

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60505

Deuxième édition
Second edition
1999-12

**Evaluation et qualification
des systèmes d'isolation électrique**

**Evaluation and qualification
of electrical insulation systems**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60505:1999

Numéros des publications

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

Publications consolidées

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

Validité de la présente publication

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

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

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

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

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

Numbering

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

Consolidated publications

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

Validity of this publication

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

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

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

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

Terminology, graphical and letter symbols

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

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

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60505

Deuxième édition
Second edition
1999-12

**Evaluation et qualification
des systèmes d'isolation électrique**

**Evaluation and qualification
of electrical insulation systems**

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

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Termes et définitions	10
3.1 Termes généraux	10
3.2 Termes relatifs aux contraintes en service et au vieillissement	10
3.3 Termes relatifs aux essais	14
4 Vieillessement – Généralités	16
5 Préparation des méthodes d'évaluation	22
5.1 Eléments pour préparer une méthode d'évaluation	22
5.2 Validité de méthodes d'évaluation existantes	24
6 Méthodes d'évaluation fonctionnelle pour qualifier un SIE	24
6.1 Considérations générales	24
6.2 Types de procédures d'évaluation	24
6.3 Considérations pratiques	28
7 Essais fonctionnels de vieillissement	32
7.1 Objets d'essai	32
7.2 Conditions d'essai	34
7.3 Détermination de la durée de vie en service du SIE	34
8 Vieillessement	36
8.1 Généralités	36
8.2 Estimation des mécanismes de vieillissement	36
8.3 Vieillessement accéléré	38
8.4 Niveaux de contrainte	44
8.5 Durée et nombre de sous-cycles	44
8.6 Sous-cycle de vieillissement	44
9 Conditionnement de prédiagnostic	46
10 Diagnostics	46
10.1 Essais de diagnostic – Critères de point limite	46
10.2 Essais spécifiques additionnels	46
11 Analyse des données	48
11.1 Généralités	48
11.2 Expérience en fonctionnement	48
11.3 Electrique	48
11.4 Thermique	48
11.5 Mécanique	48
11.6 Environnemental	48
11.7 Multifactoriel	48
12 Procès-verbal d'essai	50
13 Codification des SIE	50
Annexe A (informative) Listes de contrôle	52
Annexe B (informative) Organigrammes	58
Bibliographie	74

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Terms and definitions.....	11
3.1 General terms.....	11
3.2 Terms related to service stresses and ageing	11
3.3 Terms related to testing	15
4 Ageing – General.....	17
5 Preparation of evaluation methods.....	23
5.1 Elements for preparing an evaluation method	23
5.2 Validity of existing evaluation methods	25
6 Functional evaluation methods to qualify EIS	25
6.1 General considerations	25
6.2 Types of evaluation procedures	25
6.3 Practical considerations.....	29
7 Functional ageing tests	33
7.1 Test objects	33
7.2 Test conditions	35
7.3 Determination of EIS service life	35
8 Ageing	37
8.1 General.....	37
8.2 Assessment of ageing mechanisms	37
8.3 Accelerated ageing	39
8.4 Stress levels.....	45
8.5 Duration and number of subcycles	45
8.6 Ageing subcycle.....	45
9 Prediagnostic conditioning.....	47
10 Diagnostics.....	47
10.1 Diagnostic tests – End point criteria.....	47
10.2 Additional specific tests	47
11 Analysing the data	49
11.1 General.....	49
11.2 Operating experience.....	49
11.3 Electrical.....	49
11.4 Thermal	49
11.5 Mechanical	49
11.6 Environmental.....	49
11.7 Multifactor.....	49
12 Test report	51
13 EIS coding	51
Annex A (informative) Checklists.....	53
Annex B (informative) Flow charts.....	59
Bibliography	75

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉVALUATION ET QUALIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60505 a été établie par le comité d'études 98 de la CEI: Système d'isolation électrique (SIE).

Cette seconde édition annule et remplace la première édition parue en 1975 dont elle constitue une révision technique.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
98/85/FDIS	98/100/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A et B sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que cette publication reste valable jusqu'en 2003. A cette date, selon décision préalable du comité, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EVALUATION AND QUALIFICATION OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS

FOREWORD

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

International Standard IEC 60505 has been prepared by IEC technical committee 98: Electrical insulation systems (EIS).

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1975, and constitutes a technical revision.

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

FDIS	Report on voting
98/85/FDIS	98/100/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A and B are for information only.

The committee has decided that this publication remains valid until 2003. At this date, in accordance with the committee's decision, the publication will be

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

INTRODUCTION

La durée de vie en service du matériel électrique est fréquemment déterminée par la durée de vie de son ou de ses systèmes d'isolation électrique (SIE). La durée de vie d'un SIE peut être affectée par des contraintes électriques, thermiques, mécaniques ou environnementales agissant individuellement ou en combinaison.

Les durées de vie envisagées, estimées ou prouvées en service sont des paramètres essentiels pour décrire la durée de vie de systèmes d'isolation électrique. Dans les premiers temps de l'ingénierie électrotechnique, les données de durée de vie étaient plutôt vagues. La limitation de la durée de vie de l'isolation sous contrainte thermique était l'un des premiers indicateurs de l'effet du vieillissement de certains matériels en service. Lorsque l'expérience dans l'utilisation de systèmes d'isolation s'est accrue, on s'est rendu compte qu'il y avait un besoin de sélectionner des matériaux spécifiques qui étaient adaptables au processus de fabrication, pour permettre de réaliser la durée de vie requise en service et pour permettre le calcul de l'aptitude thermique du matériel.

La CEI 60085 a normalisé un certain nombre de valeurs maximales de température et présenté une liste de matériaux isolants, rattachés à ces températures (classes), qui, utilisés comme systèmes d'isolation, «devaient assurer pour l'isolation une durée de vie économique dans une large gamme de matériels».

Ce fut une tentative clairement définie de qualifier des systèmes d'isolation sur la base de l'expérience (en service) ou d'essais et une quantification de la vie d'un système d'isolation en termes de durée. La limite de cette approche, basée entièrement sur la contrainte thermique, a été reconnue et il y a eu une demande pour un concept amélioré de la durée de vie. Cette exigence, ainsi que l'impossibilité d'utiliser les tableaux de matériaux de la CEI 60085 alors que de nombreux matériaux synthétiques nouveaux étaient produits qui ne correspondaient pas proprement à la classification thermique existante, ont suscité un effort mondial pour améliorer la situation. Cela a conduit à l'élaboration de la présente norme, qui sert de guide aux comités d'études de la CEI responsables de matériels (CEM) pour leur permettre de développer des normes et des documents techniques adéquats.

Déterminer la durée de vie envisagée est une tâche fondamentale dans le développement et la conception d'un SIE. La durée de vie estimée d'un SIE doit être établie pour plusieurs raisons:

- pour les essais de type lorsque l'on introduit en production un nouveau SIE;
- pour l'assurance de qualité de la production; et
- pour l'estimation de la durée de vie restante aux fins de maintenance.

INTRODUCTION

The service life of electrical equipment is frequently determined by the life of its electrical insulation system(s) (EIS). The life of an EIS can be affected by electrical, thermal, mechanical, or environmental stresses acting either individually or in combination.

Intended, estimated or proven service life times are essential parameters for describing the life of electrical insulation systems. In the early days of electrotechnical engineering life figures were rather vague. The limitation of the life of the insulation under thermal stress was one of the first indicators of the effect of ageing in some equipment in service. As experience in using insulation systems increased, it was appreciated that there was a need to select specific materials that were amenable for use in manufacturing processes, to enable the required service life to be achieved and to allow for the calculation of the thermal capability of equipment.

IEC 60085 standardized a number of maximum temperature values and presented a list of insulating materials related to these temperatures (classes) which, when used for insulation systems, would "ensure an economical life for the insulation in a wide range of apparatus".

This was a clearly defined attempt to qualify insulation systems on the basis of (service) experience or tests and a quantification of an insulation system life in terms of time. The limitation of this approach, based entirely on thermal stressing, was recognized and there was a demand for an improved life concept. This requirement and the impossibility of using the material tables in IEC 60085 at a time when many new, synthetic materials were being produced which did not fit neatly into the existing thermal classification, led to a worldwide effort to improve the situation. This led to the elaboration of the present standard, which serves as a guide to IEC technical committees responsible for equipment (ETC) to enable them to develop adequate standards and technical documents.

To determine the intended life is a fundamental task when developing and designing an EIS. Estimated service life of an EIS has to be established for several reasons:

- for type testing when introducing a new EIS into production;
- for quality assurance of production; and
- for estimating the remaining life for maintenance purposes.

ÉVALUATION ET QUALIFICATION DES SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale établit les bases de l'estimation du vieillissement des systèmes d'isolation électrique (SIE) dans des conditions de contraintes électriques, thermiques, mécaniques, environnementales ou multifactorielles.

Elle spécifie les principes ou les procédures qu'il convient de suivre, au cours du développement d'essais fonctionnels ou de méthodes d'évaluation, pour établir la durée de vie d'un système d'isolation spécifique.

La présente norme est applicable à tous les comités d'études de la CEI responsables de matériels (CEM) ayant un SIE.

2 Références normatives

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

CEI 60216 (toute la série), *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques*

CEI 60216-3:—, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique des matériaux isolants électriques – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique*¹⁾

CEI 60493-1: *Guide pour l'analyse statistique de données d'essais de vieillissement – Première partie: Méthodes basées sur les valeurs moyennes de résultats d'essais normalement distribués*

CEI 60727-1: *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Première partie: Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale*

CEI 60727-2: *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Partie 2: Procédures d'évaluation basées sur des distributions de valeurs extrêmes*

CEI 61356: *Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique – Principes de procédures d'essai lorsque l'essai comparatif n'est pas possible*

¹⁾ A publier.

EVALUATION AND QUALIFICATION OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS

1 Scope

This International Standard establishes the basis for estimating the ageing of electrical insulation systems (EIS) under conditions of either electrical, thermal, mechanical, environmental or multifactor stresses.

It specifies the principles and procedures that should be followed, during the development of EIS functional test and evaluation procedures, to establish the service life for a specific insulation system.

This standard is applicable to all IEC technical committees responsible for equipment (ETC) having an EIS.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this international standard. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However parties to agreements based on this international standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of the IEC and the ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 60216: (all parts), *Determination of thermal endurance of solid organic materials*

IEC 60216-3:—, *Determination of thermal endurance of solid organic materials – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*¹⁾

IEC 60493-1: *Guide for the statistical analysis of ageing test data – Part 1: Methods based on mean values of normally distributed test results*

IEC 60727-1: *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions*

IEC 60727-2: *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 2: Evaluation procedures based on extreme-value distributions*

IEC 61356: *Functional evaluation of electrical insulation systems – Principles for test procedures when comparative testing is not feasible*

¹⁾ To be published.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent:

3.1 Termes généraux

3.1.1

système d'isolation électrique (SIE)

structure isolante, comprenant un ou plusieurs matériaux isolants électriques (MIE) avec les parties conductrices associées, utilisée dans un dispositif électrotechnique

3.1.2

matériau isolant électriques (MIE)

composant contraint électriquement dans un SIE

3.1.3

SIE de référence

SIE évalué et reconnu, soit avec une expérience en service connue et enregistrée, soit sur la base d'une évaluation fonctionnelle comparative connue

3.1.4

SIE candidat

SIE en cours d'évaluation pour déterminer son aptitude (électrique, thermique, mécanique, environnementale ou multifactorielle) en service

3.1.5

durée de vie envisagée

durée de vie projetée d'un SIE dans les conditions de service

3.1.6

durée de vie estimée

durée de vie attendue, obtenue à partir soit de l'expérience en service, soit des résultats d'essais effectués en conformité avec des procédures appropriées d'évaluation, ou des deux, tel qu'établi par l'organisation ou le comité technique responsables

3.1.7

évaluation

établissement de relations entre les exigences de service et les données de durée de vie obtenues à partir de l'analyse de l'expérience en service ou des résultats d'essais fonctionnels

3.2 Termes relatifs aux contraintes en service et au vieillissement

3.2.1

contrainte «de vieillissement»

action sur le SIE, de nature électrique, thermique, mécanique ou environnementale qui peut causer un changement des propriétés

3.2.2

facteur d'influence

contrainte imposée par les conditions de fonctionnement, d'environnement ou d'essai, qui affecte la durée de vie d'un SIE

3 Terms and definitions

For the purpose of this International Standard, the following terms and definitions apply:

3.1 General terms

3.1.1

electrical insulation system (EIS)

insulating structure containing one or more electrical insulating materials (EIM) together with associated conducting parts employed in an electrotechnical device

3.1.2

electrical insulating material (EIM)

electrically stressed component in an EIS

3.1.3

reference EIS

evaluated and established EIS with either a known service experience record or a known comparative functional evaluation as a basis

3.1.4

candidate EIS

EIS under evaluation to determine its service capability (electrical, thermal, mechanical, environmental or multifactor)

3.1.5

intended life

design life of an EIS under service conditions

3.1.6

estimated life

expected service life derived from either service experience or the results of tests performed in accordance with appropriate evaluation procedures, or both, as established by the responsible organisation or technical committee

3.1.7

evaluation

establishment of relationships between service requirements and life data obtained from service experience analysis or from the results of functional tests

3.2 Terms related to service stresses and ageing

3.2.1

"ageing" stress

action of electrical, thermal, mechanical or environmental nature on an EIS which may cause property changes

3.2.2

factor of influence

stress imposed by conditions of operation, environment or test that affects the life of an EIS

3.2.3

conditions de service

combinaison de facteurs d'influence et de fonction qui sont à prévoir dans une application spécifique d'un matériel électrique

3.2.4

conditions de fonctionnement de référence

conditions de service du matériel auquel sont liées les conditions de la procédure de l'essai fonctionnel

3.2.5

exigences de service

facteurs spécifiés d'influence, performance attendue et fonction d'un matériel électrique

3.2.6

expérience en service

enregistrement quantitatif et/ou qualitatif durant le service, avec ou sans défaillance d'un SIE

3.2.7

vieillissement

changements irréversibles des propriétés d'un SIE dus à l'action d'un ou de plusieurs facteurs d'influence

NOTE Certains changements (par exemple les hydrolyses) peuvent être partiellement réversibles si les conditions ambiantes changent.

3.2.8

facteur de vieillissement

facteur d'influence qui cause un vieillissement

3.2.9

vieillissement intrinsèque

changements irréversibles de propriétés fondamentales d'un SIE, causés par l'action de facteurs de vieillissement

3.2.10

vieillissement extrinsèque

effet de changements irréversibles de propriétés d'un SIE, produits par l'action de facteurs de vieillissement sur des imperfections introduites involontairement dans un SIE

3.2.11

interaction

modifications du type ou du degré de vieillissement, produites par la combinaison de deux ou de plusieurs facteurs d'influence et relatives à leur effet de vieillissement s'ils agissaient individuellement sur des objets séparés

3.2.12

interaction directe

interaction entre facteurs d'influence appliqués simultanément, qui diffère de celle qui se produit avec des facteurs d'influence appliqués séquentiellement

NOTE Tous les facteurs produisant une action directe ne sont pas nécessairement des facteurs de vieillissement.

3.2.13

interaction indirecte

interaction qui se produit entre des facteurs d'influence appliqués simultanément et qui reste inchangée quand ces facteurs sont appliqués séquentiellement

3.2.3**service conditions**

combination of factors of influence and duty that are to be expected in a specific application of an electrical device

3.2.4**reference operating conditions**

service conditions of the equipment to which the test conditions of the functional test procedure are related

3.2.5**service requirements**

specified factors of influence, intended performance and duty of an electrical device

3.2.6**service experience**

the quantitative and/or qualitative record during service, with or without failure of an EIS

3.2.7**ageing**

irreversible changes of the properties of an EIS due to action by one or more factors of influence

NOTE Some changes (e.g. hydrolytic changes) can be partly reversible if the ambient conditions change.

3.2.8**ageing factor**

a factor of influence that causes ageing

3.2.9**intrinsic ageing**

irreversible changes of fundamental properties of an EIS caused by the action of ageing factors

3.2.10**extrinsic ageing**

effect of irreversible changes of EIS properties produced by action of ageing factors on unintentionally introduced imperfections in an EIS

3.2.11**interaction**

modifications of the type or degree of ageing produced by the combination of two or more factors of influence relative to their ageing effect if acting individually on separate objects

3.2.12**direct interaction**

interaction between simultaneously applied factors of influence that differs from that occurring with sequentially applied factors of influence

NOTE All factors producing direct interaction are not necessarily ageing factors.

3.2.13**indirect interaction**

interaction which occurs between simultaneously applied factors of influence, which remains unchanged when the factors are applied sequentially

3.3 Termes relatifs aux essais

3.3.1

essai fonctionnel

procédure pour obtenir des informations sur la convenance d'un SIE dans des conditions spécifiées

3.3.2

objet d'essai

pièce d'un matériel original, représentation (modèle) de matériel, composant ou partie de matériel, comprenant le SIE, destinés à être utilisés dans un essai fonctionnel

3.3.3

vieillissement accéléré

résultat d'un accroissement du niveau et/ou de la fréquence d'application des facteurs d'influence au-delà des conditions normales de service

3.3.4

essai accéléré

essai fonctionnel qui applique un vieillissement accéléré pour réduire la durée d'essai

3.3.5

conditionnement de prédiagnostic

application d'une contrainte variable ou fixe à un SIE préalablement à un essai de diagnostic

3.3.6

facteur de diagnostic

contrainte variable ou fixe appliquée à un SIE pour établir le degré de vieillissement

3.3.7

essai de diagnostic

application périodique d'un niveau spécifié d'un facteur de diagnostic à une éprouvette pour déterminer si le critère de point limite a été atteint

3.3.8

critère de point limite

valeur sélectionnée d'une propriété ou d'un changement de propriété qui définit la fin de vie d'un SIE dans un essai fonctionnel

3.3.9

cycle «d'essai»

espace de temps pour l'application périodique d'un ou de plusieurs facteurs d'influence, soit séquentiellement soit simultanément, et de facteurs de diagnostic à un SIE

3.3.10

sous-cycle

segments définis du cycle entier pour l'application de facteurs d'influence et de facteurs de diagnostic

3.3.11

essai de surveillance

application constante et mesure d'un niveau spécifié d'un facteur de diagnostic à une éprouvette pour déterminer le vieillissement

3.3 Terms related to testing

3.3.1

functional test

procedure to obtain information about the suitability of an EIS under specified conditions

3.3.2

test object

piece of original equipment, representation (model) of equipment or component or part of equipment, including the EIS, intended for use in a functional test

3.3.3

accelerated ageing

result of an increase in the level and/or frequency of application of the factors of influence beyond normal service conditions

3.3.4

accelerated test

functional test applying accelerated ageing to shorten testing time

3.3.5

prediagnostic conditioning

application of a variable or fixed stress, which is applied to an EIS prior to diagnostic testing

3.3.6

diagnostic factor

variable or fixed stress which is applied to an EIS to establish the degree of ageing

3.3.7

diagnostic test

periodic application of a specified level of a diagnostic factor to a test specimen to determine whether the end-point criterion has been reached

3.3.8

end-point criterion

selected value of either a property or change of property that defines the end-of-EIS life in a functional test

3.3.9

"test" cycle

a time span for periodical, repetitive application of one or more factors of influence, either sequentially or simultaneously, and of diagnostic factors, to an EIS

3.3.10

subcycle

defined segments of the whole cycle for the application of factors of influence and diagnostic factors

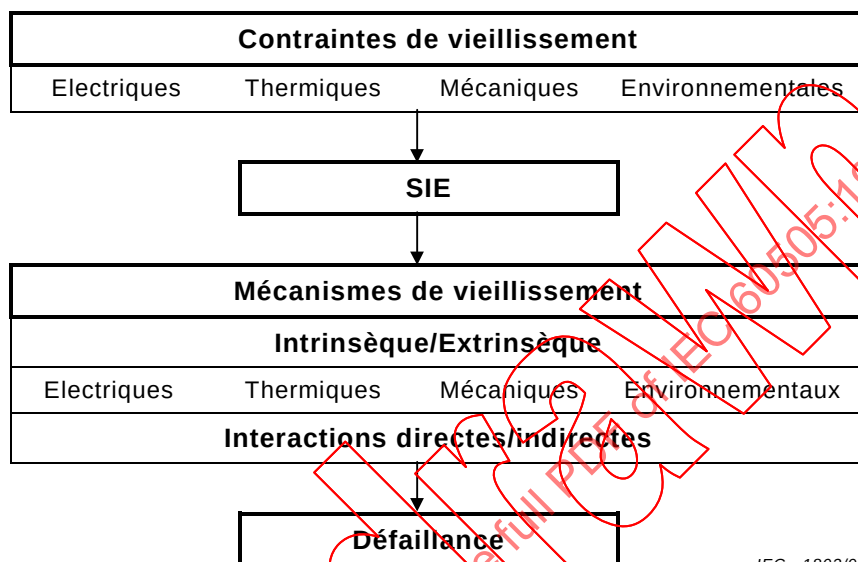
3.3.11

monitoring test

continuous application and measurement of a specified level of a diagnostic factor to a test specimen to determine ageing

4 Vieillissement – Généralités

Le vieillissement est défini comme le changement irréversible des propriétés d'un SIE en raison de l'action d'un ou de plusieurs facteurs d'influence. Les contraintes de vieillissement peuvent causer un vieillissement intrinsèque ou extrinsèque. Dans la plupart des SIE, le vieillissement extrinsèque domine parce que, en pratique, ils comprennent quelques imperfections et contaminants. Une représentation schématique du processus de base est donnée à la figure 1.



IEC 1803/99

Figure 1 – Vieillissement d'un SIE

Le type et le niveau de contamination et/ou l'importance des imperfections dans un SIE affectera de façon significative la performance en service de nombreux types de matériel électrique. En général, moins nombreux et moins sévères seront les contaminants et/ou les défauts, meilleure sera la performance du matériel. Pour éviter d'obtenir des résultats trompeurs à partir d'essais fonctionnels, il convient qu'un SIE candidat contienne, dans la mesure du possible, la gamme complète de contaminants et/ou de défauts attendus lorsque le système réel est utilisé en service.

Les facteurs de vieillissement produisent des mécanismes de vieillissement électriques, thermiques, mécaniques ou environnementaux qui finalement conduisent à la défaillance. Au cours du vieillissement, des contraintes appliquées, qui initialement ne pouvaient pas affecter le SIE, peuvent devenir des facteurs de vieillissement et, par conséquent, modifier la vitesse de dégradation.

Lorsque le vieillissement est dominé par un facteur de vieillissement, on est dans un cas de vieillissement «unifactoriel». Le vieillissement «multifactoriel» se produit lorsque plus d'un facteur de vieillissement affecte substantiellement la performance du SIE. Les facteurs de vieillissement peuvent agir en synergie, c'est-à-dire qu'il peut y avoir des interactions directes entre les contraintes. Les interactions peuvent être positives ou négatives.

Le vieillissement d'un SIE en pratique peut être complexe et la défaillance est habituellement causée par une combinaison de mécanismes de vieillissement, même s'il n'y a qu'un seul facteur de vieillissement dominant comme dans un vieillissement unifactoriel.

Lorsque l'expérience ou la connaissance existante de la manière dont un SIE spécifique peut se comporter en service est limitée, le comité d'études responsable de matériels doit décider si des procédures d'essai unifactorielles ou multifactorielles sont appropriées pour son appareillage ou son matériel spécifique.

4 Ageing – General

Ageing is defined as the irreversible changes of the properties of an EIS due to action by one or more factors of influence. Ageing stresses may cause either intrinsic or extrinsic ageing. In most EIS extrinsic ageing predominates because, in practice, they include some imperfections and contaminants. A schematic representation of the basic process is shown in Figure 1.

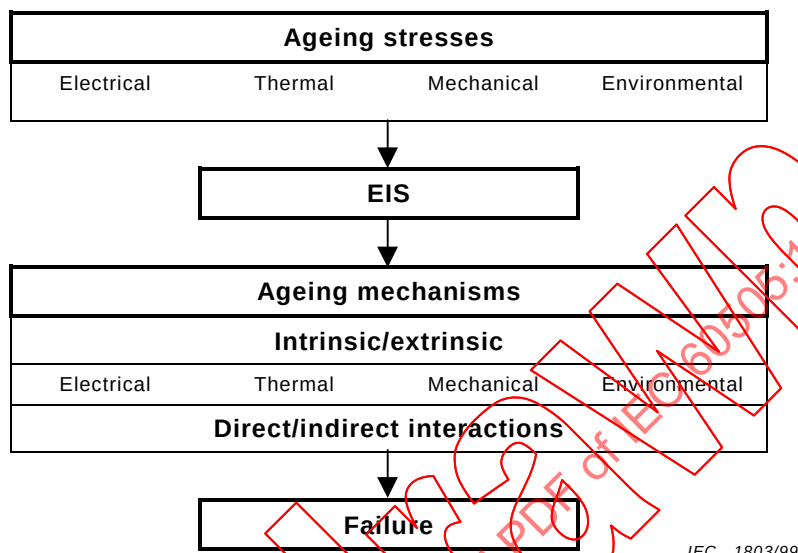


Figure 1 – Ageing of an EIS

The type and level of contamination and/or the extent of imperfections in an EIS will, in many types of electrical apparatus, significantly affect the service performance. In general, the fewer and less severe the contaminant and/or defects in the EIS, the better the performance of the equipment. To avoid obtaining misleading results from functional tests, a candidate EIS should contain, as far as practicable, the full range of contaminants and/or defects expected when the actual system is used in service.

The ageing factors produce electrical, thermal, mechanical or environmental ageing mechanisms that eventually lead to failure. During ageing, applied stresses which initially cannot affect the EIS can become ageing factors and, as a result, modify the rate of degradation.

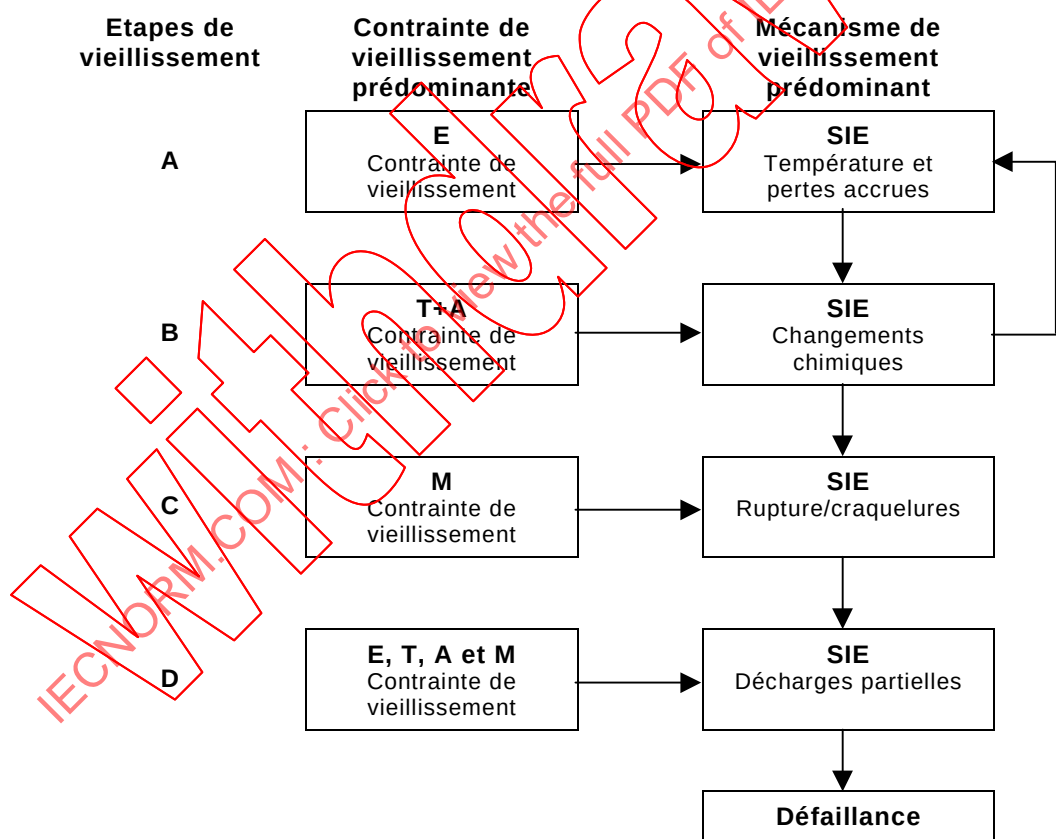
When ageing is dominated by one ageing factor, this is referred to as single-factor ageing. Multifactor ageing occurs when more than one ageing factor substantially affects the performance of the EIS. Ageing factors can act synergistically, that is, there can be direct interactions between the stresses. Interactions may be either positive or negative.

The ageing of a practical EIS can be complex and failure is usually caused by a combination of ageing mechanisms even though there can be only one dominant ageing factor as, for example, in single-factor ageing.

Where experience or existing knowledge of how a specific EIS will perform in service is limited, the Equipment Technical Committee (ETC) shall decide whether single or multifactor test procedures are appropriate for their specific equipment or apparatus.

Dans les essais fonctionnels d'évaluation, idéalement, il convient d'inclure la reproduction de tous les mécanismes qui se produisent en service. En pratique, cela est souvent difficile à réaliser car les conditions où un mécanisme particulier de vieillissement est actif ne peuvent pas être complètement connues ou comprises. Plusieurs mécanismes de vieillissement peuvent se produire simultanément ou séquentiellement.

Par exemple, supposons qu'un SIE est soumis à des contraintes électriques (E), thermiques (T), mécaniques (M) et environnementales (A), comme cela est présenté à la figure 2. Initialement, pendant l'étape A, un vieillissement électrique se produit qui cause un accroissement des pertes diélectriques et aboutit à un ou plusieurs échauffements localisés dans l'isolation. Dans ces régions à température plus élevée, les contraintes environnementales et thermiques deviennent des facteurs de vieillissement et accélèrent les changements chimiques dans l'isolation (étape B). Les changements chimiques peuvent alors agir en augmentant ou diminuant la vitesse de vieillissement totale; un schéma est présenté à la figure 3. Lorsque les propriétés mécaniques de l'isolation affectée sont détériorées jusqu'à des niveaux critiques qui dépendent des contraintes mécaniques, des craquelures locales sont amorcées (étape C). Par la suite, quand ces craquelures atteindront une taille critique, des décharges partielles se produiront et finalement aboutiront à une défaillance complète (étape D). De cette façon, le vieillissement, montré à la figure 3, n'est pas linéaire dans le temps.

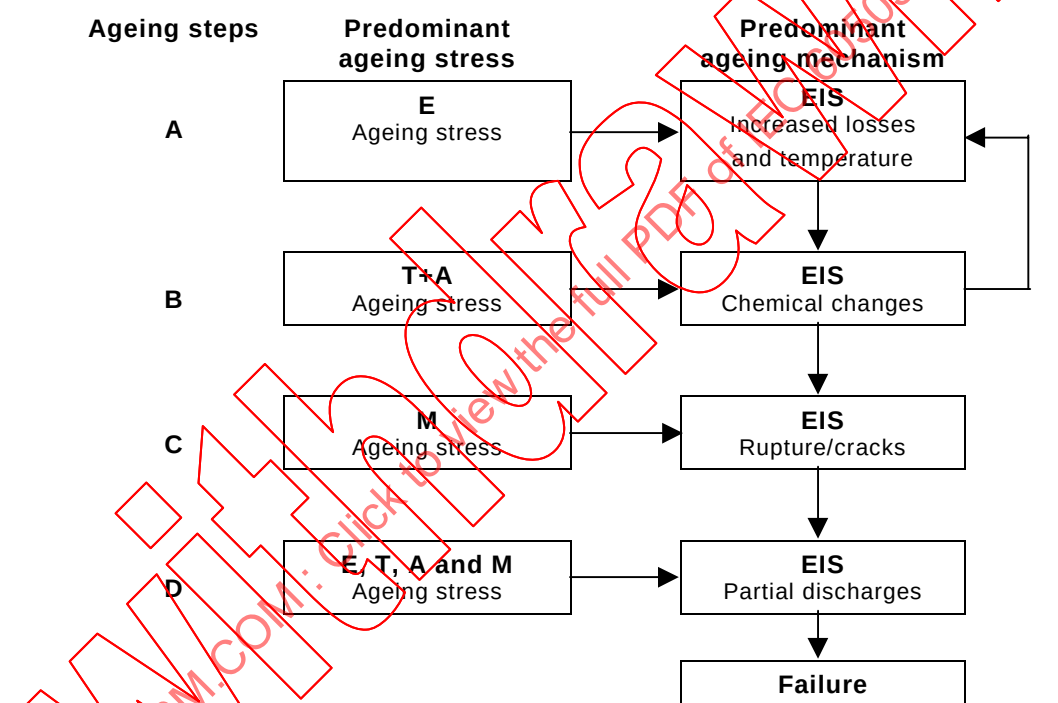


IEC 1804/99

Figure 2 – Exemple de mécanismes de vieillissement possibles en fonction du temps

In functional evaluation tests, ideally duplication of all the ageing mechanisms that occur in service should be included. In practice, this is often difficult to achieve, as the conditions when a particular ageing mechanism is operative cannot be completely known or understood. Several ageing mechanisms may occur either simultaneously or in sequence.

For example, assume that an EIS is subjected to electrical (E), thermal (T), mechanical (M) and environmental (A) stresses as shown in Figure 2. Initially, during step A, electrical ageing occurs which causes an increase in the dielectric losses and results in one or more localized temperature increases in the insulation. In these higher temperature regions, environmental and thermal stresses become ageing factors and accelerate chemical changes in the insulation (step B). The chemical changes can then act to increase or decrease the total ageing rate; an example is shown in Figure 3. When the mechanical properties of the affected insulation have deteriorated to critical levels that depend on the mechanical stresses, local cracks are initiated (step C). Subsequently, when these cracks reach a critical size, partial discharges will occur and eventually lead to complete failure (step D). Thus the ageing, shown in Figure 3, is not linear with time.



IEC 1804/99

Figure 2 – Example of possible ageing mechanisms as a function of time

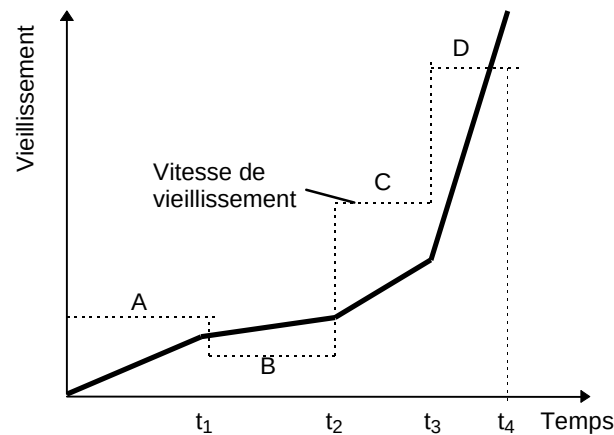
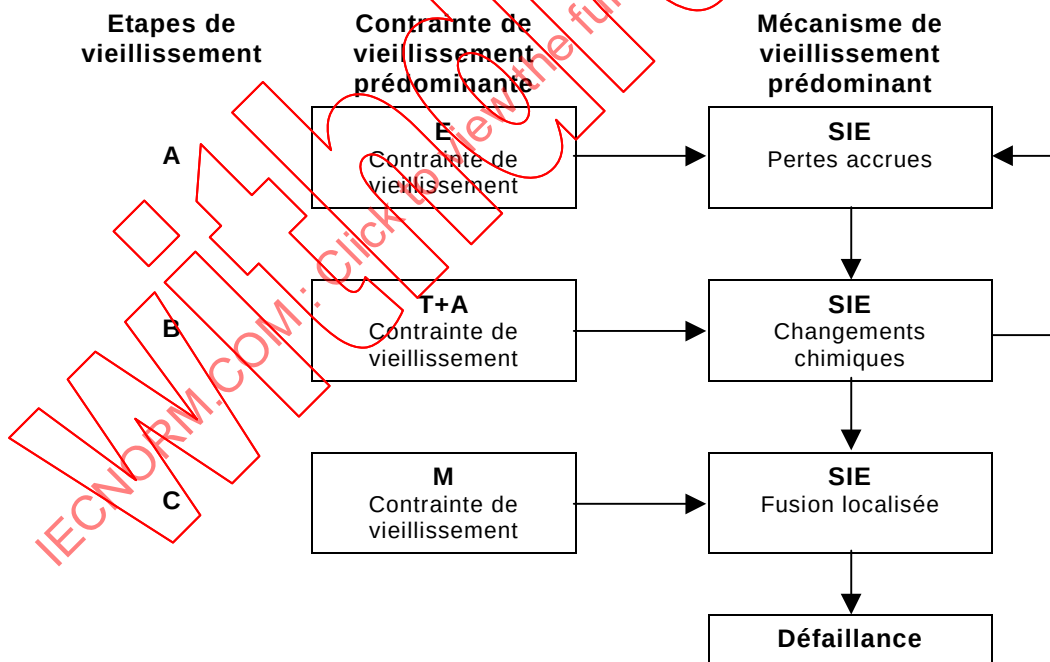


Figure 3 – Vieillissement en fonction du temps pour la figure 2

En variante, comme cela est présenté à la figure 4, les changements chimiques dans l'étape B peuvent, en plus, augmenter les pertes diélectriques et aboutir à une augmentation rapide de température, menant à une fusion localisée. Par voie de conséquence, durant l'étape C, la perte de solidité mécanique est suffisante pour causer une défaillance. La caractéristique vieillissement/temps est montrée à la figure 5.



IEC 1806/99

Figure 4 – Exemple de mécanismes de vieillissement possibles en fonction du temps

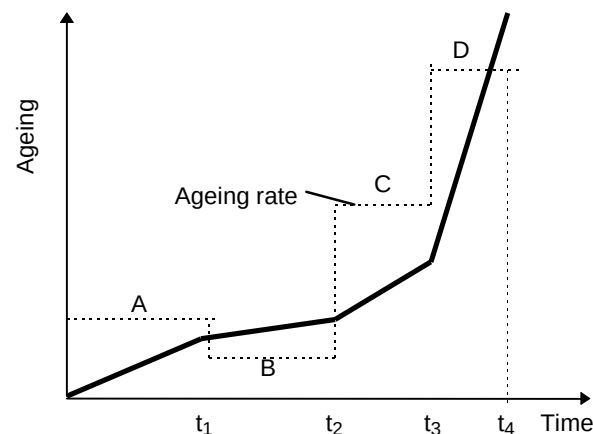


Figure 3 – Ageing as a function of time for Figure 2

Alternatively, as shown in Figure 4, the chemical changes in step B can further increase the dielectric losses and result in a rapid increase in temperature, leading to localized melting. As a consequence, during step C, the loss of mechanical strength is sufficient to cause failure. The ageing/time characteristic is shown in Figure 5.

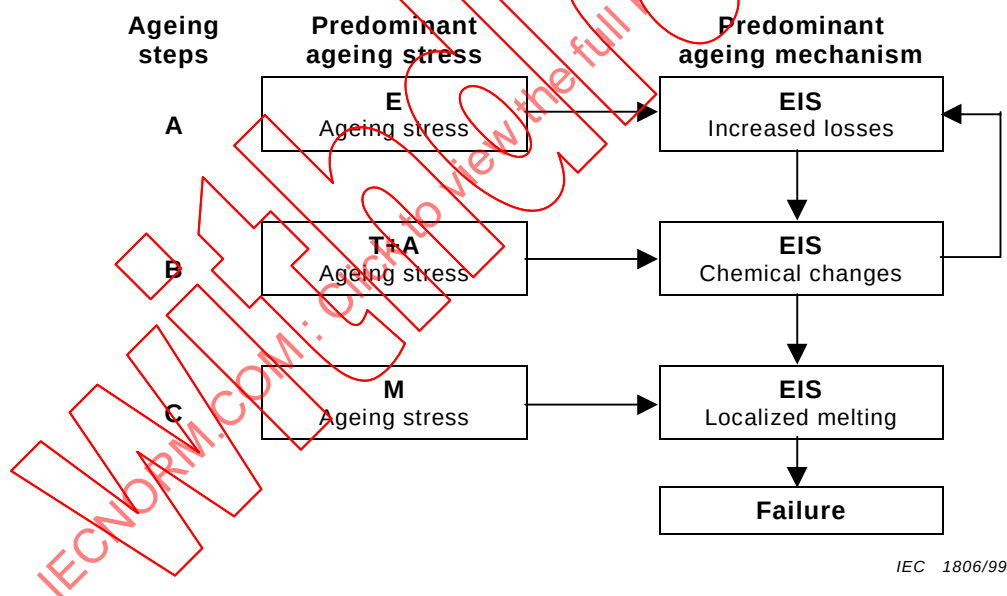


Figure 4 – Example of possible ageing mechanisms as a function of time

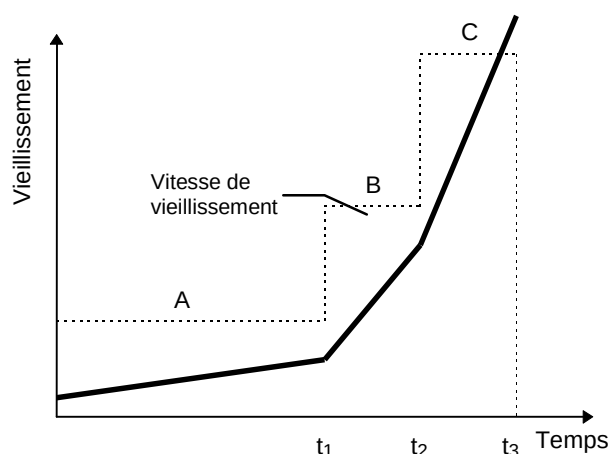


Figure 5 – Vieillessement en fonction du temps pour la figure 4

Ces deux exemples de vieillissement multifactoriel sont difficiles à reproduire exactement dans des essais fonctionnels.

Les conditions d'essai choisies ne reproduisent pas toujours la durée des phases dans les mêmes proportions et, dans des cas extrêmes, peuvent introduire d'autres modes de défaillance qui ne sont pas observés normalement dans les conditions de fonctionnement. Cela peut aboutir à des erreurs significatives dans la prédiction de la durée de vie en service d'un SIE à partir d'essais fonctionnels.

5 Préparation des méthodes d'évaluation

5.1 Éléments pour préparer une méthode d'évaluation

La préparation de méthodes pour l'évaluation d'un SIE demande un examen soigneux de la méthodologie (voir figure 6).

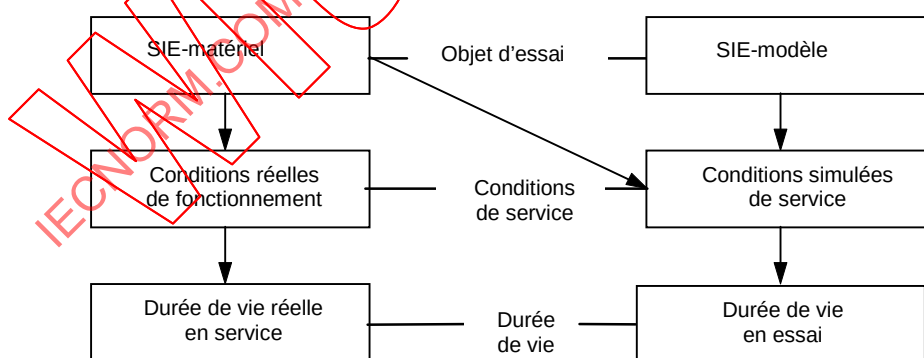


Figure 6 – Méthodologie des méthodes d'évaluation

5.1.1 Objet

Le SIE objet est disponible comme composant ou comme partie ou modèle du matériel électrique original. En général, il sera intéressant d'obtenir un maximum d'informations techniques sur le SIE, puisque cela peut être nécessaire si des SIE modèles doivent être fabriqués.

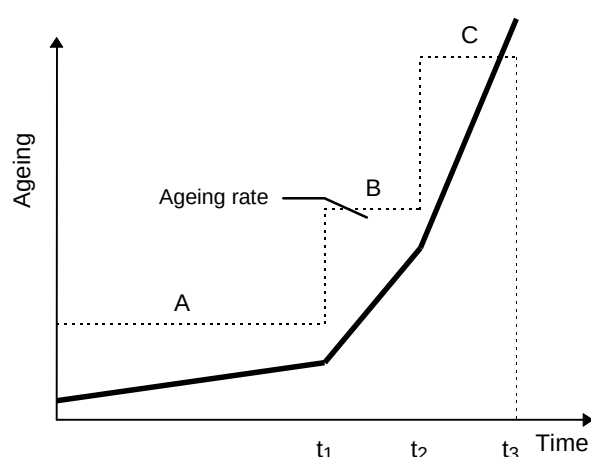


Figure 5 – Ageing as a function of time for Figure 4

These two examples of multifactor ageing are difficult to duplicate in functional tests.

The choice of test conditions does not always produce the duration of the phases in the same proportions and, in extreme cases, can introduce other modes of failure not normally observed under operating conditions. This can result in significant errors when predicting the service life of an EIS from functional tests.

5 Preparation of evaluation methods

5.1 Elements for preparing an evaluation method

The preparation of methods for EIS evaluation requires careful consideration of the methodical elements (see figure 6):

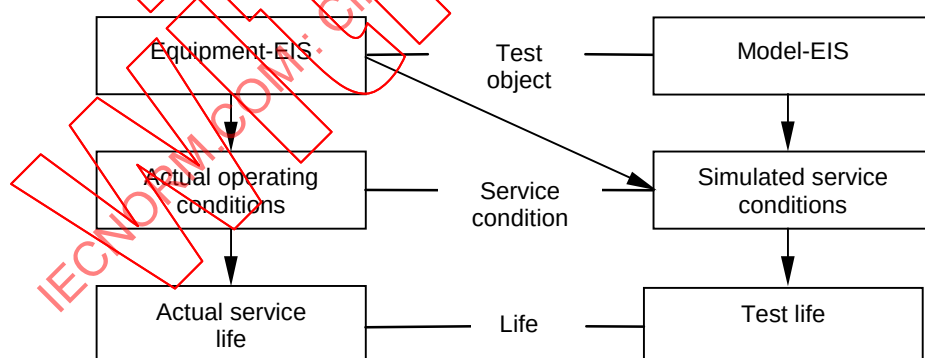


Figure 6 – Method elements of evaluation methods

5.1.1 Object

The EIS object is available as a component of the original electrical equipment or as part or model thereof. Generally, a maximum of technical information about the EIS will be advantageous, as such information may be necessary if EIS models are to be built.

5.1.2 Conditions de service

Il convient de connaître les conditions de service du matériel électrique dont le SIE est une partie; celles-ci peuvent être disponibles à partir des informations suivantes:

- a) les valeurs fixées des contraintes lorsqu'un matériel et/ou un SIE nouveaux sont conçus pour des conditions spéciales de service, y compris environnement et charge;
- b) les données de service lorsqu'un SIE éprouvé en service doit être évalué. Les niveaux de contrainte peuvent alors être définies par des intervalles de contrainte ou par des limites de contrainte maximale enregistrées, liées aux valeurs de charge, indiquant la relation temps/contrainte;
- c) les conditions connues de service d'un système de référence qui a déjà été qualifié sur la base de données de service et auquel un SIE candidat sera comparé grâce à des essais fonctionnels parallèles dans des conditions de service comparables et même égales.

NOTE Les essais accélérés exigent la vérification de mécanismes de vieillissement identiques ou équivalents aux mécanismes dans les conditions de fonctionnement en service.

5.1.3 Valeurs de durée de vie

Les valeurs de durée de vie sont liées au SIE et aux conditions de service. Elles sont le but principal de l'évaluation. Elles doivent être disponibles sous la forme de l'une des variantes suivantes:

- a) temps jusqu'à défaillance du SIE en service (fin de vie);
- b) durée de vie sans défaillance;
- c) durée de vie en essai fonctionnel d'un SIE jusqu'au critère de point limite avec ou sans essai accéléré.

NOTE La connaissance du taux de défaillance d'un système quelconque est fondamentale pour conclure à la fiabilité d'un système.

5.2 Validité de méthodes d'évaluation existantes

Un CEM peut évaluer des méthodes d'essai existantes et fournir une corrélation avec son matériel conformément à 5.1. Lorsque cela est fait, le CEM a la responsabilité de démontrer la validité de la méthode d'essai existante en regard des principes de la présente norme.

6 Méthodes d'évaluation fonctionnelle pour qualifier un SIE

6.1 Considérations générales

Le processus de spécification d'une méthode d'évaluation fonctionnelle doit tenir compte des données techniques et des données liées au service du SIE ainsi que des mécanismes de vieillissement déterminant la durée de vie. Une facilité d'utilisation est attendue par les utilisateurs et il convient que le processus spécifié soit aussi simple que possible sans négliger les prescriptions essentielles. Des considérations économiques demandent des moyens rentables pour résoudre la tâche de l'évaluation d'un SIE dans des cas spéciaux. Par exemple, l'évaluation à l'aide de critères simplifiés d'un SIE éprouvé en service auquel des changements mineurs ont été apportés. Les paragraphes suivants décrivent les étapes du processus de spécification de la méthode d'évaluation.

6.2 Types de procédures d'évaluation

En fonction de l'origine des données nécessaires pour l'évaluation d'un SIE candidat, on distingue trois types de procédures (voir figure 7).

5.1.2 Service conditions

Service conditions of the electrical equipment of which the EIS forms a part should be known, and may be available from:

- a) the designated stress figures when new equipment and/or an EIS are designed for special service conditions, including environment and duty;
- b) service records when a service-proven EIS has to be evaluated; stress levels may then be defined by stress intervals or by reported maximum stress limits related to duty figures indicating the stress-time relation;
- c) the known service conditions of a reference system that has already been qualified on the basis of service records and to which a candidate EIS will be compared to by parallel functional testing under comparable or even equal service conditions.

NOTE Accelerated testing requires verification of identical or equivalent ageing mechanisms compared to the mechanisms under operating service conditions.

5.1.3 Life values

Life values are related to EIS and service conditions. They are the main target of the evaluation. They shall be available as one of the following variants:

- a) EIS service time to failure (end-of-life);
- b) service life without failure;
- c) functional test life of EIS to end-point criterion with or without test acceleration.

NOTE The knowledge of the failure rate of any system is fundamental for system-reliability inference.

5.2 Validity of existing evaluation methods

An ETC may evaluate existing test methods and provide correlation with their equipment according to 5.1. When this is done, the ETC is responsible for demonstrating the validity of the existing test method against the principles of this standard.

6 Functional evaluation methods to qualify EIS

6.1 General considerations

The process of specifying a functional evaluation method has to take into account the technical and service related inputs of the EIS and of the life-determining ageing mechanisms. Practicability is expected by users, and the specified process should be as simple as possible without neglecting essential requirements. Economic considerations demand cost-effective means to solve the task of EIS evaluation for special cases, for instance the evaluation of a service-proven EIS after minor changes by special simplified criteria. The following subclauses describe the process steps of specifying the evaluation method.

6.2 Types of evaluation procedures

Depending on what source supplies the necessary data for the evaluation of a candidate EIS, three types of procedure are distinguished (see Figure 7).

6.2.1 Evaluation en fonction des données de l'expérience en service

Les données de service sur les conditions de service, la durée de service sans ou jusqu'à défaillance, les résultats de maintenance, etc. sont utilisés de préférence pour l'évaluation.

La liste de contrôle A.1 est un formulaire pour le rassemblement des données en service. Suivant le type spécial de matériel et de SIE, la liste peut être augmentée ou réduite.

Les données de service peuvent souligner différents points de vue, suivant les auteurs qui peuvent représenter le constructeur ou l'utilisateur du matériel, les organismes d'essai, les compagnies d'assurance ou autres.

Il convient que les données d'expérience en service incluent toutes les conditions de service appropriées auxquelles le SIE est exposé. Pour un traitement quantitatif, les données doivent être limitées à des systèmes très semblables.

La présentation de données numériques précises ne sera pas toujours possible en pratique. Dans de tels cas, il convient d'utiliser toute information disponible sur l'expérience en service qui fournisse une estimation exacte de ses aspects appropriés compte tenu de la limitation de l'information.

Qualifié sur la base de données en service, un SIE peut alors servir de SIE de référence pour des essais fonctionnels comparatifs.

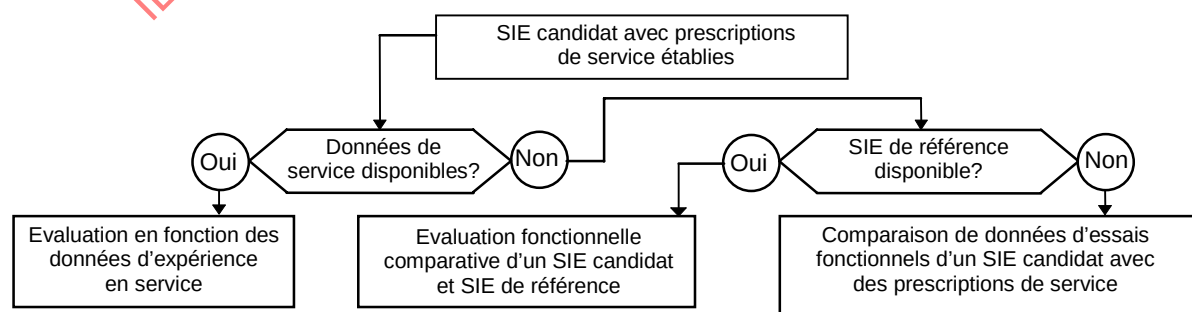
6.2.2 Evaluation fonctionnelle comparative d'un SIE candidat et d'un SIE de référence

Cette approche est préférée si un SIE de référence est déjà qualifié par une évaluation fonctionnelle sur la base de l'expérience en service ou d'essais fonctionnels. Le SIE candidat et le SIE de référence sont soumis à un traitement de vieillissement identique ou correspondant et leur condition contrôlée par des essais de diagnostic équivalents.

6.2.3 Comparaison de données d'essais fonctionnels d'un SIE candidat avec des prescriptions de service

Sans SIE de référence et sans expérience en service, le SIE candidat est soumis à des essais qui vérifient la conformité avec un ensemble bien défini de prescriptions de service.

Cette approche peut être utilisée dans le cas de nouvelles applications de SIE (nouveau SIE, nouveau matériel, nouvelles conditions de fonctionnement). Il convient que l'essai fonctionnel satisfasse aux prescriptions de service stipulées et puisse prouver l'aptitude du SIE à répondre à la durée de vie prescrite. (Voir la CEI 61356.)



IEC 1809/99

Figure 7 – Type de procédure d'évaluation

6.2.1 Evaluation by service experience data

Service records about service conditions, service time without or until failure, results of maintenance, etc., are preferably used for evaluation.

Checklist A.1 is a form for collection of service data. Depending on the special type of equipment and EIS, the list may be supplemented or reduced.

Service records can emphasize different points of view, depending on the authors representing the manufacturer or the user of the equipment, testing organizations, insurance companies or others.

Service experience data should include all relevant service conditions to which the EIS is exposed. For quantitative treatment, data shall be restricted to very similar systems.

Presentation of precise numerical data will not always be possible in practice. In such cases, all available information about service experience which provides a true assessment of its relevant aspects should be used, considering the limitation of information.

Qualified on the basis of service records, an EIS may then serve as a reference EIS for comparative functional tests.

6.2.2 Comparative functional evaluation of candidate and reference EIS

This approach is preferred if a reference EIS is already qualified by functional evaluation on the basis of service experience or functional tests. The candidate and the reference EIS are submitted to identical or corresponding ageing treatment and their condition monitored by equivalent diagnostic tests.

6.2.3 Comparison of functional test data of a candidate EIS with service requirements

Without a reference EIS and without service experience, the candidate EIS is subjected to tests that verify its compliance with a well-defined set of service requirements.

This approach may be used in case of new EIS applications (new EIS, new equipment, new operating conditions). The functional test should meet the stipulated service requirements and be able to prove the ability of the EIS to meet the required life. (See IEC 61356.)

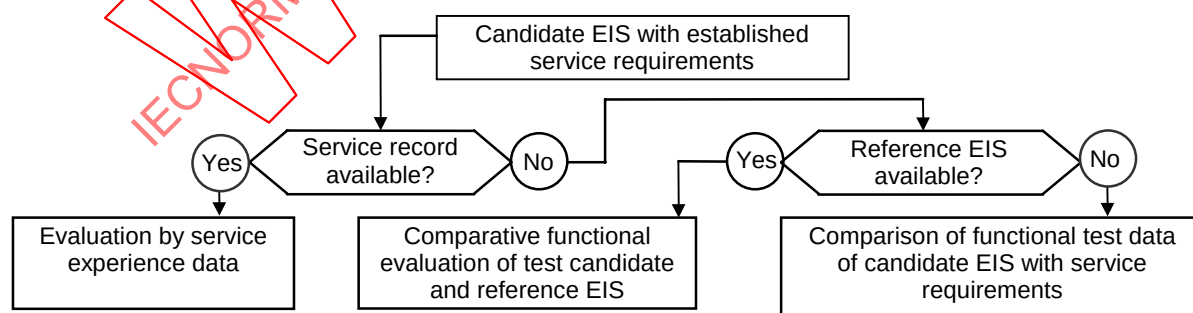


Figure 7 – Type of evaluation procedure

6.3 Considérations pratiques

6.3.1 Choix de l'objet d'essai

Le choix de l'objet d'essai peut influencer les résultats de l'essai et influencera aussi le coût de l'évaluation fonctionnelle. L'organigramme de la figure 8 montre les critères pour le choix.

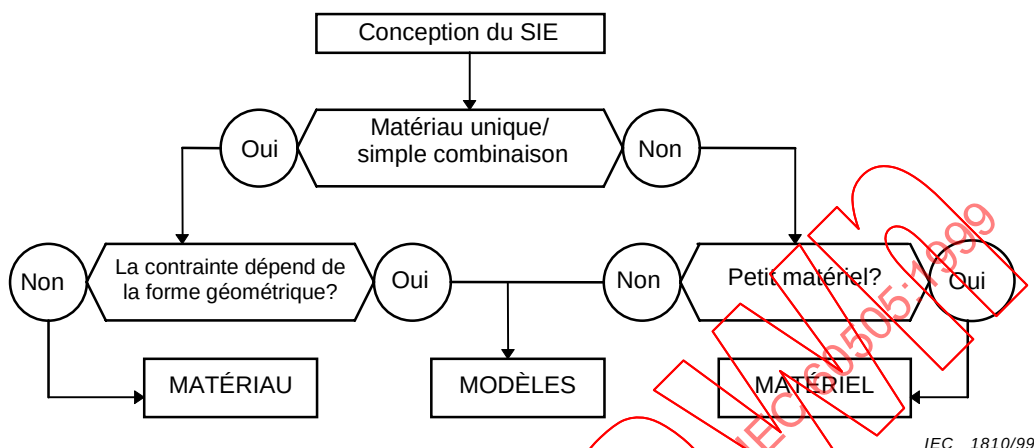


Figure 8 – Choix de l'objet d'essai

Suivant la taille de l'objet et d'autres considérations pratiques, on utilisera un essai fonctionnel sur matériel ou sur modèles. Si un «simple» SIE contient un matériau IE unique ou une simple combinaison de matériaux, et si la distribution de contraintes est indépendante de la forme ou de la taille de la partie isolante, la durée de vie du SIE peut être déduite au moyen d'essais d'endurance appropriés sur MIE. Il convient que le CEM statue sur les cas où de telles procédures simplifiées sont appropriées.

La liste de contrôle A.2, rassemble les caractéristiques du SIE.

6.3.2 Procédures expérimentales d'essai

Dans les essais fonctionnels – avec ou sans SIE de référence – les objets d'essai sont soumis à des programmes spécifiés de contraintes de vieillissement, habituellement en cycles de contraintes, destinés à représenter le vieillissement en service. Des procédures de diagnostic sont appliquées périodiquement pour établir la progression du vieillissement. La complexité de l'essai détermine l'effort et le coût nécessaires pour l'essai. L'organigramme de la figure 9 conduit à trois types différents d'essai, avec des efforts croissants de la gauche vers la droite. Les critères sont le nombre de facteurs de vieillissement, l'objet d'essai et les interactions possibles entre facteurs d'influence.

6.3 Practical considerations

6.3.1 Choice of the test object

The choice of the test object can influence the test results and will also influence the cost of functional evaluation. The flow chart of Figure 8 demonstrates the criteria for the choice.

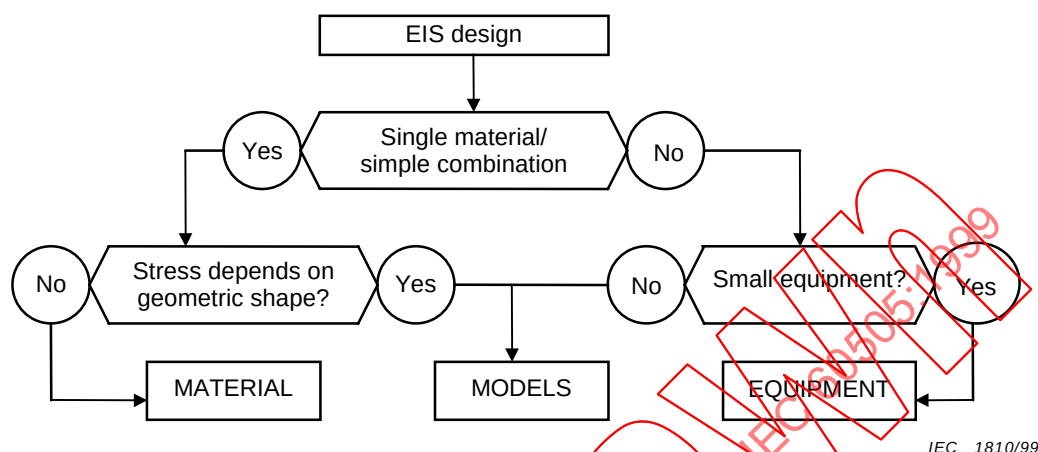


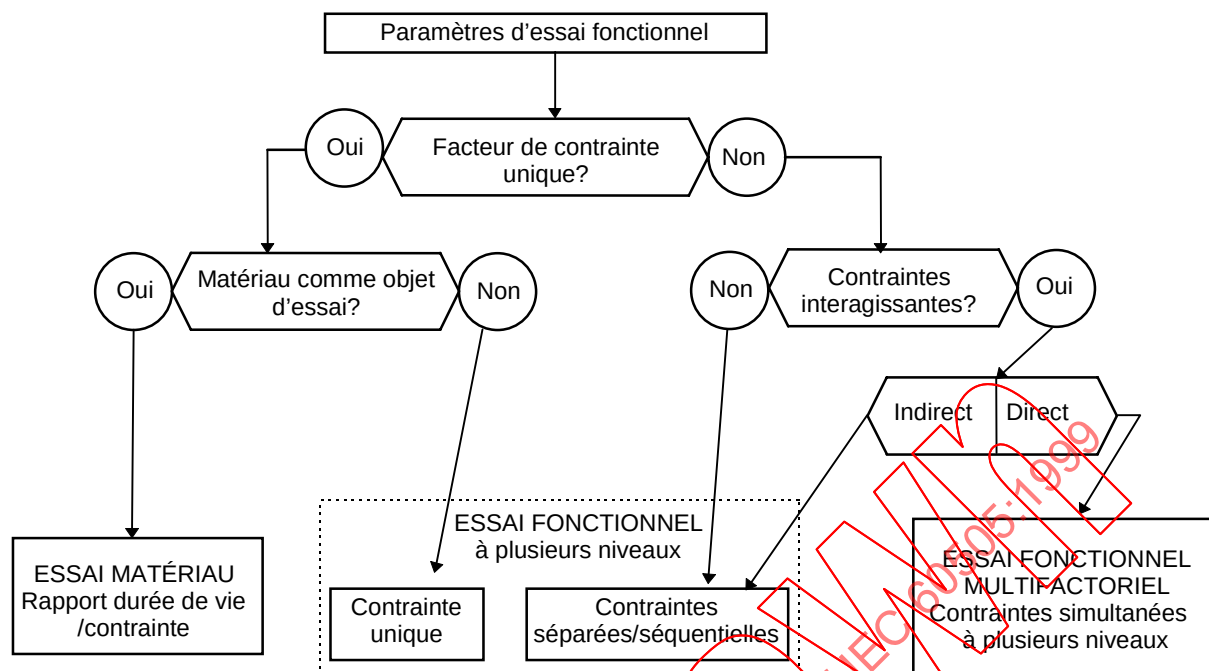
Figure 8 – Selection of test object

Depending on the size of the object and other practical considerations, a functional test on equipment or models will be used. If a "simple" EIS contains a single EIM or a simple combination of materials, and the stress distribution is independent of the insulating part's shape or size, the EIS life may be derived by means of appropriate EIM endurance tests. The ETC should decide when such simplified procedures are appropriate.

Checklist A.2 collects technical characteristics of EIS.

6.3.2 Experimental test procedures

In functional testing – with or without a reference EIS – the test objects are submitted to specified ageing stress schedules, usually in stress cycles, to represent service ageing. Diagnostic procedures are periodically applied to establish its progress. The complexity of the test determines the required test effort and cost. The flow diagram of Figure 9 points to three different types of tests, with increasing effort from left to right. The criteria are the number of ageing factors, the test object and possible interactions between factors of influence.



IEC 1811/99

Figure 9 – Etablissement de la méthode d'essai

La liste de contrôle A.1, est utilisée pour collecter les données appropriées sur les conditions de service réelles ou requises du SIE en question. Ces données seront prises en compte pour une simulation optimale des conditions de service durant les essais fonctionnels. Ce formulaire rend commode la comparaison des prescriptions de service par rapport à l'expérience.

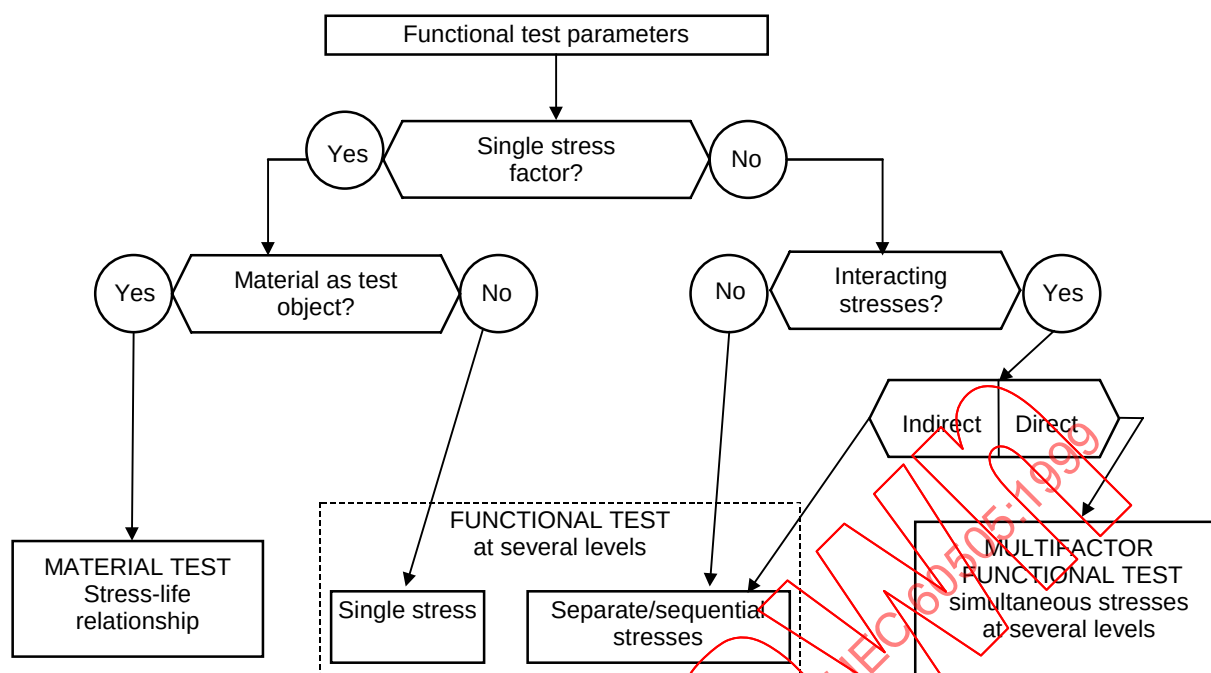
6.3.3 Conclusions pour l'exercice de la normalisation

Les figures 7, 8 et 9 aideront le CEM à décider des cas à prendre en compte avant de commencer le développement de normes pour l'évaluation d'un SIE.

Les cas possibles sont les suivants:

- des données d'expérience en service sont disponibles pour une évaluation directe; ce cas requiert la formulation de règles spéciales sur l'information nécessaire et la manière de l'analyser,
- un essai simplifié de durée de vie sur le matériau d'isolation; peut être utilisé lorsque des procédures existantes d'essai de matériau sont disponibles pour le SIE candidat;
- des essais fonctionnels comparatifs utilisant un modèle ou une partie du matériel comme objet d'essai; requièrent l'analyse des mécanismes de vieillissement dans des conditions de service simulées afin de décider du type approprié de l'essai.

En principe, les essais fonctionnels comparatifs sont possibles sans connaissance détaillée des mécanismes de vieillissement. L'essentiel pour les essais fonctionnels est de connaître les contraintes agissant en service, de les simuler correctement et de maintenir l'équivalence des effets de vieillissement.



IEC 1811/99

Figure 9 – Establishing the test method

Checklist A.1 is used for collection of relevant data about actual or required service conditions of the EIS in question. These data will be considered for optimal simulation of service conditions during functional tests. This form makes it convenient to compare service requirements versus experience.

6.3.3 Conclusions for standardization practices

Figures 7, 8 and 9, will help the ETC to decide about the cases to be considered before starting development of standards for EIS evaluation.

Possible cases are:

- service experience data are available for direct evaluation; this case requires the formulation of special rules about the necessary information and how to analyse it;
- a simplified life test on an insulation material; may be used when existing material test procedures are available for the candidate EIS;
- comparative functional testing using a model or part of the equipment as the test object; requires analysis of the ageing mechanisms under simulated service conditions in order to decide on the appropriate type of test.

In principle, comparative functional testing is possible without detailed knowledge of the ageing mechanisms. The essentials of functional testing are knowledge of the acting service stresses, their correct simulation and maintenance of the equivalence of the ageing effects.

7 Essais fonctionnels de vieillissement

7.1 Objets d'essai

7.1.1 Construction des objets d'essai

Les objets d'essai doivent être des unités complètes incorporant le SIE ou être construits pour représenter convenablement la configuration du composant fini à évaluer. Tous les objets doivent être soumis, dans la mesure du possible, aux processus de fabrication complets normaux ou attendus. Lorsque les composants qui utilisent le SIE candidat ont, en service, des fixations mécaniques qui sont censées influencer les processus de vieillissement, celles-ci doivent être simulées sur l'objet d'essai. Les objets d'essai doivent être conçus pour résister aux contraintes qui peuvent être appliquées à la fois pendant le vieillissement et pendant les sous-cycles de diagnostic.

Les objets d'essai qui comprennent plusieurs parties composantes conductrices internes, avec une contrainte électrique appliquée entre elles, soit pendant le vieillissement soit pendant le sous-cycle de diagnostic, doivent être conçus et construits pour permettre la vérification de l'effet de vieillissement.

7.1.2 Nombre d'objets d'essai

Lorsque cela est applicable, un minimum de cinq objets d'essai doivent être vieillis pour chacune des combinaisons de contraintes électriques, thermiques, mécaniques, environnementales ou multifactorielles comprises dans le programme d'évaluation.

NOTE Cinq échantillons au minimum sont nécessaires pour donner des résultats statistiquement valides et atteindre le critère de point limite.

7.1.3 Essais d'assurance de qualité

Avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement, une inspection visuelle et tous les essais normaux d'assurance de qualité de produit doivent être effectués sur tous les objets d'essai.

7.1.4 Sous-cycle de préconditionnement

Si cela est approprié, il convient que les objets d'essai soient préconditionnés pour mieux représenter la condition du SIE en service.

7.1.5 Essais initiaux de diagnostic

Chaque objet d'essai doit être soumis aux essais de diagnostic choisis pour la procédure d'évaluation avant de commencer le premier sous-cycle de vieillissement.

7.1.6 Système d'isolation de référence

Un SIE de référence doit être essayé en utilisant la même procédure d'essai que celle pour le SIE candidat, dans le même laboratoire, avec le même type de matériel d'essai. La performance du SIE de référence doit avoir été établie soit par expérience en service dans des conditions typiques de fonctionnement soit par des essais fonctionnels appropriés dans la gamme des conditions de fonctionnement de référence.

7 Functional ageing tests

7.1 Test objects

7.1.1 Construction of test objects

Test objects shall be either complete units that incorporate the EIS or shall be constructed to adequately represent the configuration of the finished component to be evaluated. All objects shall be subjected to the full normal or intended manufacturing processes as far as is practicable. Where components that will use the candidate EIS have mechanical attachments in service that are considered to influence the ageing processes, these shall be simulated on the test object. Test objects shall be designed to withstand the levels of stresses that can be applied during both the ageing and the diagnostic subcycles.

Test objects that include several internal conducting component parts that will have electric stress applied between them, either during the ageing or the diagnostic subcycle, shall be designed and constructed to enable verification of the ageing effect.

7.1.2 Number of test objects

Where feasible, a minimum of five test objects shall be aged for each of the electrical, thermal, mechanical, environmental or multifactor stress combinations included in the evaluation programme.

NOTE For statistically viable results, a minimum number of five samples is required to reach the end-point criterion.

7.1.3 Quality assurance tests

Before starting the first ageing subcycle, a visual inspection and all normal product quality assurance tests shall be carried out on all test objects.

7.1.4 Preconditioning subcycle

If appropriate, test objects should be preconditioned to represent better the condition of the EIS in service.

7.1.5 Initial diagnostic tests

Each test object shall be subjected to the diagnostic tests selected for the evaluation procedure before starting the first ageing subcycle.

7.1.6 Reference insulation system

A reference EIS shall be tested using the same test procedure as that used for the candidate EIS, in the same laboratory, using the same type of test equipment. The performance of the reference EIS shall have been established either by service experience under typical operating conditions or by appropriate functional testing in the range of the reference operating conditions.

7.2 Conditions d'essai

7.2.1 Essais continus et cycliques

Les essais fonctionnels peuvent être effectués sous forme d'essai continu de vieillissement si le critère de point limite est donné par un temps jusqu'à défaillance ou claquage électrique ou mécanique, soit à un niveau de contrainte de vieillissement soit causé par une contrainte de diagnostic appliquée de façon continue. Sinon, un essai à temps fixe suivi par un essai de claquage ou tout autre essai de diagnostic peut être approprié.

Plus universellement applicables sont les essais cycliques de durée de vie composés d'une séquence répétée de différents sous-cycles de vieillissement et de diagnostic. Cette séquence d'essais fonctionnels permet l'application d'essais de vieillissement unifactoriels ou multifactoriels avec un minimum d'interférences involontaires entre différents facteurs et mécanismes de vieillissement.

7.2.2 Niveaux de contraintes d'essai, facteurs de vieillissement et facteurs de diagnostic

Les conditions de contrainte d'essai doivent prendre en compte les conditions les plus sévères de contrainte globale expérimentées en service pour lesquelles le SIE est conçu. Ces conditions ne se produisent pas nécessairement aux valeurs maximales des contraintes individuelles. Les conditions de fonctionnement de référence doivent être clairement définies pour la procédure d'évaluation et les niveaux et types de facteurs de diagnostic doivent être appropriés à ces conditions de fonctionnement de référence.

Les niveaux de contrainte pour les sous-cycles de vieillissement doivent être choisis de telle façon que les mécanismes de vieillissement ne soient pas significativement différents de ceux expérimentés en service normal. L'accélération du niveau de contrainte peut être permise lorsqu'elle ne change pas significativement le mécanisme de vieillissement.

Les essais de vieillissement multifactoriels sont préférables parce qu'ils simulent au mieux le service normal. Lorsque cette procédure n'est pas adoptée, il convient d'utiliser soit un sous-cycle séquentiel soit un programme de sous-cycles à contrainte unique.

A la suite des sous-cycles de vieillissement, un sous-cycle de conditionnement et un sous-cycle de diagnostic doivent être effectués, si nécessaire. La défaillance de toute partie de l'éprouvette pendant un essai de diagnostic constitue une défaillance du système entier et doit être noté comme tel. La contrainte électrique doit être utilisée comme principal facteur de diagnostic pour confirmer la condition des objets d'essai vieillis. Sur le matériel à basse tension il est souvent nécessaire d'inclure une procédure de prédiagnostic pour s'assurer que la contrainte électrique, utilisée comme facteur de diagnostic, sert à détecter une faiblesse développée pendant le cycle de vieillissement.

7.3 Détermination de la durée de vie en service du SIE

La durée de vie en service du SIE déterminée à partir d'essais fonctionnels simulant les conditions de service représente la durée de vie estimée en service. Pour accélérer le processus de vieillissement, dans le but de réduire la durée d'essai, les contraintes d'essai sont appliquées à des niveaux élevés.

7.3.1 Extrapolation de la durée de vie en essai

Des résultats obtenus d'essais formulés convenablement et effectués à un minimum de trois niveaux élevés de contrainte peuvent permettre une extrapolation de la fonction durée de vie/contrainte dans la gamme des contraintes envisagées en service. Pour une extrapolation optimale, il convient que les coordonnées du diagramme de la fonction durée de vie/contrainte soient choisies, si possible, de façon à former un diagramme linéaire durée de vie/contrainte. Il convient que le degré d'extrapolation ne dépasse pas deux ordres de grandeur sur l'échelle du temps de la courbe log temps.

7.2 Test conditions

7.2.1 Continuous and cycling testing

Functional tests may be performed as a continuous ageing test if the end-point criterion is given by time to electrical or mechanical failure or breakdown either at ageing stress level or caused by a continuously applied diagnostic stress. Alternatively, a fixed time test followed by either a breakdown or other diagnostic test can be appropriate.

More universally applicable are cyclic life tests composed of a repeated sequence of different ageing and diagnostic subcycles. This sequence of functional tests permits the application of either single or multifactor ageing tests with a minimum of unintended interference between different ageing factors and mechanisms.

7.2.2 Levels of test stresses, ageing factors and diagnostic factors

Test stress conditions shall consider the most severe overall stress conditions experienced in service for which the EIS is designed. These conditions need not occur necessarily at the maximum values of the individual stresses. The reference operating conditions shall be clearly defined for the evaluation procedure and the levels and types of diagnostic factors shall be pertinent to these reference operating conditions.

Stress levels for the ageing subcycles shall be selected so that the mechanisms of ageing are not significantly different from those experienced in normal service. Acceleration of the stress level may be permissible when it does not significantly change the ageing mechanism.

Multifactor ageing tests are preferred as they best simulate normal service. When this procedure is not adopted, then either a sequential subcycle or a programme of single stress subcycles should be used.

Following the ageing subcycles, a conditioning subcycle and a diagnostic subcycle shall be performed where necessary. Failure of any part of the test specimen during a diagnostic test constitutes failure of the whole system and shall be reported as such. Electric stress shall be used as the main diagnostic factor in confirming the condition of the aged test objects. On low voltage equipment it is often necessary to include a pre-diagnostic procedure to ensure that the electric stress used as the diagnostic factor helps to detect weaknesses developed during the ageing cycle.

7.3 Determination of EIS service life

The life of an EIS determined from functional tests simulating service conditions represents estimated EIS service life. To accelerate the ageing process in order to reduce test time, test stresses are applied at elevated levels.

7.3.1 Extrapolation of life test results

Results from properly formulated testing performed at a minimum of three elevated stress levels may allow extrapolation of the stress-life-function into the range of the intended service stresses. For optimal extrapolation the co-ordinates of the graphical diagram of the stress-life-function should be selected, whenever possible, such that a linear stress-life-diagram is achieved. The degree of extrapolation should not exceed two orders of magnitude on the time scale of the log time plot.

Pour le vieillissement électrique et le vieillissement thermique, des lois de durée de vie formulées mathématiquement sont présentées en 8.3.1 et 8.3.2.

7.3.2 Comparaison des données de durée de vie

Les essais de comparaison d'un SIE candidat et d'un SIE de référence requièrent pour leur validité que les deux systèmes soient essayés conformément à 7.3.1. En comparant ces résultats, le SIE candidat peut être considéré comme variante acceptable si la durée de vie obtenue, à des niveaux de contrainte spécifiques, n'est pas inférieure, de façon significative, à celle obtenue pour le SIE de référence.

Cela justifiera alors la déclaration: «La durée de vie en service du SIE candidat est censée être égale ou supérieure à la durée de vie vérifiée en service du SIE de référence dans les conditions spécifiées».

8 Vieillissement

8.1 Généralités

Avant de développer un programme d'essais, il convient que le CEM approprié définisse les mécanismes de vieillissement et leur signification pour le type de matériel ou d'appareil qui incorporera le SIE candidat. Les procédures exposées ci-dessous permettront une compréhension des facteurs significatifs à définir.

8.2 Estimation des mécanismes de vieillissement

L'annexe B présente quatre organigrammes, figures B.1, B.2, B.3 et B.4, qui décrivent avec quelque détail les vieillissements intrinsèques et extrinsèques d'un SIE, électrique, thermique, mécanique et environnemental respectivement. Chaque organigramme est fondé sur l'expérience en service de différents types de SIE et montre les mécanismes possibles de détérioration et de défaillance qui peuvent se produire pour les différents types de vieillissement et les interactions entre facteurs de vieillissement. Bien que plusieurs mécanismes de défaillance soient présentés, ils n'ont pas la prétention d'être des organigrammes exhaustifs des mécanismes que l'on peut trouver dans les conditions réelles de service de tout matériel. Il est important de noter que le vieillissement qui aboutit finalement à une défaillance est habituellement causé par plus d'un mécanisme.

Il convient d'utiliser ces organigrammes:

- a) comme listes de contrôle pour déterminer les mécanismes de vieillissement du matériel et de l'appareil. Les mécanismes peuvent se produire séquentiellement ou simultanément;
- b) pour développer des essais ou cycles d'essais de vieillissement fonctionnels et accélérés. La grandeur et le type des contraintes appliquées et leur durée dépendront de la manière dont elles affectent les mécanismes de vieillissement;
- c) pour développer des essais ou des cycles d'essais de diagnostic appropriés pour estimer la condition du SIE.

Sur la base d'une connaissance de l'expérience en service, des conditions de fonctionnement et des propriétés des composants du SIE considéré, il convient que le CEM choisisse un ou plusieurs organigrammes qui présentent le ou les principaux facteurs de vieillissement. Il convient que les différents mécanismes de vieillissement qui aboutissent à la défaillance soient examinés soigneusement en prenant en compte les niveaux de contaminants et de défauts dans le SIE. Il convient qu'un organigramme révisé, qui ne comprend que les mécanismes appropriés de vieillissement, soit produit comme aide dans le développement des cycles d'essais de vieillissement fonctionnels et de diagnostic. Des exemples typiques sont représentés par les figures B.5 à B.8.

For electrical and thermal ageing, mathematically formulated laws of life are presented in 8.3.1 and 8.3.2 respectively.

7.3.2 Comparison of life test data

Valid comparison testing of candidate and reference EIS requires that both systems be tested according to 7.3.1. When comparing these results, the candidate EIS may be considered an acceptable alternative if the life obtained, at specific stress levels, is not significantly lower than that obtained for the reference EIS.

This will then justify the declaration: "Candidate EIS-service life is expected to be either equal to or longer than the experienced service life of the reference EIS for the specified conditions".

8 Ageing

8.1 General

Before developing a test programme, the relevant ETC should define the ageing mechanisms and their significance for the type of equipment or apparatus that will incorporate the candidate EIS. The procedures outlined below will enable an understanding of the significant factors to be defined.

8.2 Assessment of ageing mechanisms

Annex B presents four flow charts, Figures B.1, B.2, B.3 and B.4, which describe respectively in some detail intrinsic and extrinsic electrical, thermal, mechanical and environmental ageing of an EIS. Each chart is based on the service experience of different types of EIS and shows possible mechanisms of deterioration and failure that can occur for the different types of ageing and the interactions between ageing factors. Although several failure mechanisms are shown, the charts are not intended to be exhaustive of mechanisms that might be found in actual service conditions of all equipment. It is important to note that the ageing that leads to the eventual failure is usually caused by more than one mechanism.

These charts should be used:

- a) as a checklist to determine the ageing mechanisms of equipment and apparatus; the mechanisms can occur sequentially or simultaneously;
- b) to develop functional and accelerated ageing tests or test cycles; the magnitudes and types of applied stresses and their duration will depend upon how they affect the ageing mechanisms;
- c) to develop suitable diagnostic tests or test cycles to assess the condition of the EIS.

Based on a knowledge of service experience, operating conditions and the properties of the components of the EIS under consideration, the ETC should select one or more charts that show the main ageing factor or factors. The various ageing mechanisms that lead to failure should be carefully examined, taking into account the levels of contaminants and defects in the EIS. A revised chart, which only includes the relevant ageing mechanisms, should then be produced as an aid in the development of the functional ageing and diagnostic test cycles. Typical examples are shown in Figures B.5 through B.8.

S'il n'y a pas d'information suffisante disponible sur l'expérience en service et/ou les mécanismes possibles de vieillissement, il convient de fonder les conditions de vieillissement sur les niveaux de contrainte les plus sévères attendus en service pour lequel le SIE a été conçu.

8.3 Vieillissement accéléré

8.3.1 Electrique (voir figure B.1)

Le vieillissement électrique (alternatif, continu ou par impulsions) comprend:

- a) les effets des décharges partielles lorsque l'intensité du champ local dépasse la rigidité diélectrique dans le diélectrique liquide ou gazeux adjacent au SIE ou inclus dans le SIE;
- b) les effets du cheminement;
- c) les effets de l'arborisation;
- d) les effets de l'électrolyse;
- e) les effets, liés aux précédents, sur les surfaces adjacentes de deux matériaux isolants où des champs tangentiels de valeur relativement élevée peuvent se présenter;
- f) les effets de l'accroissement de température produit par des pertes diélectriques élevées;
- g) l'effet des charges d'espace.

La figure B.1 présente le vieillissement électrique intrinsèque/extrinsèque là où les contraintes électriques sont considérées comme le principal facteur de vieillissement. Considérons l'exemple d'un simple SIE composé de deux conducteurs parallèles noyés dans un matériau isolant. Il est connu que des protubérances se rencontrent à la surface des conducteurs et que des impuretés (par exemple particules de poussière, etc.) peuvent être incluses dans l'isolation. La figure B.1 peut maintenant être simplifiée en organigramme présenté à la figure B.5 qui montre qu'une injection de charges conduisant à une arborisation électrique est le principal mécanisme de vieillissement. Il convient que le vieillissement accéléré soit donc effectué en utilisant des facteurs de vieillissement qui accroissent l'injection de charges, par exemple une haute tension, et que les essais de diagnostic soient conçus pour permettre la mesure de l'effet des caractéristiques de charges injectées et/ou de décharges partielles.

En pratique, dans beaucoup de SIE, le processus de vieillissement électrique qui mène à la défaillance est complexe, comme cela est présenté à la figure B.5. Jusqu'à présent aucun modèle mathématique rigide n'a été développé qui prédise pleinement comment les facteurs de vieillissement affectent la durée de vie d'un SIE. Cependant, une fonction empirique, le modèle de puissance inverse, est souvent utilisée pour lier la contrainte électrique alternative avec la durée de vie. Celle-ci dit que:

$$L \propto V^{-n}$$

où

L est la durée de vie;

V est la tension;

n est l'exposant de durée de vie en tension.

Le modèle de loi de puissance inverse prédit une relation linéaire entre la durée de vie et la tension lorsqu'on la trace sur un papier graphique log-log. D'autres modèles peuvent être utilisés (voir la CEI 60727-1).

If there is insufficient information available about service experience and/or the possible ageing mechanism, then the ageing conditions should be based upon the most severe levels of stresses expected in service for which the EIS has been designed.

8.3 Accelerated ageing

8.3.1 Electrical (see Figure B.1)

Electric ageing (either a.c., d.c. or impulse) involves:

- a) the effects of partial discharges when the local field strength exceeds the breakdown strength in the liquid or gaseous dielectric adjacent to, or included in, the EIS;
- b) the effects of tracking;
- c) the effects of treeing;
- d) the effects of electrolysis;
- e) the effects, related to those above, on the adjacent surfaces of two insulating materials where tangential fields of relatively high value can occur;
- f) the effects of increased temperatures produced by high dielectric losses;
- g) the effect of space charges.

Figure B.1 shows intrinsic/extrinsic electrical ageing of where electrical stresses are considered to be the main ageing factor. Consider the example of a simple EIS consisting of two parallel plane conductors embedded in an insulating material. Protrusions are known to occur on the surfaces of conductors, and impurities (e.g., dust particles, etc.) can be included within the insulation. Figure B.1 can now be simplified to the chart shown in Figure B.5 that shows that charge injection leading to electrical treeing is the main ageing mechanism. The accelerated ageing should, therefore, be carried out by using ageing factors that increase charge injection, for example by high voltage, and the diagnostic tests should be designed to enable measurement of the effect of the injected charge and/or the partial discharge characteristics.

In many practical EIS, the electrical ageing process that leads to failure is complex, as shown by Figure B.5. No rigid mathematical models have yet been developed which predict fully how the ageing factors affect the life of an EIS. However, one empirical relationship, the inverse power model, is often used to relate a.c. electrical stress with life. This states that:

$$L \propto V^{-n}$$

where

L is the life;

V is the voltage;

n is the voltage life exponent.

The inverse power law model predicts a linear relationship between life and voltage when plotted on log-log graph paper. Other models may be used (see IEC 60727-1).

Les niveaux de contrainte électrique adoptés pour le vieillissement accéléré doivent être basés sur au moins deux intervalles équivalents de vieillissement. Dans le programme de vieillissement, il convient de choisir le plus faible niveau de contrainte accélérée pour atteindre un point de défaillance de l'objet à l'essai après un minimum de 5 % de la durée de vie attendue du système candidat et de déterminer les niveaux plus élevés suivants à partir de la pente et de la forme de la courbe de durée de vie.

NOTE Si des données appropriées ne sont pas disponibles pour permettre d'établir le niveau le plus faible de contrainte accélérée, les valeurs peuvent être déterminées par des essais appropriés de criblage.

Le vieillissement électrique peut aussi être accéléré par des essais à plus haute fréquence que celle en service normal. La démonstration que l'augmentation de la fréquence a un effet semblable sur le système candidat et le système de référence doit être effectuée.

8.3.2 Thermique (voir figure B.2)

Le vieillissement thermique implique:

- a) le cours des changements chimiques et physiques comme conséquence de réactions chimiques, de polymérisation, de dépolymérisation, de diffusions, etc.,
- b) des effets thermomécaniques causés par les forces dues à l'expansion et/ou la contraction thermique.

Les augmentations de vitesse des processus chimiques et physiques allant vers l'état d'équilibre thermodynamique sont les causes principales de vieillissement thermique. Les réactions chimiques suivent l'équation d'Arrhenius qui dit que:

$$L = A \exp(-E/kT)$$

où

L est la durée de vie;

A est une constante;

E est l'énergie d'activation;

k est la constante de Boltzmann;

T est la température absolue.

La durée de vie à une température particulière peut être obtenue par l'extrapolation des données tracées en utilisant des coordonnées log de durée de vie en fonction de $1/T$. Pour plus d'information se reporter à la série des CEI 60216.

Il convient de choisir la température pour le SIE en évaluation à partir de celles données dans le tableau 1. Pour produire un vieillissement accéléré, un minimum de trois essais à hautes températures doit être sélectionné. Il convient de choisir la température la plus basse de telle manière qu'un point de défaillance soit atteint après un minimum de 5 % de la durée de vie attendue en service du système candidat. Il convient de choisir les deux plus hautes températures à des intervalles de 20 K. Si plus de trois températures d'essai sont nécessaires, des intervalles de 10 K peuvent être utilisés. Les températures préférentielles de vieillissement sont données dans le tableau 1.

NOTE Des essais ont confirmé que la «durée de vie» est divisée par deux pour chaque augmentation de x degrés en température. Pour la majorité des SIE x varie de 8 K à 15 K.

Pour certains SIE, il convient que la température maximale d'essai soit en dessous du point de transition correspondant (par exemple fusion, ébullition, etc.).

Electric stress levels adopted for the accelerated ageing subcycle shall be based on at least two equivalent ageing intervals. The ageing programme should adopt a lowest accelerated stress level that will reach a failure point of the test object after a minimum of 5 % of the intended life of the candidate system. The next higher stress levels should be derived from the slope and shape of the life curve.

NOTE If adequate data are not available to permit the establishment of the lowest accelerated stress level, then the values may be determined by appropriate screening tests.

Electrical ageing may also be accelerated by testing at a higher frequency than that experienced in normal service. The frequency increase shall have been shown to have a similar effect on the candidate and the reference system.

8.3.2 Thermal (see Figure B.2)

Thermal ageing involves:

- a) the progress of chemical and physical changes as a consequence of chemical degradation reactions, polymerization, depolymerization, diffusions, etc.,
- b) thermomechanical effects caused by the forces due to thermal expansion and/or contraction.

The increases in the rate of chemical and physical processes proceeding towards the state of thermodynamic equilibrium are the major causes of thermal ageing. Chemical reactions follow the Arrhenius equation, which states:

$$L = A \exp(-E/kT)$$

where

L is the life;

A is a constant;

E is the activation energy;

k is the Boltzmann constant;

T is the absolute temperature.

The life at a particular temperature can be found by the extrapolation of data plotted using log life versus $1/T$ co-ordinates. For further information, see IEC 60216.

The temperature for the EIS being evaluated should be selected from those shown in Table 1. To produce accelerated ageing a minimum of three higher temperatures tests shall be chosen. The lowest temperature should be selected such that a failure point will be reached after a minimum of 5 % of the intended service life of the candidate system. The next two higher temperatures should be chosen at 20 K intervals. If more than three test temperatures are needed, then 10 K intervals may be used. Preferred ageing temperatures are listed in Table 1.

NOTE Testing has confirmed that the "life" is halved for every x degree rise in temperature. For the majority of EIS, x varies from 8 K to 15 K.

For some EIS, the maximum test temperature should be below the relevant transition point (e.g., melting, boiling, etc.).

Tableau 1 – Températures de vieillissement

Températures en service °C	55	75	90	105	120	130	155	180	200	220	250
(Classe de température)			(Y)	(A)	(E)	(B)	(F)	(H)			
Températures de vieillissement °C	135	155	170	185	200	210	235	260	280	300	330
	125	145	160	175	190	200	225	250	270	290	320
	115	135	150	165	180	190	215	240	260	280	310
	105	125	140	155	170	180	205	230	250	270	300
	95	115	130	145	160	170	195	220	240	260	290
	85	105	120	135	150	160	185	210	230	250	280
	75	95	110	125	140	150	175	200	220	240	270

8.3.3 Mécanique (voir figure B.3)

Le vieillissement mécanique entraîne:

- la défaillance par fatigue de composants de l'isolation, causée par un grand nombre de cycles de contraintes de faible niveau;
- des effets thermomécaniques causés par expansion et/ou contraction thermique;
- la rupture de l'isolation par de hauts niveaux de contraintes mécaniques telles que celles causées par des forces externes ou des conditions de fonctionnement du matériel;
- l'usure par abrasion causée par le mouvement relatif entre composants du matériel;
- le glissement ou l'écoulement de l'isolation sous contraintes électriques, thermiques ou mécaniques.

NOTE 1 Ces phénomènes peuvent être localisés et irrégulièrement distribués dans le volume de l'isolation.

Des données disponibles limitées indiquent que la relation durée de vie/contrainte suit la loi de puissance inverse, c'est-à-dire que la courbe log-log de la durée de vie en fonction de la contrainte est linéaire. De plus, on a trouvé une corrélation valide en augmentant la fréquence d'application de la contrainte. Cependant, l'utilisation d'une fréquence trop élevée peut aboutir à d'autres mécanismes de défaillance qui ne peuvent pas se produire en pratique. Lorsque des preuves suggèrent que cela est applicable, il convient d'utiliser une relation purement linéaire pour choisir les intervalles de contrainte nécessairement égaux à appliquer aux objets d'essai. Si possible, les essais doivent être effectués à un minimum de trois niveaux de contrainte mécanique. Il convient que le niveau maximal de contrainte soit la condition la plus sévère de contrainte mécanique en service.

NOTE 2 Actuellement, on ne dispose pas de plus d'indications pour la sélection de niveaux de contrainte mécanique d'essai.

8.3.4 Environnemental (voir figure B.4)

Le vieillissement environnemental implique les processus de réaction chimique mentionnés dans le vieillissement thermique. Les facteurs environnementaux peuvent aussi influencer, de différentes manières, le genre et le degré de dégradation causée par d'autres contraintes auxquelles un SIE est exposé. D'autres aspects importants sont la redistribution des contraintes par des changements dans l'environnement et l'influence de poussières et autres contaminations sur le comportement électrique. Jusqu'à ce que ces données soient disponibles, la seule procédure acceptable est d'appliquer les conditions environnementales en service les plus sévères pendant le sous-cycle de vieillissement (c'est-à-dire utiliser le niveau de conception).

NOTE Actuellement, il n'y a pas de règles générales documentées pour corréliser les facteurs d'accélération liés au vieillissement environnemental.

Table 1 – Ageing temperatures

Service temperatures °C	55	75	90	105	120	130	155	180	200	220	250
(Temperature class)			(Y)	(A)	(E)	(B)	(F)	(H)			
Ageing temperatures °C	135	155	170	185	200	210	235	260	280	300	330
	125	145	160	175	190	200	225	250	270	290	320
	115	135	150	165	180	190	215	240	260	280	310
	105	125	140	155	170	180	205	230	250	270	300
	95	115	130	145	160	170	195	220	240	260	290
	85	105	120	135	150	160	185	210	230	250	280
	75	95	110	125	140	150	175	200	220	240	270

8.3.3 Mechanical (see Figure B.3)

Mechanical ageing involves:

- fatigue failure of insulation components caused by a large number of low-level stress cycles;
- thermomechanical effects caused by thermal expansion and/or contraction;
- rupture of insulation by high levels of mechanical stress such as can be caused by external forces or operating conditions of the equipment;
- abrasive wear caused by relative motion between equipment components;
- insulation creep or flow under electrical, thermal or mechanical stresses.

NOTE 1 These phenomena can be localized and not evenly distributed throughout the volume of the insulation.

Limited available data indicates that the mechanical stress/life relationship follows the inverse power law, i.e. the log-log plot of mechanical stress versus life is linear. In addition, correlation has been found to be valid by increasing the frequency of the stress application. However, the use of a too high frequency can lead to other mechanisms of failure that cannot occur in practice. Where evidence suggests that this is acceptable, a straight linear relationship should be used for adopting the necessary equal stress intervals for application to the test objects. Where feasible, tests shall be carried out at a minimum of three mechanical stress levels. The maximum stress level should be the most severe service mechanical stress condition.

NOTE 2 Further guidance for the selection of mechanical stress test levels is not available at this time.

8.3.4 Environmental (see Figure B.4)

Environmental ageing involves the chemical reaction processes mentioned under thermal ageing. Environmental factors can also influence, in various ways, the kind and degree of degradation caused by other stresses to which an EIS is exposed. Other important aspects are the redistribution of stresses by changes in the environment and the influence of dust and other contamination on electrical behaviour. Until this data is available, the only acceptable procedure is to apply the most severe service environmental conditions during the ageing subcycle (i.e. use the design level).

NOTE At the present time there are no documented general rules for correlating the acceleration factors relating to environmental ageing.

8.4 Niveaux de contrainte

Le sous-cycle de vieillissement doit simuler les contraintes qui seront appliquées en service. En évaluant un SIE, l'interaction entre les contraintes peut être significative et affectera la durée de vie en service. En définissant le programme des contraintes qui seront appliquées dans des conditions accélérées, ces interactions peuvent invalider le cours de l'évaluation. Avant de décider d'un programme de vieillissement, il peut être nécessaire d'effectuer des essais accélérés de criblage à contrainte unique et combinée pour statuer sur l'importance de ces interactions. Si des interactions directes sont confirmées, ou si leur existence est connue à partir d'autres programmes d'évaluation appropriés, les sous-cycles de vieillissement doivent être composés de contraintes appliquées simultanément.

8.5 Durée et nombre de sous-cycles

Lorsque l'on utilise des essais cycliques, il convient qu'il y ait des rapports rationnels entre la longueur du cycle, l'exposition à la contrainte et les contraintes attendues de fonctionnement. Il est recommandé que la longueur du cycle de vieillissement à chaque exposition à la contrainte soit choisie pour être approximativement un dixième de la durée de vie moyenne attendue de l'objet en essai pour cet essai. Les valeurs des contraintes de vieillissement doivent être établies par les CEM pour leur matériel spécifique. Il convient que la durée et/ou la grandeur de la contrainte prennent en compte la meilleure utilisation des moyens d'essai disponibles.

8.6 Sous-cycle de vieillissement

8.6.1 A contrainte unique

Dans ces sous-cycles, les objets d'essai sont exposés à un seul facteur à la fois. Les facteurs de vieillissement dans ces sous-cycles sont les facteurs des conditions de fonctionnement de référence qui agissent seuls ou de manière séquentielle en service (voir 8.6.2.1) et sans aucun autre facteur de vieillissement agissant simultanément et produisant une interaction directe. Si des facteurs simultanés sont connus pour ne produire qu'une action indirecte, chacun d'eux peut aussi être appliqué dans un sous-cycle de vieillissement unifactoriel.

8.6.2 Multifactoriel

Lorsque les interactions entre les contraintes sont directes, il convient, si possible, d'appliquer ces facteurs de vieillissement simultanément. Dans ces sous-cycles, il convient d'appliquer simultanément aux objets d'essai deux ou plusieurs facteurs de vieillissement.

NOTE Actuellement il n'existe pas de règles documentées pour corréliser les facteurs d'accélération liés au vieillissement multifactoriel.

8.6.2.1 Séquentiel

Lorsque les interactions entre les contraintes sont indirectes, ces contraintes peuvent être appliquées séquentiellement plutôt que simultanément. Si possible, les niveaux de chaque facteur de vieillissement peuvent alors être choisis pour donner la même accélération et doivent être appliqués pendant la même durée.

8.6.2.2 Séquentiel complexe

Lorsque sur un matériel ou un appareil, en plus du vieillissement causé par l'application uniforme d'une ou de plusieurs contraintes, les conditions de service comprennent de courtes périodes de contraintes accrues ou des niveaux de contrainte qui varient avec le temps, il convient de choisir des sous-cycles de vieillissement complexes. Il convient que la conception de ces cycles comprenne la proportion correcte de ces contraintes additionnelles, électriques (par exemple impulsions), thermiques (par exemple cycle froid) ou mécaniques (par exemple force d'impact de court-circuit).

8.4 Stress levels

The ageing subcycle shall simulate the stresses that will be applied in service. When evaluating an EIS, the interaction between stresses can be significant and will affect the service life. When defining the schedule of stresses that will be applied under accelerated conditions, these interactions can invalidate the evaluation progress. Before deciding on an ageing programme, accelerated single and combined stress screening tests may need to be carried out to decide upon the significance of these interactions. If direct interactions are confirmed, or known to exist from other relevant evaluation programmes, then the ageing subcycles shall consist of simultaneously applied stresses.

8.5 Duration and number of subcycles

When cyclic testing is used, there should be a rational relationship between the length of the cycle, stress exposure and expected operating stresses. It is recommended that the length of the ageing cycle at each stress exposure should be selected to be approximately one-tenth of the expected average test object life for this test. Values of ageing stresses shall be established by the ETC for their specific equipment. The time and/or magnitude of the stress should consider the best use of available test facilities.

8.6 Ageing subcycle

8.6.1 Single stress

In these subcycles the test objects are exposed to only one factor at a time. Ageing factors in these subcycles are those factors from the reference operating conditions which act in service alone or in a sequential manner (see 8.6.2.1) and without any other simultaneously acting ageing factor producing direct interaction. If simultaneous factors are known to produce only indirect interaction, then each of them may also be applied in a single-factor ageing subcycle.

8.6.2 Multifactor stress

Where the interactions between stresses are direct, these ageing factors should, where possible, be applied simultaneously. In these subcycles two or more ageing factors should be applied simultaneously to the test objects.

NOTE At the present time there are no documented rules for correlating the acceleration factors relating to multifactor ageing.

8.6.2.1 Sequential

Where the interactions between stresses are indirect, these stresses may be applied sequentially rather than applied simultaneously. When feasible, the stress levels of each ageing factor may then be chosen to give the same acceleration and shall be applied for the same duration.

8.6.2.2 Complex sequential

On apparatus or equipment where, in addition to ageing caused by uniform application of one or more stresses, service conditions include short periods of enhanced stresses or levels of stress that vary with time, complex ageing subcycles should be adopted. The design of these cycles should include the correct proportion of these additional stresses, for example, electrical (e.g. impulses), thermal (e.g. cold cycling) or mechanical (e.g. short circuit impact force.)

9 Conditionnement de prédiagnostic

A la fin de chaque sous-cycle de vieillissement, on peut utiliser une séquence de traitements de conditionnement de courte durée, pour augmenter la capacité de discernement des essais de diagnostic suivants. Ces procédures sont particulièrement appropriées pour le matériel basse tension. Voici des exemples typiques de traitement de prédiagnostic;

- a) vibrations mécaniques pour révéler une friabilité de l'isolation dans le système;
- b) humidification pour amplifier la capacité de discrimination des essais d'épreuve à haute tension ultérieurs;
- c) contraintes électriques, thermiques ou mécaniques pour simuler les conditions qui surviennent sporadiquement lorsque le SIE candidat est en fonctionnement en service.

En général, il convient que les niveaux de sévérité, ainsi que la durée et le nombre d'applications, de ces traitements de courte durée soient décidés à partir de l'estimation des conditions définies de fonctionnement pour lesquelles le SIE candidat est conçu.

10 Diagnostics

10.1 Essais de diagnostic – Critères de point limite

Le CEM responsable du SIE évalué avec son type spécifique de matériel ou d'appareil doit définir les critères de point limite en termes absolus ou en termes relatifs. (Voir la CEI 60727-1, la CEI 60727-2 et la CEI 60216-3).

L'exigence fondamentale pour la procédure de diagnostic est qu'elle doit inclure la spécification d'un point limite. Cela peut être la détection, pendant le sous-cycle de diagnostic, d'une faiblesse physique qui s'est développée durant le sous-cycle de vieillissement précédent. Cela peut être aussi un événement ou une condition, comme la défaillance pendant un traitement de diagnostic ou l'atteinte d'une valeur limite d'une propriété spécifique. Le point limite peut être caractérisé par une condition unique (par exemple niveau X d'une propriété A), ou par l'une de plusieurs possibilités (par exemple, niveau X de A ou niveau Y de B, etc.), ou il peut être donné par une combinaison de conditions (par exemple, niveau X de A et niveau Y de B, etc.).

Des critères typiques sont indiqués ci-après:

- a) essais d'épreuve à haute tension à N fois la tension normale en service (où N est égal à 1,5; 2; 3 ou 4);
- b) essai d'épreuve à impulsion ou choc à M fois le niveau maximal normal en service (où M est égal à 1; 1,5; 2 ou 3);
- c) augmentation en pourcentage de la tangente différentielle de pertes, du niveau de décharges partielles, etc., au-dessus d'une valeur initiale avant vieillissement, au-dessus de ou à une tension définie ou dans une gamme de tension définie;
- d) augmentation en pourcentage du courant de fuite au-dessus d'une valeur définie et à une tension définie;
- e) pourcentage de perte d'une propriété choisie.

10.2 Essais spécifiques additionnels

Des essais spécifiques additionnels peuvent être nécessaires pour définir les critères de point limite d'un matériel ou d'un appareil spécifique. La décision d'inclure un diagnostic plus complet doit être prise par le CEM approprié.

9 Prediagnostic conditioning

On completion of each ageing subcycle, a sequence of short duration conditioning treatments may be used to enhance the discerning capability of the subsequent diagnostic tests. These procedures are particularly relevant for low voltage equipment. Examples of typical prediagnostic treatments are:

- a) mechanical vibration to reveal embrittlement of the insulation in the system;
- b) humidification to amplify the fault-finding capability of subsequent high voltage proof testing;
- c) electrical, thermal or mechanical stressing to simulate sporadic conditions that will occur at infrequent intervals when the candidate EIS is operated in service.

In general, the levels of severity and the duration or number of applications of these short-time treatments should be decided from an assessment of the defined operating conditions for which the candidate system is designed.

10 Diagnostics

10.1 Diagnostic tests – End point criteria

The ETC responsible for the EIS being evaluated for their specific type of equipment or apparatus shall define the end-point criteria in either absolute or relative terms. (See IEC 60727-1, IEC 60727-2 and IEC 60216-3).

The fundamental requirement for the diagnostic test procedure is that it shall include the specification of an end-point. This may be the detection, during the diagnostic subcycle, of a physical weakness that has developed during the previous ageing subcycle. It may also be an event or condition; such as failure during a diagnostic treatment or attainment of a limiting value of a specific property. The end-point may be characterized either by a single condition (e.g., level X of property A), or by one of several alternatives (e.g., level X of A or level Y of B, etc.) or it may be given as a combined condition (e.g., level X of A and level Y of B, etc.).

Typical criteria are:

- a) high voltage proof tests at N times the normal service voltage (where N is either 1,5; 2; 3 or 4);
- b) impulse or surge proof test at M times the normal maximum service level (where M is either 1; 1,5; 2 or 3);
- c) percentage increase in incremental loss tangent, partial discharge level, etc. above an initial non-aged value at, or over, a defined voltage or voltage range;
- d) percentage increase in leakage current above an initial defined value at a defined voltage;
- e) percentage loss of selected property.

10.2 Additional specific tests

Additional diagnostic tests may be necessary to define the end-point criteria of specific equipment or apparatus. The decision on whether to include a more comprehensive diagnostic shall be decided by the relevant ETC.

11 Analyse des données

11.1 Généralités

L'établissement de règles spécifiques pour l'analyse des données d'essai obtenues à partir de programmes d'évaluation à contrainte unique ou multifactorielle doit être de la responsabilité du CEM approprié. Le niveau de complexité dépendra du type d'appareil pour lequel le SIE a été conçu. Si les paramètres de service pour lesquels le SIE candidat a été conçu indiquent des contraintes supérieures à celles du SIE de référence, les essais fonctionnels du SIE candidat devront atteindre la même durée de vie en essai que le SIE de référence au niveau inférieur.

11.2 Expérience en fonctionnement

Lorsqu'on évalue un SIE en utilisant l'expérience en service, le degré de confiance dans la conception du système sera lié étroitement à la qualité et à la fiabilité des données disponibles.

11.3 Electrique

Lorsqu'on évalue l'endurance électrique, les temps jusqu'à défaillance du SIE candidat et du SIE de référence doivent être portés sur un graphique log-log avec la moyenne arithmétique ou le point médian pour chaque contrainte électrique de vieillissement (voir la CEI 60727-1 et la CEI 60727-2). En général, il convient qu'un graphique d'endurance produise une ligne droite dans la gamme limitée de contraintes électriques normalement adoptées pour obtenir des résultats dans une durée d'essai acceptable, comme cela est défini en 8.3.1.

11.4 Thermique

Lorsqu'on évalue le vieillissement thermique, l'analyse de régression linéaire, en coordonnées d'Arrhénius (log du temps en fonction de l'inverse de la température absolue), doit être utilisée en conformité avec la CEI 60216-3. Lorsque l'on compare le système candidat et le système de référence, il convient d'extrapoler les lignes de régression jusqu'à la température de conception et les durées de vie moyennes en essai obtenues. Le SIE candidat doit être accepté si le log de sa durée de vie moyenne est égal ou supérieur à celui du SIE de référence. Dans de nombreux cas, la durée de vie en service ou les températures de conception requises du SIE candidat et du SIE de référence sont différentes.

S'il y a une incurvation prononcée dans la courbe tracée, au lieu d'une droite, cela indique qu'il y a un changement significatif dans le mécanisme dominant de vieillissement. Dans ces cas, la classification peut être fondée seulement sur la portion de la courbe qui correspond aux plus basses températures. Pour vérifier que cette décision est acceptable, il peut être nécessaire d'effectuer des essais additionnels à une température plus basse.

11.5 Mécanique

Lorsque l'on évalue l'endurance mécanique, il convient de porter les données log de la contrainte mécanique en fonction de log de la durée de vie, et de faire un essai de linéarité, tout comme pour la durée de vie électrique ou mécanique.

11.6 Environnemental

Actuellement, il n'y a pas de procédure normalisée pour l'analyse de données d'essais environnementales. La bibliographie fournit des informations complémentaires.

11.7 Multifactoriel

Actuellement, il n'y a pas de procédure normalisée pour l'analyse de données d'essais multifactorielles. La bibliographie fournit des informations complémentaires.

11 Analysing the data

11.1 General

The specific rules for analysing the test data obtained from either single or multifactor stress evaluation programmes shall be the responsibility of the relevant ETC. The level of complexity will be dependent on the type of apparatus for which the EIS has been designed. If design service parameters of the candidate-EIS indicate stresses higher than those of the reference-EIS, then function tests of the candidate-EIS must reach the same EIS test-life as the reference-EIS at the lower level.

11.2 Operating experience

Where an EIS is being assessed using service experience, the confidence in the system designation will be closely related to the quality and reliability of the available data.

11.3 Electrical

When electrical endurance is being assessed, the times-to-failure of the candidate and reference EIS shall be plotted on a log-log graph with either the arithmetic mean or median point for each electrical ageing stress (see IEC 60727-1 and IEC 60727-2). In general, an endurance graph should produce a straight line for the limited range of electrical stresses normally adopted to obtain results in an acceptable test time, as defined in 8.3.1.

11.4 Thermal

When thermal ageing is being assessed, Linear Regression Analysis in Arrhenius co-ordinates (log life versus reciprocal of the absolute temperature) shall be used in accordance with IEC 60216-3. Where candidate and reference systems are being compared, the regression lines should be extrapolated to the design temperature and the log mean test lives obtained. The candidate EIS shall be accepted if its log mean test life is equal, or greater than, that of the reference EIS. In many cases, the required service life or the design temperatures of the candidate and reference EIS are different.

If there is a pronounced knee in the curve plotted, rather than a straight line, this indicates that there is a significant change in the dominating ageing mechanism. In these circumstances, classification may be based only on the lowest temperature portion of the curve. To check that this decision is acceptable, it may be necessary to carry out additional testing at a lower temperature.

11.5 Mechanical

When mechanical endurance is being assessed, the data should be plotted as log mechanical stress versus log life, and a linearity test should be made, just as for the electrical and the thermal life.

11.6 Environmental

There exists no standard procedure for analysis of environmental test data at this time. Annex C provides further information.

11.7 Multifactor

There exists no standard procedure for analysis of multifactor test data at this time. Annex C provides further information.

12 Procès-verbal d'essai

Il convient que le procès-verbal d'essai comprenne:

- a) l'identification de la norme d'évaluation applicable;
- b) la description du SIE;
- c) la description de l'expérience en service concernant le système de référence, y compris les interactions (si nécessaire) (par exemple, l'annexe A);
- d) l'identification du modèle, si utilisé;
- e) les conditions de fonctionnement de référence;
- f) une note sur tout préconditionnement ou prévieillissement;
- g) les contraintes de vieillissement, leurs niveaux et leur accélération dans les essais;
- h) la séquence et la durée d'essai, et le nombre d'échantillons;
- i) les traitements, les essais et les mesures de diagnostic;
- j) les critères de point limite choisis;
- k) les courbes de vieillissement (pour confirmer si oui ou non le SIE candidat peut être accepté, il faut suivre la procédure spécifiée dans la CEI 60493-1 pour vérifier la linéarité des données d'essai);
- l) les temps pour atteindre les points limites, les valeurs individuelles et médianes, le traitement statistique si possible;
- m) l'identification du nouveau système en comparaison avec le SIE de référence;
- n) la déclaration de qualification.

13 Codification des SIE

Toute procédure de codification des SIE doit être développée en coordination avec le Comité d'études 98 de la CEI de façon à fournir une harmonisation entre les CEM.

NOTE Actuellement, il existe une procédure de codification dans la première édition de la CEI 60505 (1975). Cette procédure sera donc supprimée jusqu'à demande des CEM.

12 Test report

The test report should include:

- a) identification of the applicable evaluation standard;
- b) description of the EIS;
- c) description of the service experience concerning the reference system, including interactions (when necessary) (e.g., annex A);
- d) identification of model, if used;
- e) reference operating conditions;
- f) a note concerning any preconditioning or pre-ageing;
- g) ageing stresses and their levels and acceleration in the tests.
- h) test sequence and duration, and number of samples;
- i) diagnostic treatments, tests and measurements;
- j) end-point criteria selected;
- k) ageing curves; (to confirm whether or not the candidate EIS may be accepted, the procedure for checking the linearity of the test data, specified in IEC 60493-1, shall be carried out);
- l) times to reach the end-points, individual values and medians, statistical treatment when feasible;
- m) identification of the new system in comparison to the reference EIS;
- n) qualification statement.

13 EIS coding

Any EIS coding procedure shall be developed in co-ordination with IEC TC 98 in order to provide harmony between ETCs.

NOTE Presently there is a coding procedure in IEC 60505 (1975). This procedure will thus be suppressed until further request by the ETCs.

Annexe A (informative)

Listes de contrôle

Les listes de contrôle des tableaux A.1 et A.2 sont des exemples informatifs. Elles n'ont pas été établies pour l'application à un matériel spécifique. La normalisation de tels questionnaires pour une application à un SIE spécifique sera du ressort des CEM.

A.1 Expérience en service, exigences/conditions de service, données de fonction et de performance pour l'évaluation d'un SIE (voir tableau A.1)

Des listes de ce type peuvent être utilisées pour des unités uniques de matériel et aussi pour des groupes d'unités comparables, comme outils pour l'évaluation des SIE par l'expérience en service.

Le matériel peut contenir plus d'un SIE. Dans ce cas, un dossier de service pour chaque SIE est nécessaire.

Les listes de contrôle seront adaptées aux informations souhaitées et disponibles pour le type particulier de matériel.

La colonne pour les conditions/exigences de service sera remplie pour comparer les conditions de service réelles avec les exigences de service originales.

Si le matériel comprend plus d'un SIE fonctionnant indépendamment, il convient de remplir des listes de contrôle séparées.

Des facteurs d'influence peuvent créer directement une contrainte de vieillissement sur le SIE; mais il faut aussi noter les facteurs qui, sans un quelconque effet spécifique de vieillissement, intensifient ou réduisent l'effet de vieillissement d'autres facteurs d'influence. Il convient d'indiquer les interactions des facteurs d'influence.

A.2 Configuration d'un SIE (voir tableau A.2)

Si plus d'un SIE est noté, il faut décider s'ils doivent être traités séparément ou comme un seul SIE complexe. Un seul SIE complexe peut incorporer des parties de plus d'un type de conception. Par exemple, des séparateurs peuvent être des blocs, des bandes ou des parties structurées faits de matériaux organiques, inorganiques ou composites.

Annex A (informative)

Checklists

Checklists in tables A.1 and A.2 are informative examples. They have not been formulated for application to specific equipment. Standardization of such questionnaires for application to a specific EIS shall be the task of the relevant ETC.

A.1 Service experience, service requirements/conditions, duty and performance data for EIS evaluation (see table A.1)

Lists of this type may be used either for single units of equipment or for describing service experience of groups of comparable units as a tool for EIS evaluation by service experience.

Equipment can contain more than one EIS. A service record for each EIS is then needed.

Checklists will be adjusted to the desired and available information for the special type of equipment.

The column for service conditions/requirements will be filled in for comparing the actual service conditions with original service requirements.

If equipment comprises more than one independently functioning EIS, a separate checklist should be completed.

Factors of influence can directly cause ageing stress to the EIS; but also those factors are to be listed which without any specific ageing effect intensify or reduce the ageing effect of other factors of influence. Interactions of factors of influence should be indicated.

A.2 Configuration of EIS (see table A.2)

If more than one EIS is marked, it has to be decided whether they are to be treated separately or as a single complex EIS. One complex EIS can incorporate parts of more than one design type. For instance, spacers can be blocks, strips or structured parts made from organic, inorganic or composite material.

Tableau A.2 – Liste de contrôle de la configuration d'un SIE

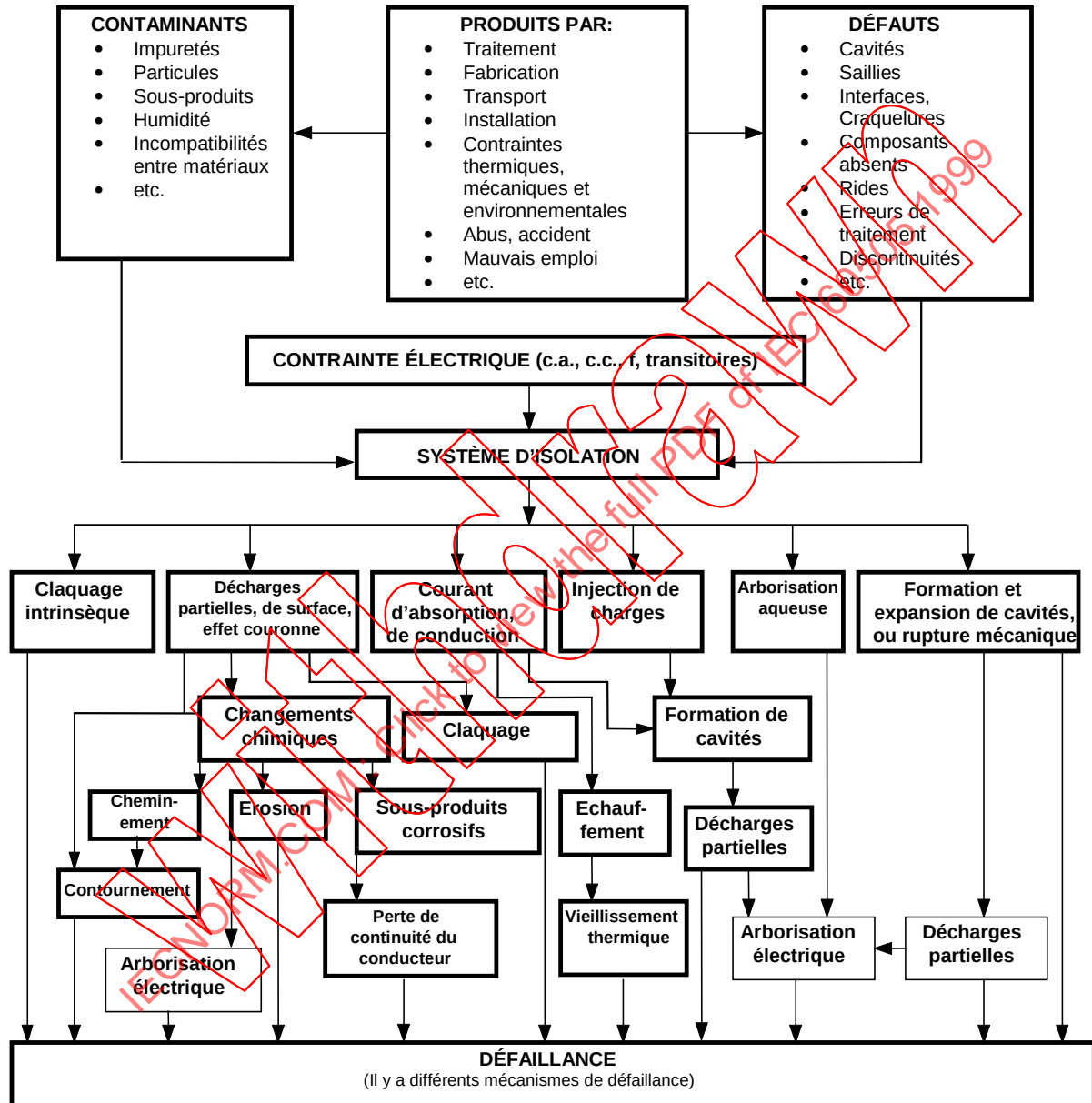
Matériel Type Classe de tension/puissance	
SIE incorporé dans l'isolation principale du matériel à l'étude (Noter les réponses appropriées)	Isolation principale (haute tension à la terre)
	Isolation entre circuits
	Isolation entre enroulements
	Isolation entre fils, câbles
	Autre
Conception du SIE	
Type des parties conductrices associées	Barre, fil, câble, enroulement
	Contact interrupteur/relais
	Film/feuille métallique, conducteur imprimé
	Interrupteur à semiconducteur
	Peinture ou ruban (semi-) conducteur
	Noyau magnétique: solide ou laminé
	Logement, cuve, boîte, support mécanique
	Ecran électromagnétique
Type de conception du SIE	Espaceur, manchon, espace d'air
	Isolation fil, vernis, fibres de verre
	Isolation: extrudée, coulée, moulée
	Distance de cheminement
	Imprégné: fluide/cuisson
	Structure lamifiée, isolation rubanée
Nombre et nature des matériaux	Un ou plus, gazeux, fluide ou solide
	Matériau thermoplastique, (thermo-)élastique, céramique, composite, film organique, fibre, papier, verre, mica, autre

Table A.2 – Checklist for configuration of EIS

Equipment Type..... Voltage/power rating	
EIS incorporated in main insulation equipment under consideration (Mark relevant answers)	Main insulation (high-voltage to earth)
	Intercircuit-insulation
	Interturn-insulation
	Strand-, wire-insulation
	Other
EIS-Design	
Type of associated conductive parts	Bar, wire, cable, coil
	Switch/relay contact
	Metallic film/foil, printed conductor
	Solid-state switch
	(Semi-) conductive paint or taping
	Magnetic core: solid or laminated
	Housing, tank, box, mechanical support
	Electro-magnetic shielding
Design type of EIS	Spacer, sleeving, air space
	Wire insulation, varnish, glass served
	Insulation: extruded, cast, potted
	Creepage distance
	Impregnated fluid/cured
	Laminated structure, taped insulation
Number and nature of materials	One or more, gaseous, fluid or solid
	Thermoplastic, (thermo-)elastic, ceramic, composite material, organic film, fibre, paper, glass, mica, other

Annexe B (informative)

Organigrammes



IEC 1812/99

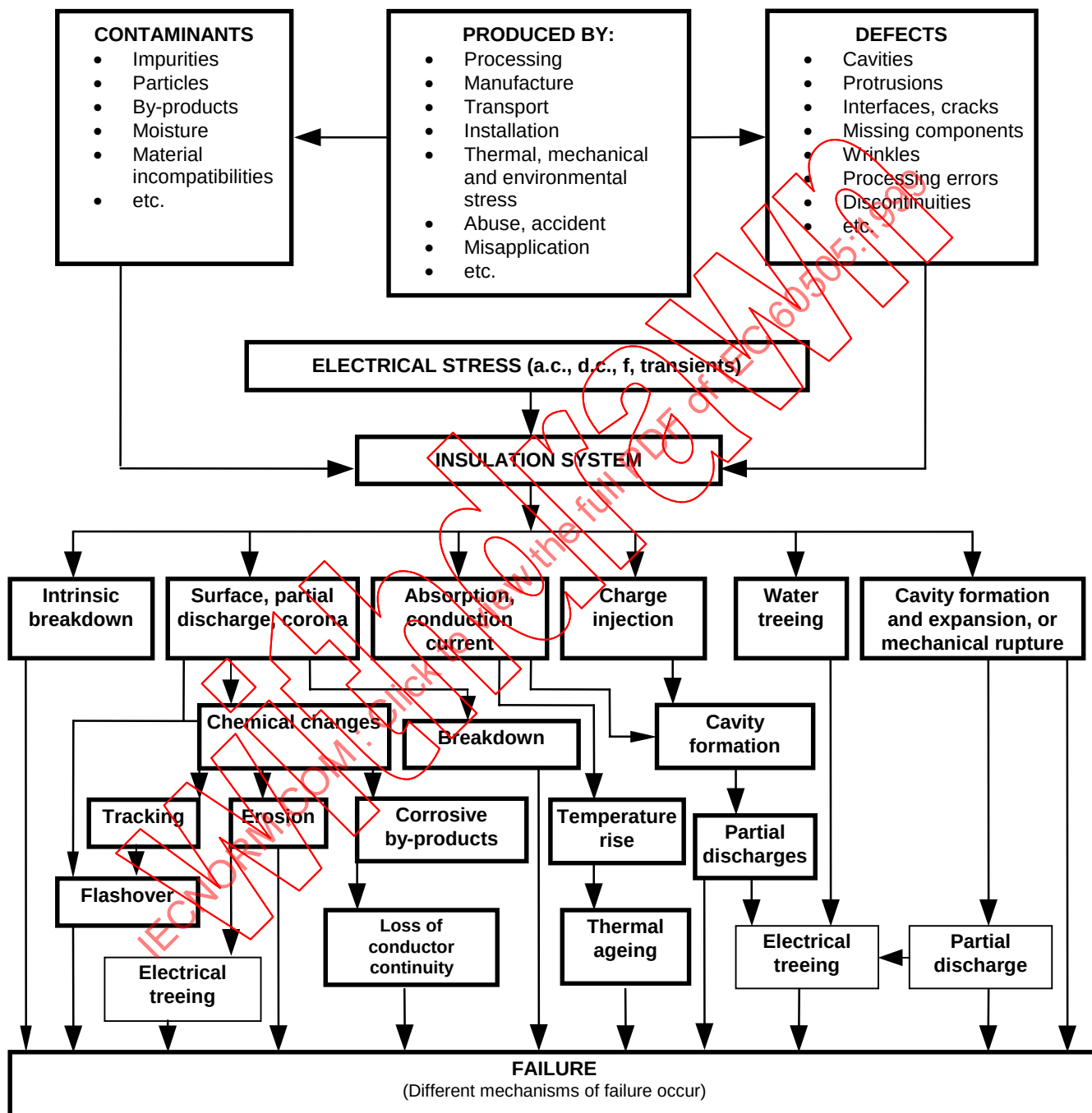
NOTE D'autres contraintes contribuent à la défaillance.

Figure B.1 – Vieillesse électrique intrinsèque/extrinsèque de systèmes d'isolation pratiques

Annex B

(informative)

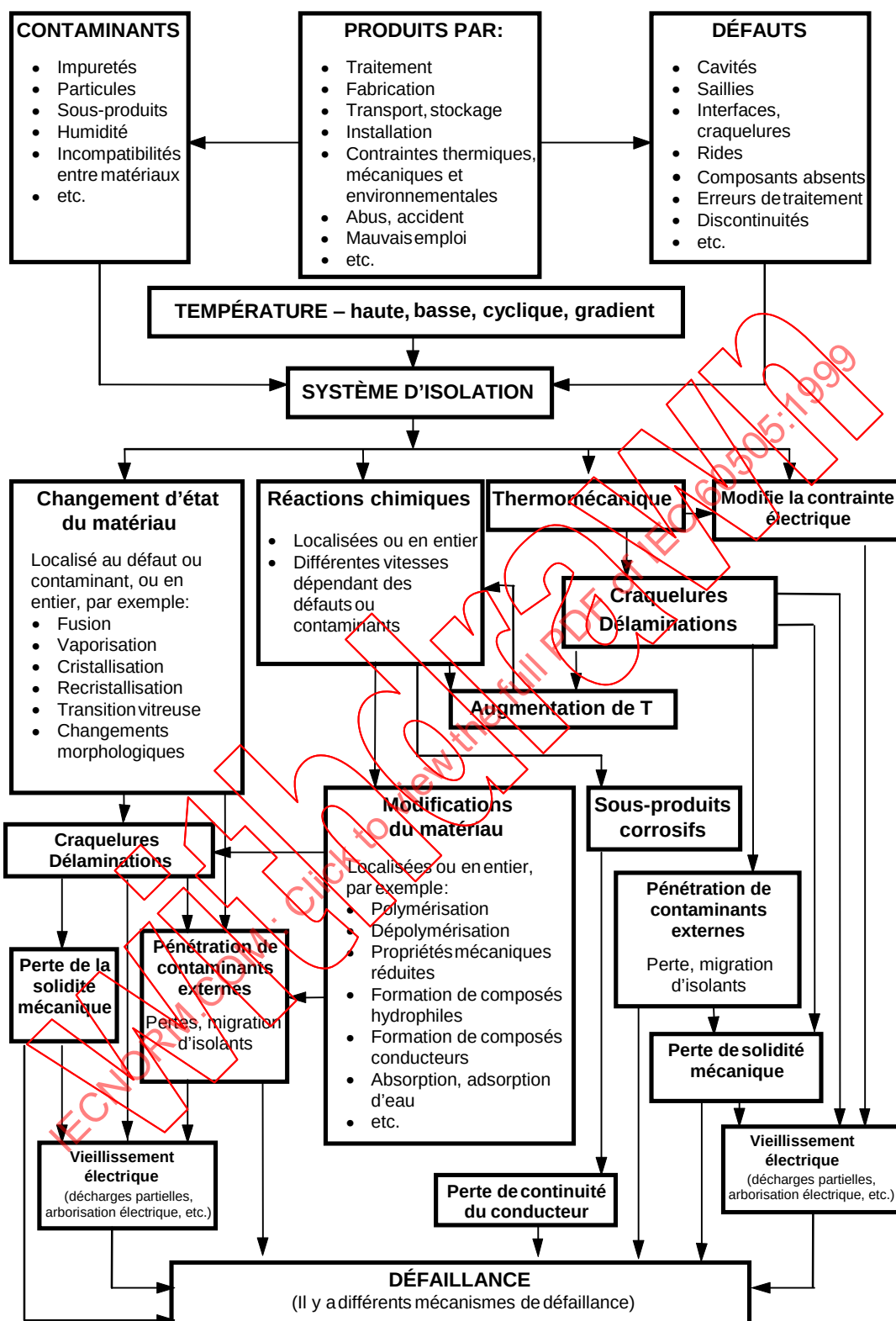
Flow charts



IEC 1812/99

NOTE Other stresses contribute to failure.

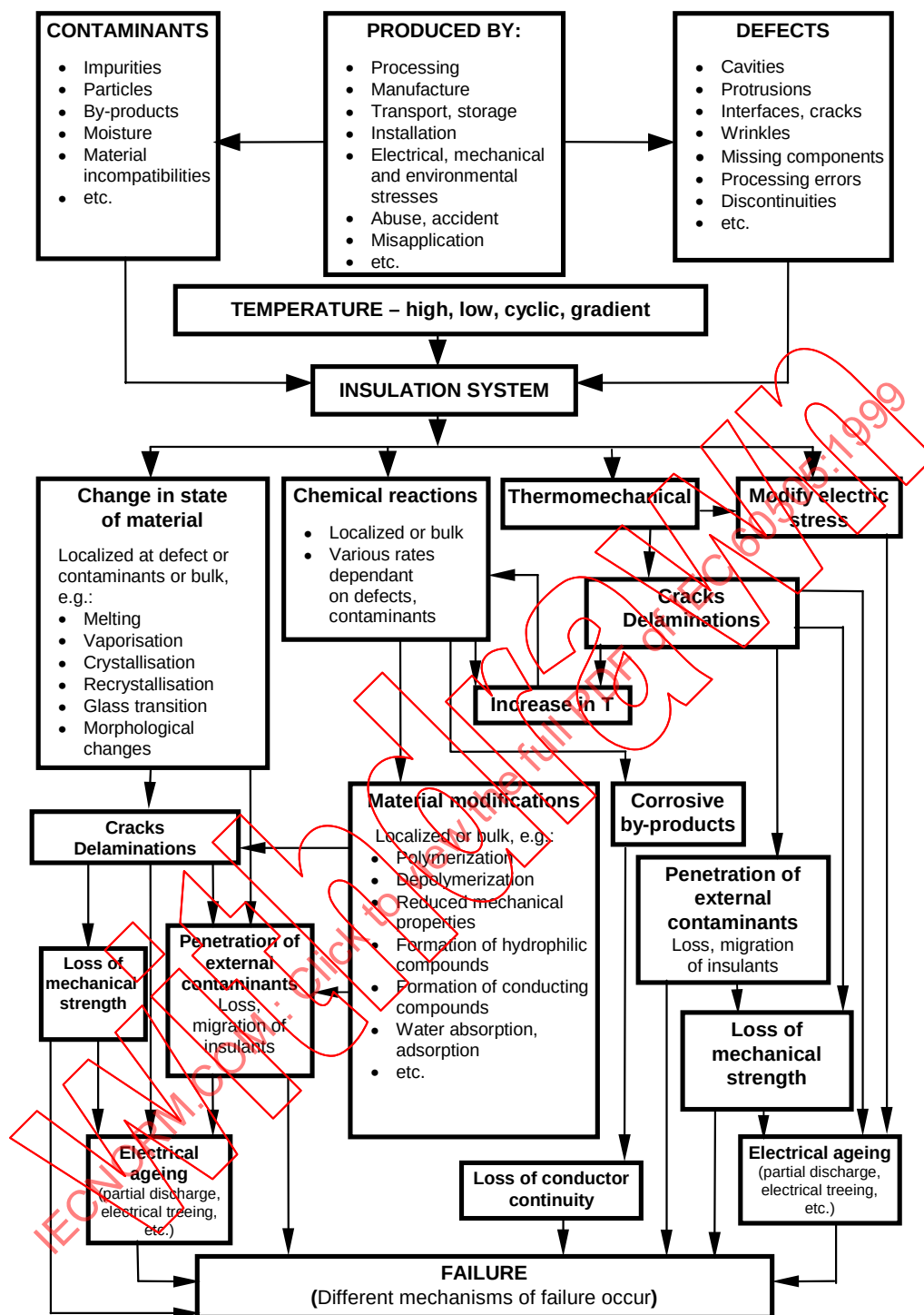
Figure B.1 – Intrinsic/extrinsic electrical ageing of practical insulation systems



NOTE D'autres contraintes contribuent à la défaillance.

IEC 1813/99

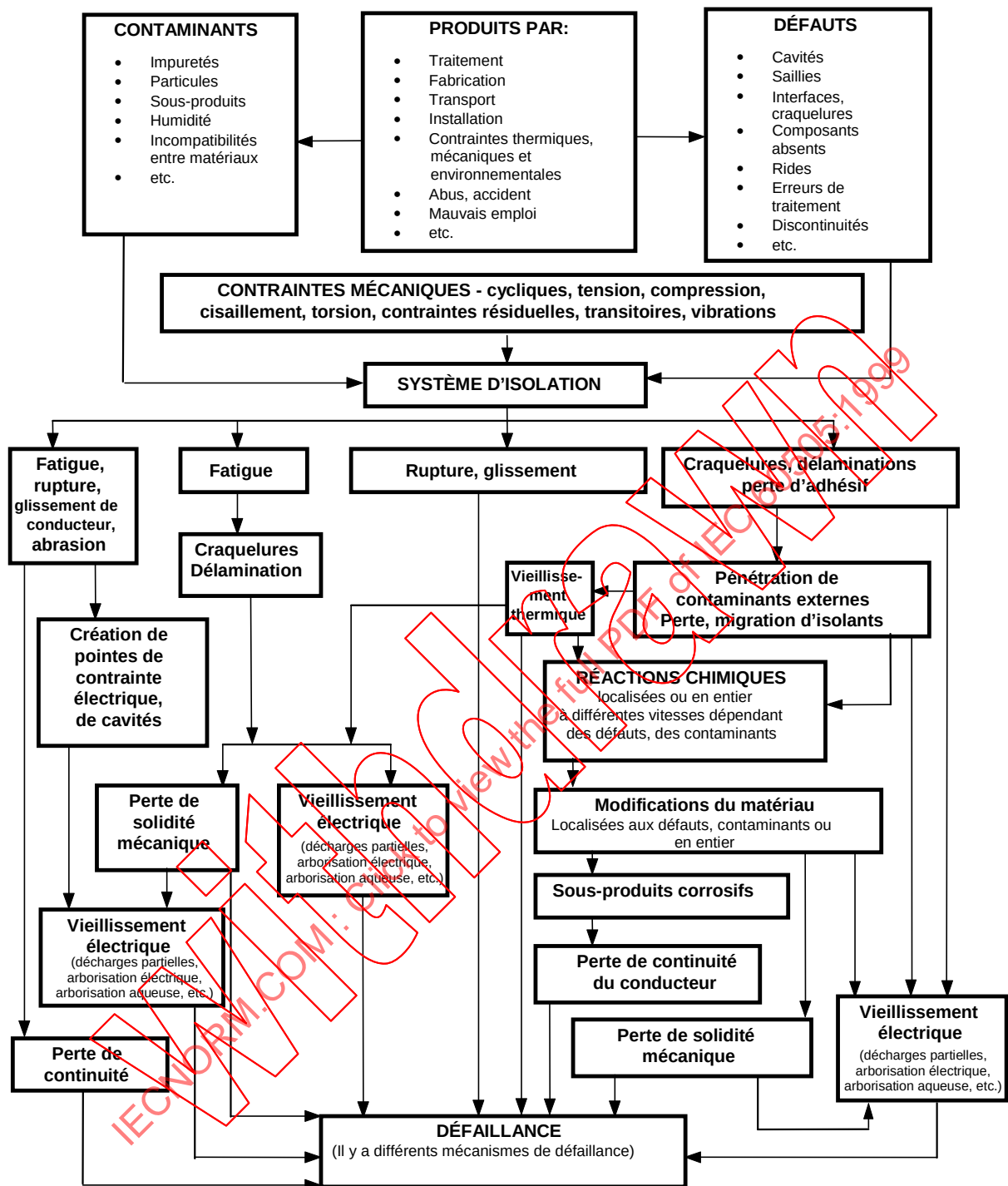
Figure B.2 – Vieillessement thermique intrinsèque/extrinsèque de systèmes d'isolation pratiques



NOTE Other stresses contribute to failure.

IEC 1813/99

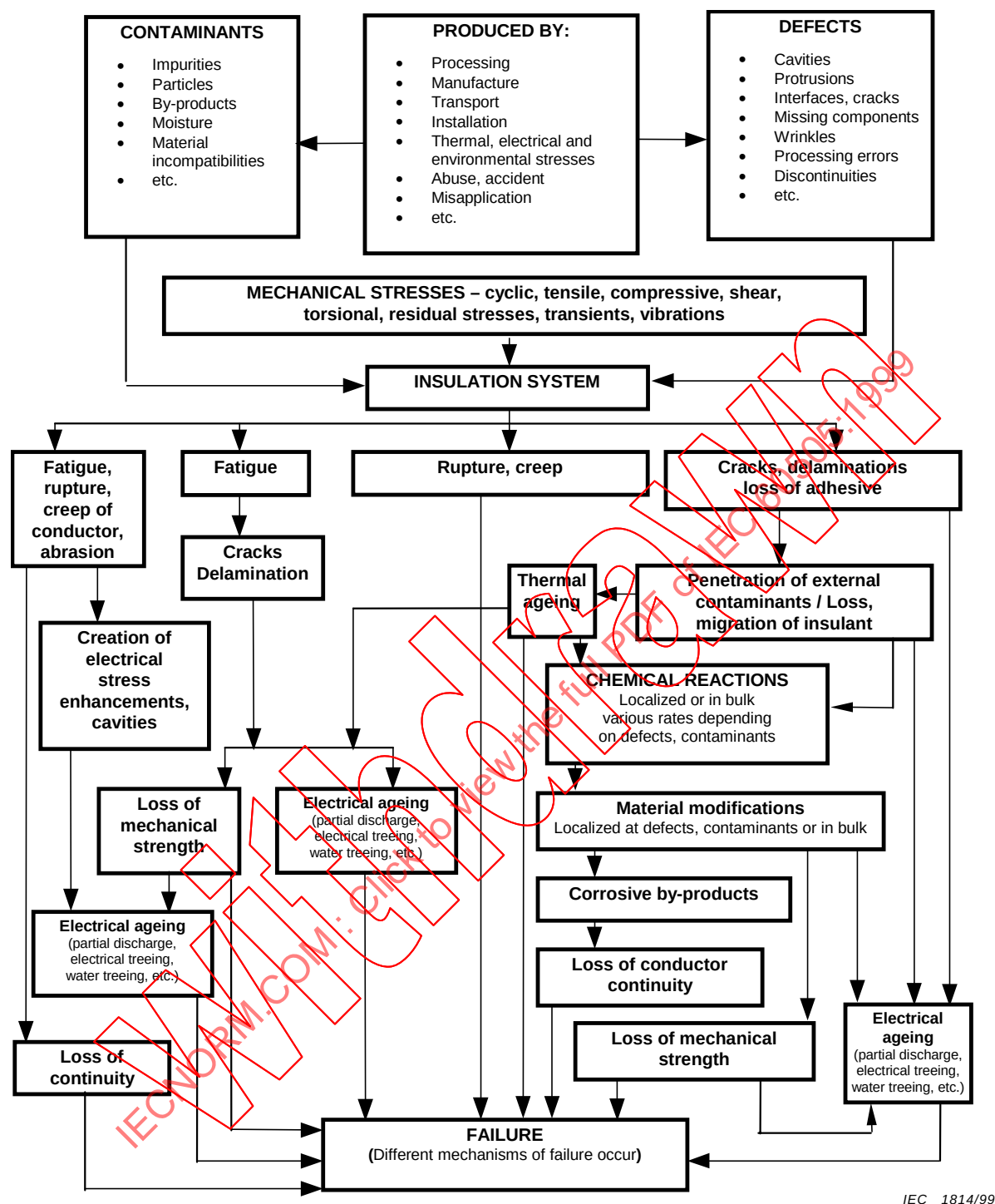
Figure B.2 – Intrinsic/extrinsic thermal ageing of practical insulation systems



IEC 1814/99

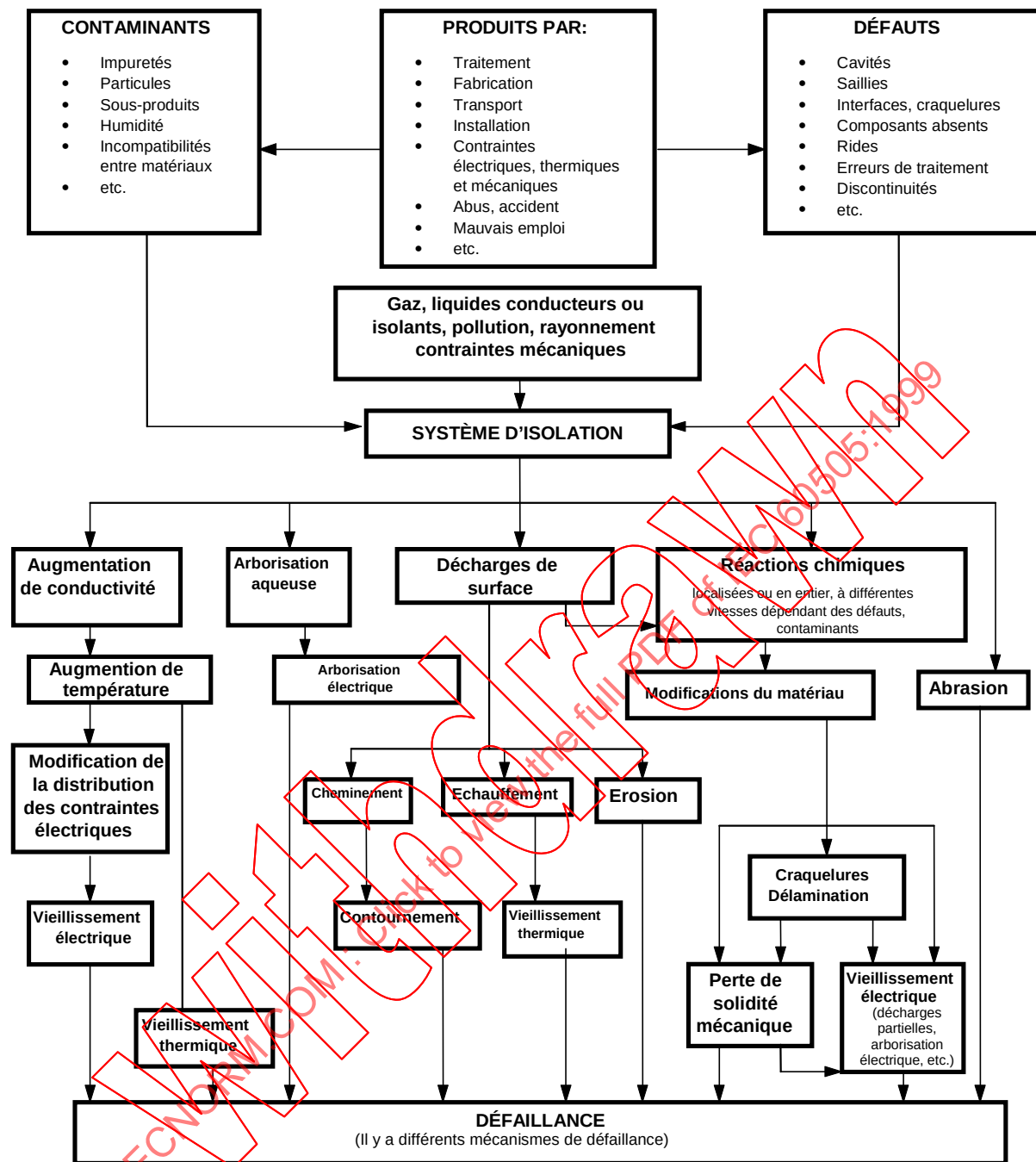
NOTE D'autres contraintes contribuent à la défaillance.

Figure B.3 – Vieillessement mécanique intrinsèque/extrinsèque de systèmes d'isolation pratiques



NOTE Other stresses contribute to failure.

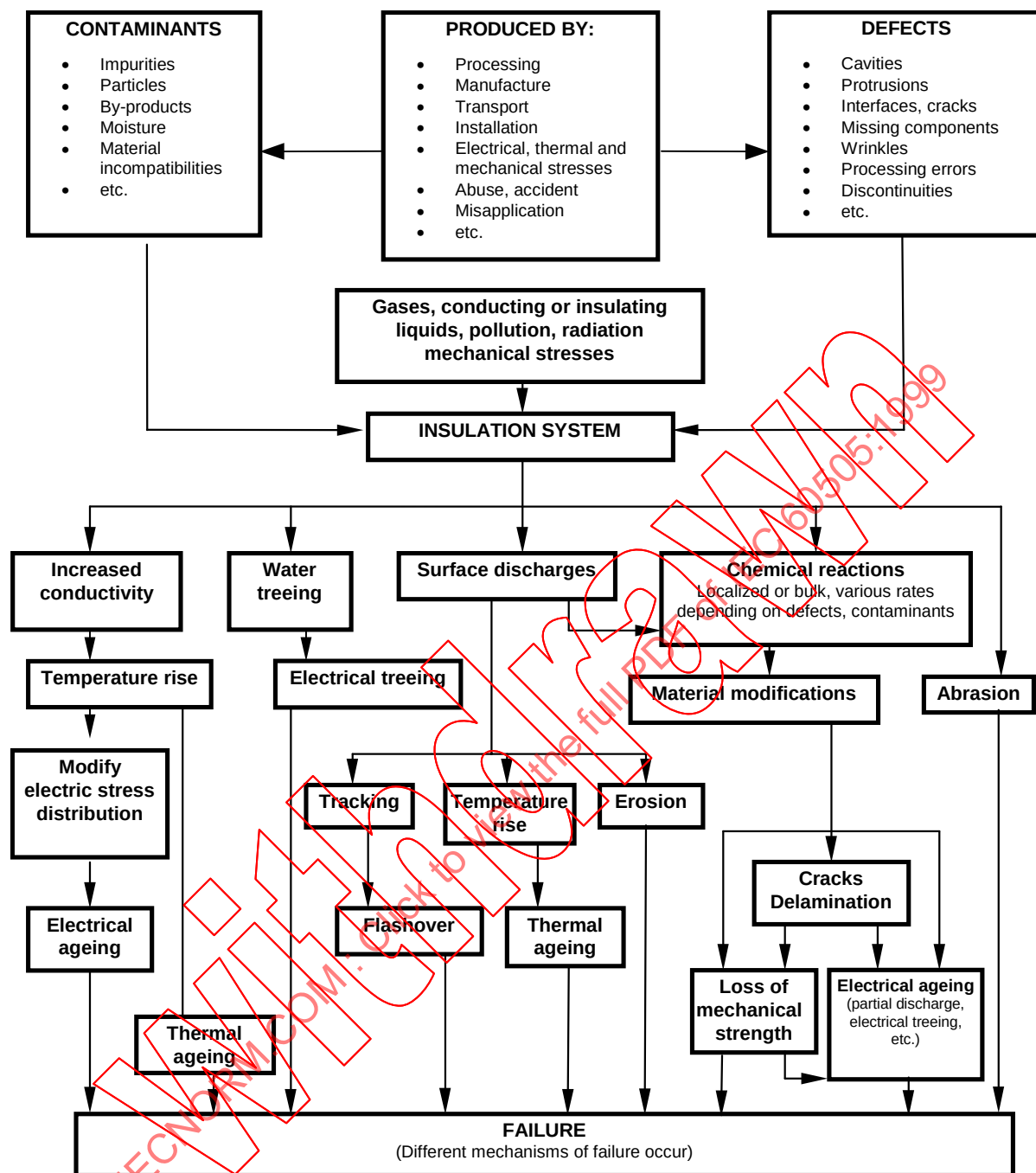
Figure B.3 – Intrinsic/extrinsic mechanical ageing of practical insulation systems



NOTE D'autres contraintes contribuent à la défaillance.

IEC 1815/99

Figure B.4 – Vieillissement environnemental intrinsèque/extrinsèque de systèmes d'isolation pratiques



NOTE Other stresses contribute to failure.

IEC 1815/99

Figure B.4 – Intrinsic/extrinsic environmental ageing of practical insulation systems