité et la supportabilité;
- obtenir une résilience aux événements perturbateurs;
- résoudre les risques permanents tels que les risques de la chaîne logistique et les risques liés aux ressources;
- fournir des niveaux d'assurance accordés pour assurer les résultats de ponctualité, de qualité et de coût conformément aux spécifications de supportabilité.

6.2 Management de projet

Afin d'obtenir une supportabilité acceptable de manière programmée et systématique, il convient d'intégrer un programme de supportabilité et de soutien, conjointement avec des programmes de fiabilité, de maintenabilité et de maintenance, avec le processus global de conception, de transition et d'exploitation du projet. Dans un tel programme, comme dans tout autre projet, il existe six responsabilités fondamentales, notamment:

- attribuer la responsabilité de la supportabilité à une personne dûment qualifiée et expérimentée;
- fournir des ressources adéquates, y compris des outils d'analyse, pour permettre l'exécution d'un ensemble de tâches de supportabilité;
- maintenir une bonne communication avec les parties prenantes internes et externes;
- intégrer le programme dans le développement ou l'amélioration globale des entités;
- établir des contrôles sur les fournisseurs du programme;
- promouvoir l'amélioration continue.

Il convient qu'un tel programme de supportabilité comporte au moins les éléments suivants:

- les activités de gestion, d'organisation et de revue pour assurer une mise en œuvre efficace et efficiente du programme;
- un ensemble de tâches de supportabilité à effectuer;
- des dispositions de transition et d'exploitation permettant l'application d'actions d'amélioration continue pendant l'utilisation des entités.

6.3 Planification et contraintes

Il convient que le programme de supportabilité soit adapté à une entité ou à un projet spécifique et à son contexte d'utilisation prévu, en tenant compte des conditions, exigences et complexités pertinentes. Le programme de supportabilité complet décrit dans le présent paragraphe 6.3 s'applique uniquement à une entité de grande taille et complexe qui est développée de la phase conceptuelle à la production. Pour les entités moins complexes ou l'application de conceptions existantes, un programme plus simple peut être réalisé en sélectionnant les parties applicables du programme complet.

La planification d'un programme de supportabilité efficace au cours de l'une des phases du cycle de vie d'une entité exige la connaissance des principes, méthodes et techniques de supportabilité. La planification exige également une compréhension de la structure de l'organisation. Il convient que la planification prenne en compte:

- l'utilisation prévue, le profil de cycle de vie et la durée de vie utile;
- divers facteurs de coût connexes;
- l'alignement de la structure d'une organisation pour s'adapter à la supportabilité et au soutien de manière efficiente et efficace;
- les attentes des parties prenantes.

Afin d'obtenir des résultats efficaces, il est préférable d'intégrer les activités de supportabilité aux autres activités de conception et de développement plutôt que de les gérer séparément.

Les considérations de supportabilité dépendent d'exigences telles que la durée de vie, la fiabilité, la sécurité et la disponibilité des entités et de considérations financières relatives à différents états du marché. Par exemple, les systèmes de vol et les centrales nucléaires exigent un degré élevé de sûreté et de fiabilité, ce qui entraîne des exigences de maintenance, d'exploitation et de soutien. Avec d'autres entités, le coût des ressources de soutien liées au coût d'exploitation peut être le facteur décisif, qui peut déterminer le degré de supportabilité exigé.

Des exemples d'activités de planification de supportabilité et de soutien sont énumérés ci-dessous:

- déterminer les limites de supportabilité, les responsabilités et les interfaces avec les parties prenantes, si nécessaire;
- identifier les activités qui exigent un soutien;
- pour chaque activité, identifier les ressources de soutien exigées;
- intégrer les coûts et délais d'emballage, de manutention, de stockage et de transport en tenant compte de toutes les exigences et contraintes;
- établir un processus de revue pour réduire les coûts, les délais d'attente et les risques ou erreurs potentiels;
- fournir des éléments d'entrée pour les études de compromis impliquant la fiabilité, la maintenabilité, la maintenance, la disponibilité et les coûts du cycle de vie (il convient que ces entrées traitent des aspects de durabilité et de résilience);
- accumuler toutes les ressources, en tenant compte du nombre total d'entités dont l'utilisation est programmée;
- établir le caractère commun des ressources pour une entité et donc pour toutes les entités;
- établir le caractère commun des ressources dans les installations proposées.

Lorsque l'entité est utilisée, il convient d'inclure les tâches suivantes dans les activités de supportabilité et de soutien:

- identifier les problèmes externes susceptibles d'avoir un impact sur les activités de soutien et mettre en œuvre des améliorations au sein de l'organisation de soutien (par exemple le nombre réel d'entités utilisées est supérieur ou inférieur au nombre prévu);
- identifier les problèmes internes potentiels et résoudre (comme l'exigence d'un autre fournisseur, car le fournisseur actuel n'est plus viable);
- identifier les domaines d'amélioration susceptibles de réduire les coûts et les retards (comme les avancées technologiques de sorte que plusieurs entités de l'équipement de test puissent être combinées en une seule).

Il convient que tous les programmes de supportabilité soient adaptés à leur contexte. Cette adaptation contextuelle peut exiger de prendre en compte les facteurs suivants lors du développement du programme de maintenabilité et de supportabilité:

- exigences de supportabilité: niveau exigé de supportabilité pour l'exploitation et la maintenance afin de fournir une performance de disponibilité spécifiée;
- complexité: la complexité d'une entité détermine la complexité des installations de soutien. Par exemple, si une entité sur un site difficile d'accès fournit une capacité de diagnostic de haut niveau, une accessibilité sophistiquée à l'équipement de test intégré (ETI) et la disponibilité d'opérateurs hautement qualifiés sont exigées;
- maturité: les entités matures, telles que les entités disponibles largement utilisées, bénéficient souvent de dispositions de soutien bien établies pour des attributs connus, ce qui peut réduire l'effort d'analyse, mais pour les entités moins matures, il convient de tenir compte de l'étendue de la technologie non éprouvée et du développement des procédures appropriées à la conception;
- criticité: il convient de déduire la criticité du soutien à partir des opérations connexes et de la criticité des tâches de maintenance. Par exemple, la maintenance est qualifiée de critique lorsque la sécurité est une préoccupation majeure, et les centrales nucléaires et les avions sont des exemples évidents d'entités critiques pour la sécurité. Les questions opérationnelles et économiques peuvent également être critiques, telles que l'arrêt d'une usine de traitement ou de fabrication et des services essentiels tels que l'approvisionnement en eau, l'assainissement et l'alimentation en gaz et en électricité;

- contraintes techniques: une plus grande supportabilité est nécessaire lorsque les exigences de logistique de maintenance impliquent des exigences d'accès plus complexes ou des ressources de soutien connexes telles que les systèmes d'information, les installations et usines spécifiques et du personnel ayant des niveaux de compétence plus élevés;
- contraintes du programme: des calendriers serrés ou des limitations de financement peuvent restreindre la liberté de conception des entités et la structure de l'organisation nécessaire pour atteindre les niveaux de sûreté de fonctionnement souhaités. Des ressources de soutien supplémentaires ou une culture et un leadership de l'organisation améliorés peuvent être nécessaires pour satisfaire aux exigences de sûreté de fonctionnement;
- conditions d'exploitation: les conditions d'exploitation des entités conduisent souvent à la décision d'établir le soutien. Par exemple, la localisation de la supportabilité devient essentielle lorsque les entités sont dispersées et non habitées (par exemple une ligne de chemin de fer à deux voies de 500 km dans un désert non habité où le personnel ne peut pas passer la nuit);
- stockage et transport: les contraintes dues au type de soutien exigé et aux besoins particuliers de toute action spécifique de stockage, de manutention et de transport peuvent avoir un impact négatif sur le délai d'attente du soutien;
- facteurs liés au client: la capacité du client à assurer le soutien de l'exploitation et de la maintenance exigées par le transport local de pièces détachées et de plans de maintenance peut avoir une incidence la ponctualité et les coûts associés à la mise à disposition du soutien;
- facteurs liés au fournisseur: l'expérience du fournisseur en matière d'exploitation et de maintenance et la mesure dans laquelle le fournisseur donne accès aux pièces détachées ou au personnel spécialisé régissent souvent l'emplacement des actions de maintenance et donc la facilité du soutien;
- L'utilisation de sources de pièces détachées autorisées et connues et les compétences exigées du personnel peuvent avoir une incidence défavorable sur le calendrier et les coûts de soutien;
- émissions dans l'environnement: il convient que le soutien nécessaire à l'exploitation et à la maintenance des entités assure que les limites d'émissions fixées par les parties prenantes ou la réglementation externe continuent d'être satisfaites en cas de retards d'exécution de la maintenance ou d'incapacité à fournir la qualité de soutien nécessaire;
- phase du cycle de vie: la qualité des connaissances de soutien varie souvent à mesure que la conception des entités et l'organisation de soutien arrivent à maturité. Il convient que des programmes proactifs soient en place pour identifier rapidement le soutien réel exigé, ainsi que l'efficacité de l'organisation prestataire.

7 Gestion de la supportabilité et du soutien tout au long du cycle de vie

7.1 Généralités

L'IEC 60300-1 décrit le processus de cycle de vie d'une entité, depuis la conception jusqu'à la mise au rebut. Le coût du cycle de vie est fortement influencé par les exigences de soutien nécessaires à l'obtention d'une solution d'exploitation et de maintenance souhaitée. Il convient que l'équilibrage de ce coût de soutien continu avec les capacités opérationnelles et l'exposition au risque associée soit pris en compte à chaque phase accordée du cycle de vie. Ces considérations sont nécessaires pour atteindre les objectifs de supportabilité et de soutien exigés et les coûts du cycle de vie connexes.

Il convient que les parties prenantes soient confirmées à chaque phase du cycle de vie, car il est possible qu'elles ne soient pas cohérentes pour toutes les phases du cycle de vie. Le rôle des résultats de la supportabilité et du soutien connexe dans chaque phase potentielle du cycle de vie est traité de 7.2 à 7.6.

7.2 Phase conceptuelle

7.2.1 Considérations initiales

Il convient de prendre en compte la supportabilité et le soutien lors de la toute première phase du cycle de vie. Les décisions prises à ce stade accroissent ou limitent l'efficacité du soutien dans des phases de cycle de vie ultérieures. Il convient de tenir compte des éléments suivants:

- la durée de vie utile proposée de l'entité et la quantité prévue à utiliser;
- les emplacements où des activités de soutien doivent être menées et si des installations existantes ou de nouvelles installations sont prévues;
- les emplacements où la ou les entités doivent être utilisées;
- les conditions environnementales susceptibles d'avoir un impact sur les activités de soutien.

7.2.2 Options de remise en état

7.2.2.1 Généralités

Un système peut être considéré comme étant constitué d'une série de niveaux dans l'arborescence tels que le sous-système, l'unité, le module et le composant. Trois options de remise en état sont généralement envisagées dans les niveaux de l'arborescence:

- la réparation sur site;
- le remplacement et la réparation externe (de la pièce déposée);
- le remplacement et la mise au rebut (de la pièce déposée).

Il convient de comparer les coûts de chaque option avec toute perte de revenus potentielle afin d'établir l'option préférentielle. L'option sélectionnée est affectée par les types de soutiens exigés et tient également compte de la quantité de systèmes qui requièrent un soutien et de la période pendant laquelle le système est soutenu et dans quelle mesure cette période est couverte par une garantie. La fiabilité, la maintenabilité et la maintenance sont généralement prises en compte conjointement avec le soutien pour obtenir une solution équilibrée.

Au cours de la phase de conception et de développement, ces options de remise en état sont étendues afin d'établir l'emplacement de l'activité de maintenance (parfois appelée échelon de maintenance ou ligne de maintenance). Ces postes au sein d'une organisation où des niveaux spécifiés de maintenance doivent être effectués (tels que sur site, à l'atelier de réparation et dans les locaux du fabricant) dépendent des compétences et de la formation du personnel concerné.

Les options de remise en état ci-dessus peuvent être appliquées au soutien opérationnel. Comme mentionné précédemment, l'équipage d'un avion exigeant une période de repos est remplacé par un autre équipage s'il est considéré que la perte de revenus (car l'avion est vacant) est supérieure au coût d'emploi d'un équipage de remplacement sur une période donnée.

7.2.2.2 Option 1 – Réparation sur site

Cette option considère que la pièce réparable est déposée et que l'équipement nécessaire pour tester la pièce, pour identifier l'endroit exact du défaut et pour effectuer la réparation sur site est disponible. Les coûts peuvent inclure des équipements et des outils de test supplémentaires, ainsi qu'une zone d'installation de réparation (par exemple une salle blanche) en plus des pièces de niveau inférieur ou des composants disponibles en entrepôt pour effectuer une réparation. Un délai d'attente est possible pour que les pièces défectueuses soient fournies par l'entrepôt (voir option 2 ci-dessous), ainsi que le temps de maintenance (voir l'IEC 60300-3-10).

Un logiciel peut être considéré comme une entité réparable, mais l'activité logicielle est généralement incluse dans la maintenance et hors des limites du soutien. Cependant, les ressources et la maintenance de ces ressources pour permettre les réparations logicielles font généralement partie du soutien. Ces ressources sont par exemple des ordinateurs, des routeurs, des serveurs, des référentiels de données et leurs interconnexions, la plateforme d'exploitation logicielle avec contrôles de sécurité intégrés, les processus de gestion de configuration (y compris l'archivage et l'extraction du logiciel), les installations associées, les banques de données, les serveurs, les logiciels et les installations de sauvegarde à distance, ainsi que les ressources pour télécharger le logiciel de l'entité.

7.2.2.3 Option 2 – Remplacement et réparation externe

Ces coûts incluent les coûts de remplacement de la pièce réparable, ainsi que le coût de réparation externe. En général, la pièce détachée est présumée fonctionner parfaitement, le test final étant réalisé sur le système assemblé. Il y a un délai de réparation de la pièce avant qu'elle ne puisse être réutilisée, mais les pièces détachées stockées peuvent réduire ce délai d'attente. Pour pouvoir effectuer une réparation, les coûts de transport, de manutention et d'emballage de la pièce à envoyer pour être réparée, les coûts de réparation de la pièce, ainsi que tout test permettant de certifier l'adéquation de la pièce, exigent d'être pris en compte.

7.2.2.4 Option 3 – Remplacement et mise au rebut

La réparation d'une pièce défectueuse est en principe moins coûteuse que l'achat d'une pièce neuve, mais les coûts de soutien, tels que le stockage et le transport, peuvent l'emporter sur les avantages. En général, il existe un coût minimal en dessous duquel une pièce moins chère est mise au rebut. Un exemple extrême est le cas où le système est complètement mis au rebut (comme une montre électronique). Dans ce cas, le coût d'acquisition comprend probablement le coût des remplacements et du transport prévus pendant la période de garantie, mais il évite les coûts de maintenance, des installations de maintenance, des essais et de stockage des pièces détachées.

Il existe parfois une limite quant au nombre de réparations possibles d'une pièce particulière, auquel cas une pièce neuve détachée est fournie.

Il convient que la mise au rebut de la pièce irréparable tienne compte des exigences de l'environnement, de la sécurité, des droits de propriété industrielle, ainsi que de la récupération de tout matériau utile.

7.2.3 Types de soutiens

Un soutien peut être fourni par le fournisseur de l'entité, par l'utilisateur, les parties prenantes, par une tierce partie ou par une combinaison de ceux-ci. Si la pièce requérant une remise en état est une pièce disponible, alors le fournisseur OTS est impliqué dans la détermination de l'option préférentielle (réparation, remplacement ou mise au rebut). De même, la conception d'un système peut contenir des entités conçues par d'autres organisations différentes de sorte que les options de réparation, de remplacement ou de mise au rebut dépendent des sous-traitants, en particulier si des droits de propriété sont applicables. En cas d'appel à une tierce partie, une formation appropriée est exigée pour assurer la qualité du service fourni.

Dans certains cas, c'est l'utilisateur final et l'exploitant qui sont responsables de la planification et de la réalisation des activités de soutien qui ont lieu pendant les phases initiales de l'exploitation et de la maintenance. Cela arrive souvent quand des entités disponibles sont choisies et installées dans un système plus grand tel que des usines de fabrication et des usines pétrochimiques. Le ou les fabricants des entités disponibles spécifient normalement les activités et les ressources de soutien recommandées, mais il convient que l'utilisateur tienne compte du profil de cycle de vie prévu du système par rapport au profil de cycle de vie spécifié pour les entités disponibles séparées.

7.2.4 Établissement d'un référentiel de données de soutien

Au cours de la phase de conception, il est recommandé qu'un référentiel de données soit établi pour décrire en détail toutes les informations de soutien nécessaires.

Les informations de soutien sont généralement liées à une partie ou à un sous-ensemble du système et les modifications de conception sont reflétées dans ce référentiel de données conjointement avec le référentiel de données de gestion de configuration (qui gère la structure de conception et toutes les modifications apportées à la conception). Le niveau de détail du référentiel de données de soutien dépend de la complexité du système, de la connaissance des entités concernées (une nouvelle entité peut exiger davantage d'informations qu'une entité disponible) et de l'existence d'installations différentes avec un contenu de soutien différent.

L'objectif du référentiel de données de soutien est double:

- établir suffisamment d'informations pour permettre d'entreprendre des améliorations de la supportabilité;
- fournir toutes les informations techniques qui sont éventuellement publiées, par exemple dans un catalogue de pièces représenté, un manuel d'utilisation, un manuel de maintenance, un manuel de formation, ainsi que tout manuel de l'entité associé (tel qu'un manuel spécifique au type d'équipement: gabarits, outillage et équipement de test);

L'IEC 60300-3-12 et l'IEC 62550 fournissent des détails supplémentaires sur les référentiels de données de soutien.

7.2.5 Analyse de supportabilité

Au cours de la phase de conception, des estimations des mesures de fiabilité et de maintenabilité sont faites pour fournir une approximation du soutien exigé pour identifier les domaines où les coûts de soutien sont considérés comme élevés et où d'autres approches peuvent être adoptées afin de réduire les coûts globaux. Cela peut entraîner une modification de l'équilibre en fonction de la fiabilité et de la maintenabilité afin de réduire la perte de revenus, ainsi que de réduire les coûts de soutien. Il convient de prendre en compte de nombreux facteurs lors de la réalisation d'une analyse de supportabilité et quelques exemples sont fournis à l'Annexe B.

7.3 Phase de développement

Au cours de la phase de développement, les activités de supportabilité et de soutien sont modifiées, développées et affinées conjointement au développement du système global. Les techniques telles que les diagrammes de fiabilité, les diagrammes de maintenabilité, l'analyse par arbre de défaillance, l'analyse des effets et de la criticité des modes de défaillance, la maintenance fondée sur la fiabilité et le niveau d'analyse de réparation sont utilisées pour poursuivre l'analyse de supportabilité commencée au cours de la phase du concept.

Des compromis peuvent être faits et la supportabilité peut être ajustée afin d'optimiser les performances, la fiabilité, la maintenabilité, la testabilité, la sécurité, le coût du cycle de vie et les revenus. Il peut être souhaitable de supprimer la nécessité de maintenance si cela est possible techniquement et économiquement. Une relation étroite existe entre la maintenance et la logistique de maintenance qui en découle. L'Annexe A fournit de plus amples détails sur les types de maintenances et leur impact sur le soutien.

Au cours de cette phase, les activités d'exploitation et de maintenance sont finalisées pour permettre de prendre les décisions de soutien suivantes:

- le personnel de maintenance est-il fourni par l'organisation ou est-il obtenu de sources extérieures?
- l'identification des activités de soutien à l'opérateur et de toutes les ressources de soutien associées;

- qui fournit les pièces détachées, les matériaux et consommables pour les activités de l'opérateur et de maintenance, par exemple stock, approvisionnement local ou fourniture extérieure?
- qui fournit les outils spéciaux, les outils de transport, d'emballage, de levage, de test et communs?
- l'équipement de surveillance d'état et les logiciels de soutien à obtenir;
- les installations de maintenance, d'administration, de systèmes d'information techniques et de systèmes d'information connexes qui sont fournies pour mettre en œuvre la maintenance et le soutien à l'opérateur;
- la maintenance de l'équipement de soutien (par opposition à la maintenance de l'entité) afin de le maintenir en état de marche lui permettant de fonctionner, y compris toute documentation;
- il convient que la documentation de formation, les aides et équipements soient identifiés et fournis au moment de la formation, avant l'exploitation et la maintenance. Cette formation se poursuit selon les besoins pendant la phase d'utilisation et jusqu'à la phase de réalisation;
- la préparation de toute documentation exigée pour permettre le soutien de l'opérateur et la logistique de maintenance, telle que le catalogue de pièces représenté, les manuels d'utilisation, les manuels et les manuels de maintenance.

Au cours du développement, il convient d'identifier et de comprendre les risques liés au soutien exigé pendant l'exploitation et la maintenance. Les risques pour la chaîne d'approvisionnement et les risques affectant le personnel ou d'autres ressources en sont de bons exemples. Il convient également de tenir compte des risques associés à l'obsolescence (voir l'IEC 62402). Il convient de mettre en place des plans pour réduire tout risque considéré comme inacceptable ou pour atténuer toute conséquence susceptible de se produire.

Il convient de consulter les parties prenantes pour s'assurer que leurs besoins de soutien sont compris et documentés. Le développement de systèmes applique de plus en plus des entités disponibles plutôt que des conceptions sur mesure. Cette approche accroît la dépendance vis-à-vis des fournisseurs ou autres organisations de soutien pour fournir les informations ou services liés à la maintenance et au soutien exigés pendant la durée de vie de l'entité. Ce scénario d'intégration d'entités disponibles exige une approche de soutien intégré telle que décrite dans l'IEC 60300-3-12. Le fournisseur à l'origine fournit un planning de soutien de base, mais il convient que l'organisation de construction et de conception prenne en considération les conséquences de l'utilisation des entités disponibles et l'intégration dans la conception du système final.

7.4 Phase de réalisation

L'analyse de supportabilité et de soutien entreprise (voir Annexe B) fournit les estimations de soutien. Au cours de cette phase, les estimations finales sont vérifiées, en particulier le nombre d'entités à produire et leur taux de livraison. Si l'utilisateur ou l'acheteur prévoit de fournir le soutien ou de le sous-traiter plutôt que de s'appuyer sur le soutien du fournisseur, il convient que l'utilisateur ou l'acheteur vérifie que des contrats appropriés ont été établis et que toutes les informations nécessaires (telles que le catalogue de pièces représenté) ont bien été transmises.

Pendant la fabrication, l'installation et la mise en service du système, il convient que toutes les ressources exigées par le soutien soient mises en place de sorte qu'au début de la phase d'utilisation, toutes les ressources nécessaires soient facilement disponibles. Il convient de tenir compte de tout temps supplémentaire nécessaire à la mise en service des installations exigées, de tout équipement de soutien complexe et de toute exigence d'entreposage particulière. Pour la fabrication de nombreux systèmes prévus pour être livrés en lots, il convient alors de livrer toute augmentation des ressources de soutien exigées, idéalement, avant les livraisons ultérieures du système.

Il convient que le personnel impliqué dans les processus de fabrication, d'assemblage et d'installation consigne tous les problèmes rencontrés afin que le personnel de soutien puisse déterminer si ces problèmes peuvent avoir un impact sur l'activité de soutien. Plus de défaillances que prévu pendant l'inspection et des instructions de montage ambiguës en sont de bons exemples. La sensibilisation aux entités contrefaites et obsolètes est également importante lorsqu'il s'agit de traiter de grandes quantités livrées sur une longue période.

Si le système fait l'objet d'une phase d'installation et de mise en service prolongées, des activités de soutien peuvent alors être exigées et il convient de les considérer comme une opportunité de vérifier ces activités de soutien afin d'assurer la confiance dans le processus d'analyse de supportabilité.

7.5 Phase d'utilisation

Dans cette phase, la satisfaction du client est essentielle. La résolution de tout problème de soutien identifié par l'utilisateur ou l'acheteur renforce la confiance dans l'entité et peut conduire à l'acquisition d'un plus grand nombre d'entités, ainsi qu'à la confiance dans les produits futurs produits par le fournisseur.

L'analyse de supportabilité se poursuit au cours de cette phase afin de recueillir des données, d'identifier les points faibles, les domaines d'amélioration et de surveiller les résultats si des changements ont été introduits. Pendant l'exploitation et la maintenance, les ressources de soutien exigées changent pour diverses raisons:

- il est possible que le fabricant ait accepté de fournir un soutien uniquement pendant une période fixe;
- il est possible que le profil de cycle de vie original ou les besoins du client, ou les deux, aient changé et ceci peut avoir un impact sur la quantité de ressources exigées;
- l'organisation de soutien souhaite introduire des changements en raison de la qualité ou des coûts;
- les progrès réalisés dans les outils et la surveillance d'état peuvent entraîner une amélioration de la qualité et du coût;
- l'introduction d'améliorations ou de modifications peut avoir un impact sur les ressources de soutien;
- des changements de la quantité de systèmes utilisés tels que les clients qui achètent des systèmes plus avancés sur le plan technique, c'est-à-dire que le système lui-même devient obsolète;
- une augmentation ou une diminution des risques, tels que les risques de la chaîne logistique;
- des améliorations de l'entité peuvent avoir une incidence sur les activités de soutien.

7.6 Mise au rebut ou réutilisation

Tout au long de la phase d'utilisation, le soutien peut être impliqué dans la mise au rebut des pièces détachées et des entités qui ne peuvent plus être réutilisées. C'est pourquoi il convient que le soutien ait déjà mis en place des processus de mise au rebut des différentes entités du système de la manière la plus durable.

La décision de remplacer et de mettre au rebut un système complet exige au moins la prise en compte des critères suivants:

- l'aptitude à remplir sa fonction prévue, dans des conditions spécifiées, pendant une durée spécifiée (fiabilité);
- la facilité avec laquelle il peut être maintenu (maintenabilité);

- la disponibilité et la capacité des activités de logistique de maintenance, y compris une main-d'œuvre qualifiée et une obsolescence des pièces détachées (logistique de maintenance);
- son coût économique, si le remplacement du système peut être plus rentable que la réparation en cours (coût économique);
- les progrès technologiques ont rendu le système obsolète.

8 Assurance

8.1 Objectifs d'assurance

L'assurance de la supportabilité et du soutien est destinée à fournir à toutes les parties prenantes concernées l'assurance que les exigences qualitatives et quantitatives accordées en matière de supportabilité sont satisfaites et continueront de l'être à l'avenir. Les objectifs d'assurance peuvent être généraux, pour l'ensemble des programmes de supportabilité et de soutien, ou ils peuvent être ciblés vers des exigences spécifiques, délimitées par une phase du cycle de vie ou une limite physique.

8.2 Méthodes d'assurance

8.2.1 Vérification

Le processus formel d'ingénierie du système requiert la vérification de l'obtention de la spécification et de la validation de l'entité finale par rapport aux exigences et besoins de l'utilisateur dans l'environnement réel. La vérification de la supportabilité est un processus continu de génération, de collecte, d'analyse et d'évaluation des données relatives au soutien lorsqu'elles sont disponibles au cours du développement du projet et de la comparaison des résultats avec les exigences de supportabilité spécifiées.

Les méthodes de vérification de la supportabilité diffèrent en fonction de la phase du programme. Dans la majorité des cas, des estimations sont recueillies concernant le délai de réparation et le taux de renouvellement, mais d'autres facteurs sont généralement des prévisions telles que le nombre d'entités en service, les effectifs du personnel de soutien exigé et la disponibilité des équipements de soutien. Ces facteurs incluent généralement des marges de risque et la capacité des organisations de soutien est généralement prévue en fonction des enseignements du passé. Les mesures réelles ne peuvent avoir lieu qu'une fois dans la phase d'utilisation.

La majeure partie de la vérification est basée sur la collecte de données pour démontrer que tous les facteurs ont été pris en compte. Par exemple:

- en fonction du nombre d'entités en fonctionnement à un moment donné, il est possible d'estimer les effectifs du personnel de soutien qui exigent une formation et la fréquence à laquelle il convient que cette formation ait lieu. Une marge de risque est généralement intégrée à partir de laquelle il est possible d'estimer les installations et l'équipement exigés, le personnel nécessaire à la formation et les coûts exigés pour réaliser cette activité. Une expérience préalable est exigée pour déterminer le calendrier de lancement de cette activité et des connaissances en matière de recrutement pour des compétences spécifiques sont exigées si la formation implique un personnel supplémentaire. Si l'équipement implique le système ou une simulation d'un système, il convient alors d'intégrer les délais et les coûts impliqués;

- le stockage des pièces détachées dépend du nombre de pièces estimées exigées, en fonction du délai de réparation, du taux de renouvellement et du risque de rupture de stock appliqués à toutes les entités possibles du système, ainsi que du nombre proposé de systèmes prévus pour être en service. Il convient d'estimer le volume de stockage (la somme de tous les volumes de pièces détachées à stocker), ainsi que toute variation des conditions de stockage. À partir de cela, les installations de stockage exigées, le personnel de maintenance de l'entrepôt, ainsi que les coûts impliqués peuvent être estimés. Il peut être nécessaire que l'installation de stockage soit suffisamment souple en cas d'augmentation du nombre de systèmes en fonctionnement;
- il convient également de prendre en compte les risques associés aux attributs non fonctionnels et de recueillir des preuves pour démontrer comment ils ont été traités, par exemple les risques pour la sécurité (impact sur l'entité elle-même et impact sur ses données), le risque d'obsolescence, les risques possibles de la chaîne logistique.

Toute défaillance d'une entité identifiée au cours de la fabrication est utilisée pour vérifier et valider les processus de remplacement dans le catalogue de pièces représenté. En outre, d'autres pratiques peuvent également fournir une assurance, telles que:

- les processus qualité au sein d'une organisation de management de la qualité assurent aux parties prenantes que les résultats ont été obtenus par des techniques défendables et qu'ils sont reproductibles;
- le suivi des compétences du personnel et l'assurance qu'elles sont revues périodiquement afin qu'elles soient maintenues et adaptées à la tâche à accomplir;
- la gestion des tiers concernés. Il convient que les limites des responsabilités des tiers soient claires et que les interfaces, l'échange de données et la méthode d'élaboration de rapports soient entièrement documentés (voir également l'IEC 60300-3-16).

8.2.2 Étude de sûreté de fonctionnement

L'étude de sûreté de fonctionnement (voir l'IEC 62741) fournit un corpus croissant d'éléments de preuve visant à réduire progressivement l'incertitude entourant la réalisation des exigences de sûreté de fonctionnement.

Les résultats de toutes les activités de supportabilité et de soutien, ainsi que des preuves supplémentaires, telles que les retours d'informations des utilisateurs, peuvent être rassemblés dans un tableau des preuves pour fournir l'argument.

À mesure que le contexte ou les exigences de supportabilité et de soutien évoluent au cours du cycle de vie, l'étude de sûreté de fonctionnement exige d'être revue afin de déterminer comment cela affecte les preuves existantes et quelles preuves supplémentaires exigent d'être rassemblées pour maintenir la revendication.

9 Informations relatives à la supportabilité et au soutien

9.1 Collecte de données

Il est plus judicieux de collecter les données à la source dans leur format d'analyse original (par exemple en utilisant des menus déroulants ou des boîtes de dialogue dans les systèmes d'information associés tels que les ordres de travail, la gestion des défauts, le signalement des défaillances et les systèmes d'action corrective). Ce type de collectes de données pilotées par menus:

- limite les choix à des options probables prédéterminées (ce qui peut s'avérer désavantageux en cas d'événements de soutien imprévus);
- assure la cohérence de la réponse;
- accélère le processus de collecte des données;
- élimine les erreurs causées par la saisie ou la prononciation.

Le volume d'informations relatives à la supportabilité et au soutien exige que les données soient stockées dans un système d'information informatisé capable de communication croisée avec d'autres systèmes de données informatisés (voir l'IEC 60300-3-12, Soutien logistique intégré).

Lors de la mise au rebut d'une entité, les données relatives à la durée de vie peuvent être recueillies et analysées afin de documenter les performances de supportabilité et de soutien au cours du cycle de vie. Ces informations peuvent être utilisées pour l'amélioration du développement, de la réalisation et de l'utilisation des entités futures.

Les informations obtenues à partir des études de supportabilité pendant la phase de conception appartiennent à l'une des trois catégories suivantes:

- la configuration fonctionnelle qui définit la capacité fonctionnelle d'une entité, représentée par des artefacts ou des entités d'information tels que des spécifications;
- la configuration physique qui décrit la solution de conception représentée par des artefacts tels que des plans et des dessins;
- les informations dérivées qui représentent le soutien nécessaire pour s'assurer qu'une configuration physique peut satisfaire à ses exigences fonctionnelles de manière durable.

9.2 Gestion de la configuration

Lors des phases de définition et de conception, la structure des dessins est configurée pour établir un index des enregistrements principal (fiche technique). Chaque entité indexée contient une liste complète de tous les dessins et des instructions associées exigés à la fabrication de l'entité spécifique. Les modifications apportées à la conception sont directement liées à une entité indexée spécifique. Ces entités indexées deviennent les entités prévues pour être remplacées à l'issue de la conception. Si une modification franchit la limite de deux entités indexées, deux changements sont généralement exigés, ainsi qu'une modification identifiée à une entité indexée plus élevée si ces changements ont un impact l'un sur l'autre. Ainsi, toute construction spécifique liée à un index des enregistrements principal définit précisément l'état d'émission de tous les dessins et de toutes les instructions associées. La supportabilité et la maintenabilité sont impliquées dans la définition des pièces remplaçables idéales et, en tant que telles, peuvent considérablement influencer la structure de l'index des enregistrements principal afin de satisfaire aux exigences de sûreté de fonctionnement.

La configuration est une description technique précise des attributs fonctionnels et physiques d'une entité décrite dans les documents de conception. Sont également incluses les informations opérationnelles ou "dérivées" nécessaires au soutien continu de l'entité. La configuration approuvée d'une entité représente les niveaux de référence approuvés plus toutes les modifications approuvées apportées à ces niveaux de référence.

La documentation de la configuration de référence comprend également la mise en correspondance des documents de configuration pour assurer la connectivité entre les informations fonctionnelles, physiques et opérationnelles. Un niveau de référence alloué qui met en correspondance les exigences fonctionnelles avec des entités de configuration physiques en est un exemple.

La configuration actuelle d'une entité correspond à l'état fonctionnel, alloué et physique de référence de cette entité à ce moment-là. La configuration des nouvelles entités est établie par l'enregistrement "tel que construit" produit à l'issue des projets d'acquisition et est vérifiée par un audit de configuration physique et fonctionnelle. La configuration des entités existantes peut être établie par des audits physiques si nécessaire et par une revue des plans et enregistrements techniques. La maintenance introduit souvent des composants et des modules qui portent un nouveau numéro de série. Par conséquent, les listes de configuration sont mises à jour.

La gestion de la configuration est un élément essentiel de la sûreté de fonctionnement. Elle est importante pour plusieurs raisons, notamment:

- une connaissance précise de la configuration approuvée est nécessaire pour établir et maintenir un contrôle technique de l'intégrité et de l'adéquation de l'entité à l'utilisation prévue;
- la configuration approuvée fournit la base pour déterminer les exigences de maintenance et de soutien de l'entité;
- la gestion des modifications, qui assure que la configuration actuelle reste conforme à la conception approuvée, fournit les moyens d'assurer que l'entité est capable d'exécuter les fonctions exigées, en toute sécurité et de manière fiable.

La gestion de la configuration des entités après livraison est un processus continu, impliquant l'identification progressive, le suivi et l'approbation des modifications techniques pendant la durée de vie de l'entité. Cela inclut la revue et la mise à jour des dispositions de soutien pour l'entité, afin de s'assurer qu'elles restent conformes aux exigences fonctionnelles, à la construction physique et à l'état de l'entité.

Les modifications apportées à la configuration (fonctionnelle et physique) d'une entité sont gérées par un processus formel de contrôle des modifications impliquant l'intégration d'un responsable de la conception ou des études techniques et d'un comité de révision pour les aspects d'affaires.

9.3 Gestion des documents

Les données contenues dans le référentiel de données du soutien sont progressivement mises à jour lorsque la conception passe du concept aux modifications pendant l'utilisation. Un mécanisme de contrôle des modifications adéquat est exigé pour contrôler la mise à jour et l'entrée de nouvelles données. Lorsqu'une conception est mise à jour, toutes les données associées ne sont pas mises à jour simultanément; il est important de savoir où les mises à jour ont eu lieu, où elles doivent encore avoir lieu et où elles ne sont pas nécessaires. Par exemple, la mise à jour de la conception peut avoir lieu dans le référentiel de données de gestion de la configuration, mais il peut s'écouler un certain temps avant que le taux de défaillance ne soit mis à jour et, dans certains cas, il est possible que le taux de défaillance ne change pas.

Il est nécessaire de décider comment les documentations sont fournies avec une entité. Les solutions vont de la version papier à des publications techniques entièrement interactives en passant par le format PDF (Portable Document Format).

Il est également important que les référentiels de données de soutien contenant des données différentes, mais assimilés dans différents formats, soient conçus avec des identifiants uniques pour chaque élément de données de sorte que l'interfaçage entre les référentiels de données puisse se produire. Cela assure que les données ne sont pas répétées, ce qui entraînerait des erreurs de données.

9.4 Manuels techniques

9.4.1 Généralités

Il convient que les manuels techniques et les documentations techniques pour le matériel comme pour les logiciels et services contiennent des informations et des procédures de sorte que les opérateurs et les agents de maintenance effectuent leur travail correctement, en toute sécurité, efficacement et de façon rentable. Il convient également de les utiliser comme aide à la formation pour que celle-ci soit fondée sur la même documentation que celle disponible lors de l'utilisation. Il convient qu'ils soient conçus pour répondre aux besoins de l'utilisateur et organisés pour en faciliter l'accès et la référence.

Idéalement, il convient que les fournisseurs apportent une documentation écrite dans un langage spécifié par le client et compréhensible pour l'utilisateur. Si cela n'est pas possible, il convient que les instructions cruciales et de sécurité soient fournies dans le langage local. Il convient d'examiner la rentabilité de traduire une autre documentation. Des concepts tels que la spécification technique simplifiée anglaise de l'Association des industries aérospatiales et de défense de l'Europe (ASD-STE100) aident à s'assurer de la clarté de l'information.

Dans la plupart des cas, le manuel technique inclut un catalogue de pièces illustré et constitue le lien entre l'emplacement physique d'une entité dans le système et l'identification unique appliquée pour la supportabilité. Une approche générale de compilation des données présente un procédé détaillé de la séquence de démontage, identifiant tous les assemblages et leurs composants individuels, ainsi que d'autres pièces détaillées qui ne peuvent pas être affectées aux assemblages, conformément aux dessins techniques et à la fabrication des matériaux. Le séquençement de ces entités consiste à utiliser une identification unique et c'est cette pratique qui permet la production du catalogue de pièces représenté à partir des mêmes données. Le procédé technique correspond au niveau des plans de maintenance du client. Outre le procédé technique, les éléments suivants peuvent également être énumérés:

- les matières premières,
- les consommables,
- les kits de réparation,
- les pièces expédiées et stockées.

Il est exigé que les entités particulières soient énumérées après les valeurs suivantes:

- les pièces stockées et expédiées,
- les dispositifs et supports de données non programmés,
- les marquages (pancartes, autocollants, etc.),
- les conteneurs de stockage et d'expédition,
- les kits de réparation,
- les kits de pièces.

Il est exigé que les entités spécifiques soient contenues dans des valeurs séparées. Ces types d'entités peuvent inclure:

- les matières premières,
- les consommables tels que les vis et les joints,
- les valeurs générales de tolérance,
- l'équipement de test et les outils,
- le détail des kits de réparation.

Les manuels techniques pour des systèmes complexes peuvent contenir une description générale, une théorie et des procédures applicables qui concernent les entités telles que:

- l'exploitation,
- les diagnostics de panne,
- les réparations,
- la maintenance préventive,
- l'entretien,
- les tests,
- les schémas de principe ou de câblage,
- les outils et les équipements de soutien spécial,

- les informations relatives aux installations (par exemple tension exigée),
- la description de logiciels applicables.

Il convient d'adapter le niveau de détail de la documentation de maintenance au domaine d'activité de maintenance autorisée pour l'utilisateur. Trop de détails peuvent prêter à confusion et conduire à des tentatives de réalisation d'une maintenance au-delà de la capacité du personnel de maintenance et de l'équipement de soutien.

Il convient que la personne responsable de la documentation soit orientée utilisateur et familiarisée avec les considérations relatives au personnel. Il convient de prendre en considération les facteurs suivants:

- les profils, les exigences et les caractéristiques des utilisateurs,
- les attributs des entités,
- les conditions environnementales,
- la conception du travail,
- la conception de la formation,
- le niveau de maintenance et de soutien à l'opérateur.

La documentation est fournie par des moyens physiques, tels que manuels en format papier, audio, vidéo ou sur support numérique ou internet, selon ce qui convient aux utilisateurs.

9.4.2 Développement d'un manuel technique

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

- difficiles à réaliser;
- fréquentes;
- qui ont une influence sur la capacité, la disponibilité et la fiabilité des entités;
- qui ont des implications sur la sécurité.

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

- par ordre naturel (aptitude ou fréquence d'apparition);
- de la plus critique à la moins critique;
- la plus fréquente à la moins fréquente;
- par emplacement, distance ou disponibilité;
- en présentant ce qui est exigé pour maintenir la capacité;
- en faisant un clair distinguo entre une notification (pour faciliter la tâche), une mise en garde (risque de détérioration de l'équipement) et un avertissement (implications sur la sécurité).

Il convient de se servir au maximum des informations techniques existantes. Cet objectif est atteint de la manière suivante:

- en évaluant l'adéquation des informations techniques existantes pour satisfaire aux exigences des spécifications;
- en déterminant l'approche la plus rentable, telle que:
 - l'utilisation des informations existantes,
 - la mise à niveau des informations existantes,
 - l'élaboration de nouvelles informations.

Il convient d'inclure toutes les exigences d'informations techniques dans le contrat de l'entité. Elles peuvent inclure:

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

Si la documentation existante qui s'applique à une gamme d'applications (par exemple manuels disponibles dans le commerce pour des entités courantes) est utilisée, il convient d'inclure des recommandations pour l'applicabilité du manuel à l'application spécifique, la configuration de l'entité et l'environnement à maintenir.

Il convient de préparer les manuels techniques sous un format plus convivial. Il convient de suivre les principes suivants:

- l'utilisation de mots simples et courants,
- l'intégration du texte et des représentations,
- un style et un langage corrects,
- des informations techniques adaptées au support.

9.4.3 Évaluation

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

- les utilisateurs représentatifs peuvent-ils effectuer le travail selon la norme exigée?
- le fonctionnement de l'ensemble du système peut-il être amélioré (hypothèse: l'amélioration de la maintenance améliore-t-elle les performances du système)?

En outre, la mise en œuvre des améliorations suggérées par les utilisateurs est essentielle pour un manuel technique efficace.

9.4.4 Amendement à la documentation

Il convient de développer des procédures et de les mettre en œuvre pour permettre des modifications des informations sur l'entité, des tâches de maintenance, des procédures, des pièces détachées et d'autres informations contenues dans le système d'information de maintenance et de documentation de maintenance associée afin de les maintenir à jour.

9.4.5 Élaboration de rapports d'événements

En général, la procédure d'élaboration de rapports d'événements est une activité de soutien et joue un rôle important dans la surveillance des événements préjudiciables et la maîtrise des modifications pour les surmonter. Il convient de surveiller de près les défauts ou les pannes graves qui ont un impact sur la sécurité ou la disponibilité (incidents). Par exemple, les défaillances peuvent être dues à la qualité de la pièce détachée (contenant peut-être des pièces contrefaites) ou à l'ambiguïté des instructions de montage. Il convient d'adopter une procédure qui identifie ces erreurs ou défauts et de lancer des actions d'investigation pour identifier la cause et toute action qui peut être exigée pour corriger le problème. Dans certains cas, la découverte d'une défaillance grave exige une action urgente pour s'assurer que les aspects de sécurité sont traités et que tous les autres utilisateurs de l'équipement sont informés du problème.

9.4.6 Communication

De nombreuses organisations produisent des bulletins d'entretien qui avertissent tous les utilisateurs de la possibilité de défaillances sérieuses et des vérifications à faire pour s'assurer qu'une entité est en bon état et maintient son niveau de fonctionnalité exigé. Il peut s'agir de vérifications de maintenance ou d'inspections non programmées à effectuer jusqu'à ce qu'une action de conception puisse être entreprise pour corriger le défaut. Dans ce but, des actions de maintenance plus poussée et des instructions de modification peuvent être émises pour corriger le défaut et rendre à nouveau l'entité totalement fonctionnelle. Des exemples de tels bulletins sont le rappel de véhicules pour apporter d'importantes modifications de sécurité, ou maintien au sol d'un avion après un accident ou incident en attente d'inspection.

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

- les défauts découverts par les utilisateurs ou les agents de maintenance qui semblent pertinents aux utilisateurs;
- les modifications introduites et leur applicabilité;
- les modifications des listes de pièces détachées pour introduire des entités modifiées;
- les modifications apportées aux procédures de maintenance;
- les modifications apportées aux procédures d'exploitation pour améliorer la sécurité ou éviter des dommages;
- les rapports de satisfaction des clients.

10 Gestion des ressources

10.1 Disposition des ressources

Les principales ressources applicables au soutien sont les suivantes:

- les ressources humaines, comprenant à la fois le personnel interne et externe, employé pour les activités de soutien;
- la formation;
- les pièces détachées et les consommables utilisés pour réparer ou entretenir des entités;
- les installations de soutien utilisées pour effectuer les travaux sur l'entité (comme l'entretien et la réparation), l'hébergement de tout système informatique d'information de soutien;
- l'équipement de soutien;
- les ressources d'information exigées pour la gestion et l'exécution de toutes les activités de soutien. Il s'agit d'un suivi des informations de supportabilité et de soutien mentionnées à l'Article 9;
- des ressources financières pour financer le soutien.

Les ressources pour le soutien sont initialement identifiées pendant la planification du soutien, dans la phase de développement et de conception. À mesure que les conditions dans la phase de développement changent, il convient de réviser le type et la quantité de ressources et de les mettre à jour régulièrement. De nombreux facteurs influencent les ressources de soutien, tels que les suivants:

- l'emplacement des installations et des entités devant faire l'objet d'une maintenance,
- l'emplacement des ressources de soutien,
- le niveau de sûreté de fonctionnement exigé,
- le type d'entité pour laquelle assurer le soutien,
- l'importance de la fonctionnalité de l'entité,

- les facteurs économiques,
- les objectifs de l'entreprise.

10.2 Ressources humaines

Pour atteindre les objectifs d'exploitation au coût du cycle de vie complet le plus bas, il est exigé que du personnel qualifié et formé soit disponible. Pour la plupart des systèmes, le personnel constitue l'élément le plus onéreux du soutien de l'exploitation et de la logistique de maintenance. Une sélection soignée du personnel et une formation et une supervision efficaces peuvent réduire le plus possible ce coût ou accroître les avantages du soutien.

Pour les systèmes complexes qui mettent en œuvre dans les règles de l'art des conceptions avancées, il convient qu'une analyse des besoins de maintenance détermine le nombre de personnes, leur niveau de qualification et leur formation. Les spécialisations du personnel, ses niveaux de qualification (par exemple de base, intermédiaire et élevé) et les effectifs exigés peuvent être identifiés en évaluant la complexité et la fréquence des tâches dans le cadre de l'analyse de la logistique de maintenance. Il convient d'établir les spécialisations et les niveaux de qualification pour chaque emplacement d'exploitation et de maintenance d'une entité.

Il convient que les qualifications du personnel affecté à la maintenance et à la logistique de maintenance soient tenues à jour. Une certification spéciale peut être exigée pour certaines tâches.

10.3 Formation

Il convient de développer la formation de telle sorte qu'elle soit cohérente avec la conception du système, l'opérateur ou la politique de maintenance, les procédures et équipements de soutien, ainsi que les niveaux de qualification disponibles du personnel concerné. Il est nécessaire de développer et fournir des aides et de la documentation pour la formation, spécifiques au contexte dans lequel elles sont utilisées.

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

Il convient de sélectionner et de former du personnel pour en faire des techniciens qualifiés et compétents présents sur le site lorsque l'entité livrée entre en exploitation. Il convient que la formation du personnel soit initiale et continue pour couvrir les départs, la baisse des compétences, le renouvellement du personnel et l'impact des changements ou modifications de l'entité.

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

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

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

- une analyse des besoins de formation (TNA, Training Needs Analysis) qui comprend des objectifs de formation spécifiques;

- la mise en place de la formation, qui comprend les méthodes pour la délivrance d'instructions, la méthode d'évaluation des stagiaires et les critères d'évaluation de l'efficacité du programme de formation.

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

10.4 Équipement de soutien

10.4.1 Généralités

Tout équipement exigé pour la maintenance, l'entretien et l'inspection d'une entité, mais non essentiel à son fonctionnement, est appelé "équipement de soutien". Les types et quantités dépendent du type de soutiens de travail exigé.

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

10.4.2 Types d'équipement de soutien

L'équipement de soutien est classé par utilité, disponibilité et à l'origine en deux catégories principales d'équipement de soutien à but commun ou général et spécifique au type d'équipement (STE):

- l'équipement de soutien courant inclut tous les équipements de fourniture générale, tels qu'outils, jacks et toute sorte d'appareils de mesure, qui peuvent être achetés tels quels ou sont généralement disponibles et appliqués au soutien du produit;
- un équipement STE est exigé pour réaliser une tâche spécifique pour une entité spécifique, telle que des fixations pour permettre les mesures de paramètres mécaniques, ou un testeur ou analyseur électronique qui est fabriqué et adapté pour l'entité.

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

10.4.3 Sélection d'équipement de soutien

Avant que l'équipement de soutien puisse être sélectionné, il convient de connaître les attributs importants de conception de l'entité. La majorité des équipements de soutien commun peut être choisie après réalisation de la conception de l'entité, et après qu'une politique de maintenance a été établie.

Il convient que chaque tâche de maintenance pour l'entité soit revue pour identifier l'équipement de soutien exigé. Au tout début de la conception, ces exigences peuvent être assez générales et devenir plus spécifiques à mesure que des spécifications de conception plus détaillées sont connues. Pour réduire le plus possible la quantité d'équipement de soutien et s'assurer que le plus d'entités normales possible sont spécifiées, la coordination et la normalisation sont exigées dans le processus de sélection.

L'utilisation de listes d'équipements de soutien préférentiels lors de la conception permet d'imposer des contraintes au concepteur afin d'éviter la prolifération des équipements de soutien et donc de simplifier le soutien à long terme.

L'équipement de soutien peut être considéré sous les catégories suivantes comme moyen de clarification des exigences et des responsabilités associées pour fournir ce qui suit:

- équipement disponible: la plupart des équipements de soutien courants et généraux entrent dans cette catégorie;
- équipement industriel: équipement couramment utilisé par un segment spécifique de l'industrie, reconnaissant qu'il peut être nécessaire de le modifier pour l'adapter;
- équipement STE: équipement conçu et fabriqué sur mesure pour satisfaire à des exigences spécifiques à une activité, à l'entretien ou à l'inspection.

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

10.4.4 Données d'équipement de soutien

Certaines industries disposent de référentiels de données d'information qui énumèrent les équipements de test disponibles pour des tâches de soutien particulières. Ils sont disponibles auprès de ces industries. Si ceux-ci ne sont pas disponibles, il convient de rechercher un équipement adapté et, seulement si l'équipement de soutien commun ne peut être localisé, il convient de développer un équipement STE.

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

10.4.5 Équipement de tests automatiques

L'équipement de tests automatiques (EEA) est généralement commandé par un ordinateur qui fournit des attributs simulés du fonctionnement réel de l'entité. Il est conçu pour tester une série de paramètres sélectionnés, soit comme une partie d'un programme de surveillance d'état ou comme un outil de diagnostic, et peut être utilisé pour tester une entité particulière ou une partie de cette entité, ou une gamme d'entités liées entre elles.

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

10.4.6 Étalonnage

Suivant le type d'entité, une grande partie de l'équipement de soutien peut servir à mesurer les valeurs de paramètres spécifiés tels que pression, fréquence et tension. Pour être utiles, ces mesures doivent être précises. Pour s'assurer de l'exactitude, la conformité des dispositifs de mesures à un étalon est contrôlée et vérifiée ou ils sont étalonnés régulièrement, ou après une maintenance importante. En particulier, l'étalonnage de l'équipement de test (automatique et manuel) peut ajouter à sa complexité vu que tous les dispositifs de mesure de l'équipement de test doivent fonctionner dans la tolérance de leur étalonnage, sinon ils peuvent donner de fausses indications de défaillance.

Les exigences d'étalonnage sont basées sur des études des exigences de mesure pour l'inspection, l'isolation et l'alignement des entités. Il convient que les installations d'étalonnage soient spécifiées et traçables.

10.4.7 Réparation d'équipement de soutien

La maintenance de tout équipement de soutien exige également d'être prise en considération lors de l'analyse des tâches de maintenance pour l'entité. Outre l'étalonnage mentionné ci-dessus, l'équipement de soutien lui-même peut impliquer une maintenance à la fois corrective et préventive pour conserver un état de marche lui permettant de fonctionner.

10.4.8 Équipement de test intégré (ETI)

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

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

L'ETI est conçu pour surveiller l'équipement dans trois principaux modes de fonctionnement:

- mise sous tension: à la mise sous tension, un autotest au démarrage (POST, Power-on self-test) est généralement effectué par les ordinateurs et tout autre équipement. Les ordinateurs effectuent une vérification automatique, qui comprend des vérifications de la présence d'équipements périphériques et de la continuité des chemins. D'autres équipements peuvent souvent effectuer une vérification automatique de l'aptitude à l'emploi;
- test intégré et continu (CBIT, Continuous BIT): le CBIT s'applique aux vérifications de diagnostic pour déterminer en permanence les conditions de l'équipement pendant que l'équipement fonctionne en mode normal. Cela peut être l'outil principal de diagnostic pour surveiller un système et il est conçu pour signaler toute panne détectée;
- test intégré avec interruption (IBIT, Interruptive BIT): l'IBIT est un niveau de test plus approfondi qui peut s'appliquer soit régulièrement pour des vérifications plus poussées que le CBIT, soit ponctuellement "à la demande" pour fournir plus d'informations sur une panne identifiée par d'autres méthodes. Il est souvent nécessaire d'interrompre l'exploitation normale de l'équipement pour l'utiliser. L'IBIT peut être déclenché automatiquement ou manuellement par l'équipement.

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

L'IEC 60706-5 fournit de plus amples informations sur l'utilisation des ETI et EEA.

10.5 Installations de soutien

10.5.1 Installations d'espace de travail

Les installations de soutien internes et externes sont souvent exigées pour qu'une entité puisse être maintenue, réparée ou entretenue après qu'elle a été retirée de l'exploitation. Ces installations incluent les ateliers de réparation, les ateliers de révisions et les dépôts de service et peuvent être:

- fournies par le fabricant de l'entité d'origine à l'usage des clients;
- fournies et utilisées par des organisations d'entretien qui sont indépendantes du fabricant d'origine ou de l'utilisateur;
- fournies spécialement par l'utilisateur pour assurer le soutien de son équipement.