

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
1356**

Première édition  
First edition  
1995-01

---

---

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

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



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 1356: 1995

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie

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

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

## Symboles graphiques et littéraux

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

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

et pour les appareils électromédicaux,

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

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

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

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology

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

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

## Graphical and letter symbols

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

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

and for medical electrical equipment,

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

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

## IEC publications prepared by the same technical committee

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

RAPPORT  
TECHNIQUE – TYPE 2  
TECHNICAL  
REPORT – TYPE 2

CEI  
IEC  
1356

Première édition  
First edition  
1995-01

---

---

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

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

© CEI 1995 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 pro-  
cédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et  
les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

S

Pour plus, voir catalogue en ligne  
For more, see internet catalogue

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION .....	8
<b>Articles</b>	
1 Domaine d'application .....	10
2 Références normatives .....	10
3 Définitions .....	12
4 Généralités .....	12
4.1 Généralités de base .....	12
4.2 Principes des procédures d'essai .....	14
4.3 Choix d'une procédure d'essai .....	16
4.4 Principes statistiques .....	20
4.5 Etablissement des prescriptions de durée de vie d'essai .....	20
5 Epreuves d'essai .....	22
6 Séquences de vieillissement .....	22
7 Séquences de diagnostic .....	22
8 Analyse des résultats et rapport d'essai .....	22
9 Evaluation .....	24
<b>Annexes</b>	
A - Choix des essais de diagnostic et de leur niveau de contrainte .....	26
B - Exemple d'évaluation thermique d'une isolation de matériel .....	34

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	9
<b>Clause</b>	
1 Scope and object.....	11
2 Normative references.....	11
3 Definitions.....	13
4 General.....	13
4.1 General background.....	13
4.2 Principles of the test procedures.....	15
4.3 Selection of the test procedure.....	19
4.4 Statistical principles.....	21
4.5 Setting the test life requirement.....	21
5 Test specimens.....	23
6 Ageing subcycle.....	23
7 Diagnostic subcycle.....	23
8 Analysis of test results and reporting.....	23
9 Evaluation.....	25
<b>Annexes</b>	
A – Selection of the diagnostic tests and their stress levels.....	27
B – Example of thermal evaluation of an equipment insulation.....	35

11  
17  
!

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EVALUATION FONCTIONNELLE DES SYSTÈMES  
D'ISOLATION ÉLECTRIQUE –Principes de procédures d'essai lorsque l'essai  
comparatif n'est pas possible

## 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est d'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques de types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques de type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

La CEI 1356, rapport technique de type 2, a été établie par le comité d'études 63 de la CEI: Systèmes d'isolation\*.

\* Dissous: maintenant CE 98.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FUNCTIONAL EVALUATION OF ELECTRICAL  
INSULATION SYSTEMS -Principles for test procedures when comparative  
testing is not feasible

## 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 cooperation 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, prepared by technical committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but not immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

IEC 1356, which is a technical report of type 2, has been prepared by IEC technical committee 63: Insulation systems\*.

\* Disbanded; now TC 88.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
63(BC)90	63(BC)91

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

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.4.2.2 de la partie 1 des Directives CEI/ISO) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des systèmes d'isolation car il est urgent d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce document ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en œuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté d'en prolonger la validité pendant trois autres années, de la transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

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



The text of this technical report is based on the following documents:

Committee draft	Report on voting
63(CO)30	63(CO)39

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

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.4.2.2 of part 1 of the IEC/ISO Directives) as a "prospective standard for provisional application" in the field of insulation systems because there is an urgent requirement for guidance on how standards in this field should be used to meet an identified need.

This document is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

Annexes A and B are for information only.

## INTRODUCTION

Le présent rapport technique donne des principes généraux pour l'évaluation fonctionnelle de systèmes d'isolation dans les cas où une évaluation fonctionnelle comparative utilisant un système d'isolation de référence n'est pas appropriée. L'approche proposée requiert une définition précise des conditions de fonctionnement que devra subir le système d'isolation candidat. Pour ces conditions, les prescriptions d'essai de durée de vie sont déduites des valeurs de performance prévues en service. Des procédures d'essai d'endurance thermique sont décrites avec plus de détails dans ce rapport technique. D'autres cas, tels que les essais d'endurance électrique et multifactorielle, seront ajoutés à ce rapport technique dans la prochaine édition.

En liaison avec la révision de la CIE 505, toutes les publications CIE préparées par le GE 88 deviendront partie (et sections) d'une seule série CIE 505. Ce texte apparaîtra ensuite en grande partie dans une section séparée de la CIE 505-2, mais on y fera aussi référence dans les parties qui traitent des aspects spécifiques (thermiques, électriques, etc.) de l'évaluation fonctionnelle de systèmes d'isolation.

## INTRODUCTION

This technical report gives general principles for functional evaluation of insulation systems in those cases when comparative functional evaluation, using a reference insulation system, is not appropriate. The proposed approach requires the precise definition of the operating conditions to be experienced by the candidate insulation system. For these conditions, test life requirements are derived from figures of intended service performance. Thermal endurance testing procedures are described in more detail in this technical report. Other cases, such as electrical and multi-factor endurance testing, will be added to this technical report in the next edition.

In connection with the revision of IEC 505, all basic IEC publications prepared by TC 98 will become parts (and sections) of a single IEC 505 series. This text will then mainly appear as a section of IEC 505-2, but it will also be referenced in those parts that deal with the specific thermal, electrical, etc., aspects of the functional evaluation of insulation systems.

## EVALUATION FONCTIONNELLE DES SYSTÈMES D'ISOLATION ÉLECTRIQUE –

### Principes de procédures d'essai lorsque l'essai comparatif n'est pas possible

#### 1 Domaine d'application

Le présent rapport technique décrit des principes généraux de procédures d'essai d'endurance pour l'évaluation fonctionnelle de systèmes d'isolation à utiliser dans des produits électrotechniques, sans demander que les essais soient effectués sur une base comparative. Il est destiné à être utilisé dans des situations où il n'est pas possible ou approprié de spécifier un système de référence éprouvé en service tel que dans la CEI 791.

Les comités d'études de produits peuvent utiliser le présent rapport en totalité dans leur domaine ou en choisir des parties appropriées à leurs applications.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent Rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent Rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 68-2-1: 1990, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais A: Froid*

CEI 68-2-2: 1974, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essais B: Chaleur sèche*

CEI 68-2-27: 1987, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 85: 1984, *Évaluation et classification thermiques de l'isolation électrique*

CEI 505: 1975, *Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique*

CEI 610: 1978, *Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électriques: Mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic*

CEI 611: 1978, *Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique*

CEI 664, *Coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension*

## FUNCTIONAL EVALUATION OF ELECTRICAL INSULATION SYSTEMS –

### Principles for test procedures when comparative testing is not feasible

#### 1 Scope and object

This technical report describes general principles for endurance test procedures for the functional evaluation of insulation systems to be used in electrotechnical products, without requiring the tests to be performed on a comparative basis. It is intended for use in situations where it is not possible, or suitable, to specify a service-proven reference system as indicated in IEC 791.

The equipment technical committees may use this report as a whole in their domains, or they may select suitable parts to be applied in their domains.

#### 2 Normative references

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

IEC 68-2-1: 1990, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests A: Cold*

IEC 68-2-2: 1974, *Environmental testing – Part 2: Tests – Tests B: Dry heat*

IEC 68-2-27: 1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and Guidance: Shock*

IEC 85: 1984, *Thermal evaluation and classification of electrical insulation*

IEC 505: 1975, *Guide for the evaluation and identification of insulation systems of electrical equipment*

IEC 610: 1978, *Principal aspects of functional evaluation of electrical insulation systems: Ageing mechanisms and diagnostic procedures*

IEC 811: 1978, *Guide for the preparation of test procedures for evaluating the thermal endurance of electrical insulation systems*

IEC 664, *Insulation coordination within low-voltage systems*

CEI 727-1: 1982, *Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique – Première partie: Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale*

CEI 791: 1984, *Evaluation des performances de systèmes d'isolation à partir de l'expérience en service et des résultats d'essais fonctionnels*

CEI 792-1: 1985, *Essais fonctionnels à plusieurs facteurs de systèmes d'isolation électrique – Première partie: Procédures d'essai*

CEI 941: 1988, *Essais fonctionnels d'endurance mécanique des systèmes d'isolation électrique*

### 3 Définitions

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

**3.1 facteur et contrainte de diagnostic:** Facteurs d'influence utilisés dans les procédures d'essais pour déterminer l'état de l'isolation après un certain vieillissement, mais qui habituellement ne produisent pas eux-mêmes de vieillissement.

NOTE – Les mêmes facteurs et les mêmes contraintes en service réel sont appelés «facteurs et contraintes potentiellement destructifs». Voir la définition ci-dessous.

**3.2 contrainte potentiellement destructive:** Facteur d'influence en service qui peut causer la défaillance du système d'isolation vieilli, seul ou en combinaison avec d'autres contraintes. Voir 1.3 de la CEI 505.

NOTE – La contrainte potentiellement destructive peut être plus ou moins aléatoire (par exemple sur-tension, choc mécanique), continue (par exemple tension de service) ou dépendante du fonctionnement (par exemple démarrage en charge).

### 4 Généralités

#### 4.1 Généralités de base

Dans l'état actuel de la technique, les essais d'endurance thermique (ou autre) des systèmes d'isolation à longue durée de vie sont effectués sur une base comparative, en utilisant comme référence un système d'isolation éprouvé en service. Pour des applications à courte durée de vie, l'isolation d'un matériel réel peut être évaluée sans comparaison avec un système d'isolation connu (voir 1.5.2 de la CEI 505).

Dans des cas particuliers, il se peut qu'on ne puisse pas trouver un système d'isolation utilisable comme référence pour l'analyse des résultats d'essai et la classification. Exemple:

- données existantes d'expérience en service sur les systèmes d'isolation de référence jugées non fiables;
- nouvelle conception ou nouveau matériau susceptible de changer la sensibilité à une ou plusieurs contraintes potentiellement destructives;
- conditions de service et environnements nouveaux et inhabituels;
- composant ou matériel complètement nouveau.

IEC 727-1: 1982, *Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems – Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions*

IEC 791: 1984, *Performance evaluation of insulation systems based on service experience and functional tests*

IEC 792-1: 1985, *The multi-factor functional testing of electrical insulation systems – Part 1: Test procedures*

IEC 941: 1988, *Mechanical endurance functional tests for electrical insulation systems*

### 3 Definitions

For the purpose of this technical report, the following definitions apply.

**3.1 diagnostic factors and stresses:** Factors of influence, which are used in test procedures for determining the condition of the insulation after some ageing, but which usually themselves do not produce ageing.

NOTE – The same factors and stresses in actual service are called "Potentially destructive factors and stresses". See the definition below.

**3.2 potentially destructive stress:** Factors of influence in service which can cause the failure of the aged insulation system, alone or in combination with other stresses. See 1.3 of IEC 505.

NOTE – The potentially destructive stress may be (more or less) random (for example, voltage surges, mechanical shocks), continuous (for example, operating voltage) or dependent on the equipment's operation (for example, start or load).

### 4 General

#### 4.1 General background

In the present state of the art, thermal (and other) endurance tests of long-life insulation systems are performed on a comparative basis, using a service-proven insulation system as a reference. For short-life applications, the insulation of the actual equipment may be evaluated without comparison with a known insulation system (see 1.5.2 of IEC 505).

In special cases, it may not be possible to find a relevant insulation system to be used as a reference for analysis of the test results and classification. Such cases are, for example:

- existing service experience data on reference insulation systems deemed unreliable;
- a new design or material that may be expected to change the sensitivity to one or more of the potentially destructive stresses;
- new and unusual service conditions and environments;
- completely new component or equipment.

Dans ce rapport technique, on décrit des principes d'essai basés sur une connaissance fiable des **conditions réelles de service**, y compris les niveaux réels des facteurs de vieillissement (tels que les températures réelles de fonctionnement), ainsi que les niveaux de contrainte de divers facteurs potentiellement destructifs, avec leurs distributions de durée et de grandeur et leurs valeurs maximales acceptables. En parlant de ces conditions de service, on peut représenter des prescriptions pour des valeurs de durée de vie en service dans les essais de vieillissement.

Ces principes d'essai peuvent être appelés **essais fonctionnels non comparatifs basés sur l'expérience en service**. Ils peuvent aussi être applicables à l'évaluation du matériel à courte durée de vie mentionné ci-dessus.

NOTE – Bien que les nouvelles prescriptions soient exprimées en termes absolus, elles sont fortement basées sur la connaissance des conditions de service, qui est une part importante de l'expérience en service. Il convient d'encourager les investigations sur les conditions réelles de service.

En choisissant la procédure d'essai, le comité d'études ou le laboratoire d'essai peut utiliser l'organigramme de la figure 1, qui présente, de gauche à droite, une séquence de «performances», avec une influence décroissante de l'expérience directe en service et une influence croissante des conditions définies en service.

Les essais d'endurance des systèmes d'isolation permettent d'estimer les niveaux de contrainte appropriés en service auxquels le système d'isolation dans tout matériel particulier est capable de fonctionner pendant toute la durée de vie prévue en service. Les essais d'endurance peuvent aussi être utilisés pour estimer la durée de vie attendue en service d'un système aux contraintes du type, fondée sur une durée de vie observée dans un essai de laboratoire.

En fonctionnement, l'isolation ordinairement se détériore progressivement jusqu'à ce qu'elle ne puisse plus supporter plus longtemps les contraintes potentiellement destructives, et claque, produisant une défaillance du matériel. Il y a quatre principaux facteurs d'influence qui peuvent causer un vieillissement de l'isolation: thermique, électrique, ambiant (environnemental) et mécanique (T, E, A, M, voir CEI 505). D'autres contraintes appelées «facteurs potentiellement destructifs» (telles que les surtensions) peuvent détruire l'isolation mais peuvent causer un faible vieillissement.

Comme signalé ci-dessus, il est demandé de connaître les valeurs réelles des contraintes affectant l'état du système d'isolation durant le service et durant les essais fonctionnels. Afin d'effectuer les estimations requises, un ensemble de conditions de service du type spécifique au produit et à l'utilisation envisagée est introduit comme concept de base.

NOTE – Dans la CEI 792-1, le terme «conditions de service de référence» est utilisé. Il est ici remplacé par «conditions de service du type».

Pour plus d'informations sur les procédures d'essai de vieillissement et de diagnostic, voir les CEI 505, CEI 610, CEI 611, CEI 727, CEI 781, CEI 792 et CEI 941.

#### 4.2 Principes des procédures d'essai

Les procédures d'essai d'endurance sont basées sur le fait bien connu que le vieillissement d'un système d'isolation est accéléré lorsque le niveau de la contrainte de vieillissement est augmenté et que, parfois, la forme de la courbe de vieillissement, c'est-à-dire la loi physique régissant la durée de vie en essai en fonction du niveau de contrainte, est connue.



In this technical report, testing principles are described which are based on reliable knowledge of **actual service conditions**, including the real levels of ageing factors (such as actual operating temperatures), as well as stress levels of various potentially destructive factors, with their duration and magnitude distributions and acceptable maximum values. Starting from these service conditions, requirements for service life values in ageing tests can be presented.

These testing principles may be called **non-comparative functional testing based on service experience**. They may also be applicable to the evaluation of short-life equipment mentioned above.

NOTE – Although the new requirements are expressed in absolute terms, they are strongly based on the knowledge of the service conditions, which is an important part of service experience. Investigations of actual service conditions should be encouraged.

When selecting the test procedure, the technical committee or testing organization may use the flow chart in figure 1, which presents, from left to right, a sequence of "performances" with decreasing influence of direct service experience and increasing influence of defined service conditions.

Endurance tests of insulation systems serve the purpose of estimating the appropriate service stress levels where the insulation system in any particular equipment is capable of operating throughout the intended service life. Endurance tests can also be used for estimating the expected service life of a system at its design basis stresses, based on an observed laboratory test life.

In operation, the insulation usually deteriorates gradually, until it can no longer withstand the potentially destructive stresses and breaks down, leading to a failure of the equipment. There are four principal factors of influence which may cause ageing of the insulation: thermal, electrical, ambient (environmental) and mechanical (T, E, A, M, see IEC 505). Other stresses, called "potentially destructive factors" (such as overvoltages), may destroy the insulation, but may cause little ageing.

As pointed out above, knowledge of the actual values of the stresses affecting the state of the insulation system during service and during the functional tests is required. For the purpose of the required estimations, a set of design basis service conditions specific to the envisaged product and use is introduced as a basic concept.

NOTE – In IEC 792-1, the term "reference service conditions" is used. It is replaced here by "design basis service conditions".

For more information about ageing tests and diagnostic procedures, see IEC 505, IEC 610, IEC 611, IEC 727, IEC 791, IEC 792 and IEC 941.

#### 4.2 Principles of the test procedures

The endurance test procedures are based on the generally known fact that ageing of an insulation system is accelerated when the level of the ageing stress is raised: and that sometimes the shape of the ageing curve, that is, the physical law governing test life as a function of the stress level, is known.

Par des essais d'endurance à différents niveaux de contrainte, on obtient la durée de vie en essai de laboratoire du système d'isolation en fonction de la contrainte de vieillissement. Ces résultats peuvent alors être extrapolés aux niveaux de contrainte des conditions de service du type pour établir les caractéristiques assignées du système d'isolation (voir figure 3).

#### 4.2.1 Essais de diagnostic

La détérioration d'une isolation vieillie en service est habituellement causée par des contraintes potentiellement destructives. Par conséquent, des essais de diagnostic reproduisant les contraintes potentiellement destructives sont effectués durant la procédure d'essai de vieillissement.

La procédure d'essai d'endurance peut être cyclique ou continue, selon les essais de diagnostic requis et la complexité du vieillissement, comme décrit au tableau 1.

**Tableau 1 – Procédures cycliques et continues**

Numéro de cas	1	2	3	4	5	6
Procédure	Cyclique				Continue	
Vieillessement à un seul facteur	oui	non	non	non	oui	non
Plusieurs facteurs simultanée	non	oui	non	non	non	oui
Plusieurs facteurs séquentiels	non	non	oui	oui	non	non
Essais de diagnostic	oui	oui	oui	non	non	non

Les procédures cycliques, cas 1 à 4 dans le tableau 1, sont appropriées lorsqu'il est vraisemblable que des contraintes autres que celles de vieillissement soient cause de détérioration, ou lorsque les contraintes de vieillissement sont appliquées séquentiellement. Habituellement elles consistent en plusieurs cycles d'essai, chaque cycle étant composé de séquences.

- Les séquences de vieillissement, conduites à des niveaux de contrainte élevés, servent à vieillir l'isolation de manière accélérée. Le degré d'accélération est choisi en relation avec le niveau de contrainte en service du facteur de vieillissement.

NOTE – Dans les cas où des niveaux exceptionnels de contraintes de vieillissement se produisent plus ou moins régulièrement en service (par exemple périodes de surcharge, augmentant sensiblement la température), la séquence de vieillissement peut être divisée également en périodes de niveaux de contrainte plus ou moins élevés.

- Après chaque séquence de vieillissement, les éprouvettes d'essai sont soumises à une séquence d'essai de diagnostic (sauf dans le cas 4 du tableau 1), qui peut comprendre des essais de tension, de décharges partielles, de contrainte mécanique, une exposition à l'humidité ou à des agents chimiques et d'autres essais de diagnostic. Certaines contraintes de vieillissement peuvent ne pas causer directement une détérioration, alors que d'autres (par exemple la tension) le peuvent, en agissant simultanément comme facteurs de vieillissement et de diagnostic.

Il convient que l'importance et la sévérité des essais de diagnostic soient en corrélation avec les contraintes potentiellement destructives réelles ou attendues. Dans ce but, des directives sont données en 4.3.2 pour permettre à l'utilisateur du présent rapport

Through endurance tests at several stress levels, the laboratory test life of the insulation system is found as a function of the ageing stress. These results may then be extrapolated to stress levels of the design basis service conditions to establish the rating of the insulation system (see figure 3).

#### 4.2.1 Diagnostic tests

Failure of an aged insulation in service is usually caused by the potentially destructive stresses. Therefore, diagnostic tests reproducing the potentially destructive stresses are performed during the ageing test procedure.

The endurance test procedure may be cyclical or continuous, depending on the required diagnostic tests and ageing complexity, as depicted in table 1.

Table 1 – Cyclical and continuous procedures

Case number	1	2	3	4	5	6
Procedure	Cyclical				Continuous	
Single-factor ageing	yes	no	no	no	yes	no
Multi-factor simultaneous	no	yes	no	no	no	yes
Multi-factor sequential	no	no	yes	yes	no	no
Diagnostic tests	yes	yes	yes	no	no	no

**Cyclical procedures**, cases 1 to 4 in table 1, are suitable, when other than ageing stresses are expected to cause failure, or when the ageing stresses are being applied sequentially. They usually consist of several test cycles, each cycle being composed of subcycles.

- The ageing subcycles, conducted at elevated stress levels, serve to age the insulation on an accelerated basis. The degree of acceleration is selected in relation to the service stress level of the ageing factor.

**NOTE** – In such cases when exceptional ageing stress levels occur in service more or less regularly (for example overload periods, raising the temperature appreciably), the ageing subcycle may be divided correspondingly into periods of lower and higher stress levels.

- After each ageing subcycle, the test specimens are subjected to a diagnostic test subcycle (except in the case of 4 of table 1), which may include voltage tests, partial discharge tests, mechanical stress tests, exposure to humidity or chemicals, and other diagnostic tests. Some ageing stresses may not directly cause failure, whereas some (for example, voltage) do, acting simultaneously as ageing and diagnostic factors.

The extent and severity of the diagnostic tests should correlate with actual or expected potentially destructive stresses. For this purpose, guidelines are given in 4.3.2 that enable the user of this technical report to select the appropriate test procedure. When feasible,

technique de choisir la procédure d'essai appropriée. Si possible, le comité d'études de matériel peut choisir les procédures d'essai pertinentes à utiliser dans son domaine.

**Les procédures continues**, cas 5 et 6 dans le tableau 1, sont appropriées lorsqu'il est vraisemblable que le facteur de vieillissement ou plusieurs facteurs de vieillissement en combinaison sont simultanément le plus important facteur de défaillance. Dans ces procédures, les essais cycliques peuvent ne pas être appropriés ou même valides.

#### 4.2.2 Procédures d'essai d'endurance thermique

Dans le vieillissement thermique, le degré d'accélération obéit d'ordinaire à la loi d'Arrhenius des vitesses de réaction chimique. La durée de vie de l'isolation est alors gouvernée par l'équation:

$$L = L_0 \cdot \exp(K/T)$$

où

$L$  est la durée de vie;

$T$  est la température thermodynamique (absolue);

$L_0$  et  $K$  sont des constantes.

Cette équation décrit une ligne droite en coordonnées d'Arrhenius ( $\log L$ ,  $1/T$ ). En se basant sur cette relation, on fait une extrapolation des résultats d'essai faiblement en dessous du domaine de température d'essai ou une interpolation à l'intérieur de ce domaine, pour trouver la capacité thermique de l'isolation en question (voir CEI 611).

#### 4.2.3 Autres procédures d'essai d'endurance

A l'étude.

### 4.3 Choix d'une procédure d'essai

Le concept de **conditions de service du type**, à utiliser comme une base dans les essais fonctionnels à plusieurs facteurs des systèmes d'isolation, a été introduit dans la CEI 792 en utilisant le terme «conditions de service de référence». Un ensemble de conditions de service du type établi est une base d'essai fonctionnel conformément au présent rapport technique. Cet ensemble inclut:

- la liste des facteurs de vieillissement pertinents avec leurs niveaux maximaux de contrainte de vieillissement;
- la liste des facteurs potentiellement destructifs pertinents, avec leur niveau maximal ou le plus nuisible connu ou estimé.

Une exigence fixe de durée de vie d'essai est possible seulement si le vieillissement dans l'essai procède de la même manière qu'en service, et si l'on s'attend à ce que l'isolation dans l'essai de vieillissement ait une défaillance selon la même cause que celle due au vieillissement en service. Pour que cela se produise, le(s) facteur(s) de vieillissement dans l'essai doit être le même (mais probablement intensifié relativement) que les facteurs de vieillissement en service, et les facteurs de diagnostic appliqués dans un essai de vieillissement doivent être les mêmes que les facteurs potentiellement destructifs en service et produire des contraintes égales dans les essais de diagnostic. Les conditions de service du type devraient inclure tous ces facteurs et ces niveaux de contrainte.

the equipment technical committee may select the relevant test procedures to be used in its domain.

**Continuous procedures**, cases 5 and 6 in table 1, are suitable when the ageing factor, or several ageing factors in combination, are expected simultaneously to be the most important failure-causing factor. In these procedures, cyclical testing may not be suitable or even valid.

#### 4.2.2 Thermal endurance test procedures

In thermal ageing, the degree of acceleration usually obeys the Arrhenius law of chemical reaction rates. The life of insulation is then governed by the equation

$$L = L_0 \cdot \exp (K/T)$$

where

$L$  is the life;

$T$  is the thermodynamic (absolute) temperature;

$L_0$  and  $K$  are constants.

This equation describes a straight line in the Arrhenius coordinates ( $\log L$ ,  $1/T$ ). Based on this relationship, extrapolation of the ageing test results is made moderately below the test temperature range, or interpolation within the range, to find the thermal capability of the insulation in question (see IEC 611).

#### 4.2.3 Other endurance test procedures

Under consideration.

#### 4.3 Selection of the test procedure

The concept of **design basis service conditions**, to be used as a basis in multi-factor functional tests of insulation systems, was introduced in IEC 792, then using the term "reference service conditions". A set of established design basis service conditions is a basis of functional tests, according to this technical report. The set includes:

- the list of relevant ageing factors with their maximum ageing stress levels;
- the list of relevant potentially destructive factors, with their known, estimated maximum, or most deleterious levels.

A fixed test life requirement is feasible only if ageing in the test will proceed in the same fashion as in service, and if the insulation can be expected to fail in an ageing test from the same cause as failure in service, caused by ageing. To make this happen, the ageing factor(s) in the test must be the same as (but probably intensified in relation to) ageing factors in service, and the diagnostic factors applied in an ageing test must be the same as the potentially destructive factors in service, and produce equal stresses in the diagnostic tests. The design basis service conditions should include all these factors and stress levels.

#### 4.3.1 *Analyse des facteurs de vieillissement*

Une analyse soigneuse des facteurs de vieillissement pour trouver les effets du vieillissement peut comprendre:

- la liste des différents facteurs de vieillissement possibles;
- l'analyse des contraintes produites par ces facteurs;
- les essais fonctionnels préliminaires;
- l'analyse des cas de défaillance.

L'utilisateur de cette procédure d'essai doit s'assurer quel facteur de vieillissement, si tant est qu'il y en ait, est le facteur de vieillissement dominant dans l'isolation concernée.

Si des essais séparés à un seul facteur de vieillissement sont possibles, ils peuvent être effectués conformément à la norme pertinente. Cependant, il convient qu'ils soient effectués conformément aux principes donnés dans le présent rapport technique, pour autant que le choix de la procédure d'essai et l'évaluation soient concernés.

S'il y a (ou si l'on pense qu'il y a) plusieurs facteurs importants de vieillissement ou des interactions entre les facteurs de vieillissement (effets de synergie), de sorte que par exemple le vieillissement thermique ne peut pas être essayé en utilisant des essais de vieillissement séparés, alors il est conseillé à l'utilisateur de suivre les principes des essais à plusieurs facteurs décrits dans la CEI 792, lorsqu'il applique les principes du présent rapport technique.

#### 4.3.2 *Analyse des facteurs et des contraintes potentiellement destructifs*

Choisir les contraintes qui peuvent causer une défaillance ou contribuer au développement de la défaillance d'une isolation vieillie. En faisant cela, utiliser toute information disponible à partir de l'analyse des contraintes, de l'analyse des propriétés de l'isolation et de la défaillance, ainsi que des conditions typiques de fonctionnement (voir annexe A).

#### 4.4 *Principes statistiques*

Il convient que le nombre d'éprouvettes d'essai à chaque niveau de contrainte de vieillissement soit suffisant pour fournir une estimation fiable de la durée de vie moyenne (ou log de la durée de vie moyenne ou durée de vie médiane, comme il convient), de préférence avec ses limites de confiance. Dans la plupart des cas, il convient que ce nombre soit au moins égal à 10.

Il convient d'utiliser les statistiques appropriées, par exemple basées sur des lois log-normales, normales ou de Weibull.

#### 4.5 *Etablissement des prescriptions de durée de vie d'essai*

En utilisant la connaissance disponible:

- des conditions typiques réelles de service;
- des résultats d'essai fonctionnel sur de précédents systèmes d'isolation;
- des données d'endurance sur matériaux seuls (voir note 2 ci-dessous);
- de la performance projetée de l'isolation du matériel en question;
- des données de défaillance connues du matériel existant.

#### 4.3.1 *Analysis of ageing factors*

Careful analysis of ageing factors to find ageing effects may include:

- listing of various possible ageing factors;
- analysis of stresses produced by those factors;
- preliminary functional tests;
- analysis of failure cases.

The user of this test procedure should himself ensure which ageing factor, if any, is the dominating ageing factor in the insulation concerned.

If separate single-factor ageing tests are feasible, they may be performed according to the relevant standard. However, they should be performed following principles given in this technical report, as far as the selection of test procedure and evaluation are concerned.

If there are (or are suspected to be) several important ageing factors, or interactions between ageing factors (synergistic effects), so that, for example, thermal ageing cannot be tested using separate ageing tests, then the user is advised to follow the multi-factor testing principles described in IEC 792 when applying the principles of this technical report.

#### 4.3.2 *Analysis of potentially destructive factors and stresses*

Select the stresses which may cause failure, or contribute to the development of a failure, of an aged insulation. When doing this, use all information available from stress analysis, properties of the insulation, and failure analysis, as well as from typical operating conditions (see annex A).

#### 4.4 *Statistical principles*

The number of test specimens at each ageing stress level should be adequate to produce a reliable estimate of the mean life (or log mean life or median life, as appropriate), preferably with the confidence limits. In most cases, this number should be at least 10.

Appropriate statistics, that is based on log-normal, normal, or Weibull distribution, should be used.

#### 4.5 *Setting the test life requirement*

Using the available knowledge of:

- the actual typical service conditions;
- the functional test results on earlier insulation systems;
- endurance data on single materials (see note 2 below);
- intended performance of the equipment insulation in question;
- known failure data of existing equipment.

Il est recommandé que le comité d'études (ou le laboratoire d'essai, s'il n'y a pas de décision du comité d'études) fixe une limite de durée de vie d'essai ( $L_0$  dans la figure 3). Ceci devrait assurer une durée de vie suffisante en service, à utiliser lorsque les résultats sont extrapolés à des niveaux inférieurs de contrainte de vieillissement, dans le domaine des conditions de service du type.

#### NOTES

- 1 Lorsque ces principes sont suivis soigneusement, une somme considérable d'expérience en service sera liée indirectement à l'essai fonctionnel.
- 2 Les données d'endurance sur matériaux seuls ne seront précieuses que si le système d'isolation est considéré comme très simple ou contraint simplement.

#### 4.5.1 Durée de vie d'essai de vieillissement thermique

Lorsque la capacité thermique du système d'isolation est essayée, la température trouvée à la limite de durée de vie d'essai donnée ci-dessus est utilisée pour déterminer la performance thermique selon le système d'identification de la performance du produit.

### 5 Echantillons d'essai

Suivre la norme d'essai appropriée. Lorsqu'il n'y a pas de norme d'essai pertinente pour le matériel en question, on peut appliquer les CEI 611, CEI 691, CEI 941, CEI 792 et CEI 505.

### 6 Séquences de vieillissement

Suivre la norme d'essai appropriée. Lorsqu'il n'y a pas de norme d'essai pertinente pour le matériel en question, on peut appliquer les CEI 611, CEI 691, CEI 941, CEI 792 et CEI 505, en vue de suivre les principes d'évaluation universellement admis.

### 7 Séquences de diagnostic

Il est recommandé que les Comités d'Etudes de matériel suivent les principes donnés en 4.2 et 4.3 en choisissant les types des essais de diagnostic et leurs niveaux de contrainte. Les considérations données en annexe A peuvent être utiles dans le processus de choix.

Il convient que les essais de diagnostic soient effectués suivant les normes d'essai appropriées, lorsqu'elles existent.

### 8 Analyse des résultats et rapport d'essai

Selon l'essai de vieillissement à disposition, les principes suivants peuvent être inclus dans l'analyse des données et le rapport:

- moyenne, log de la moyenne ou temps médians jusqu'à défaillance à chaque niveau de contrainte de vieillissement;
- courbe de régression appropriée des résultats, en fonction du niveau de contrainte de vieillissement;
- représentation graphique des résultats d'essai utilisant un système de coordonnées approprié;
- traitement des résultats suivant les méthodes statistiques appropriées.



The technical committee (or testing organization, if no technical committee decision exists) should fix a test life time limit ( $L_p$  in figure 3). This should ensure an adequate life in service, to be used when the results are extrapolated to lower ageing stress levels, in the range of design basis service conditions.

#### NOTES

- 1 When these principles are carefully followed, a considerable amount of service experience will indirectly be linked with the functional testing.
- 2 Endurance data on single materials may be valuable only when the insulation system is considered to be very simple and simply stressed.

#### 4.5.1 Thermal ageing test life

When thermal capability of the insulation system is being tested, the temperature found at the test life limit given above is used to determine the thermal performance according to the product's performance identification system.

#### 5 Test specimens

Follow the appropriate test standard. When there is no relevant test standard for the equipment in question, IEC 611, IEC 691, IEC 941, IEC 792 and IEC 505 may be applied.

#### 6 Ageing subcycle

Follow the appropriate test standard. When there is no relevant test standard for the equipment in question, IEC 611, IEC 691, IEC 941, IEC 792 and IEC 505 may be applied, in order to follow the generally accepted principles of evaluation.

#### 7 Diagnostic subcycle

It is recommended that the equipment technical committee follow the principles given in 4.2 and 4.3 when selecting the types of diagnostic tests and their stress levels. The considerations given in annex A may be helpful in the selection process.

The diagnostic tests should be performed following the appropriate test standards, when they exist.

#### 8 Analysis of test results and reporting

Depending on the ageing test at hand, the following principles may be included in the analysis of data and reporting:

- average, log average or median times to failure at each ageing stress level;
- appropriate regression line of the results, as a function of the ageing stress level;
- graphical presentation of the test results using a suitable coordinate system;
- the results should be treated using appropriate statistical methods.

## 9 Evaluation

En utilisant la limite de durée de vie d'essai fixée ci-dessus (en 4.5), extrapoler ou interpoler la durée de vie d'essai (et ses limites de confiance) jusqu'à cette durée. Le niveau de contrainte trouvé à ce point est utilisé pour déterminer la capacité du système d'isolation en service pour l'application particulière en question (voir figure 3).

Des instructions pour l'extrapolation des résultats d'essai d'endurance thermique sont données dans la CEI 611.

Les règles pour l'extrapolation des autres résultats d'essai d'endurance sont à l'étude.

## 9 Evaluation

Using the test life time limit fixed above (in 4.5), extrapolate or interpolate the test life (and its confidence limit) to that time. The stress level found at that point is used to determine the capability of the insulation system in service for the particular application in question (see figure 3)

Instructions for extrapolation of thermal endurance test results are given in IEC 611.

Rules for extrapolation of other endurance test results are under consideration.

## Annexe A (informative)

### Choix des essais de diagnostic et de leur niveau de contrainte

En choisissant les types d'essai de diagnostic et leurs niveaux de contrainte, les principes d'analyse du tableau 2 et les Instructions de A.1 à A.4 peuvent être appliqués.

**Tableau 2 – Analyse des contraintes potentiellement destructives  
(ces contraintes ne causent pas de vieillissement appréciable)**

1 Facteurs potentiellement destructifs et leurs niveaux	2 Action
<b>CONTRAINTES MÉCANIQUES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Accélération maximale de vibration <math>\leq 2 \text{ m/s}^2</math></li> <li>- Accélération maximale de vibration <math>&gt; 2 \text{ m/s}^2</math></li> <li>- Niveau de choc maximal <math>&gt; 15 \text{ m/s}^2</math></li> <li>- Contraintes mécaniques négligeables</li> <li>- Contraintes mécaniques intermédiaires (contrainte de flexion entre 1 % et 5% de la force)</li> <li>- Contraintes mécaniques élevées (contrainte de flexion <math>&gt; 5\%</math> de la force)</li> <li>- Tensions mécaniques élevées</li> <li>- Contraintes thermomécaniques importantes: valeur de crête, fréquence d'apparition</li> <li>- Autres contraintes mécaniques</li> </ul>	Choisir dans A.1: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pas d'essai de vibration</li> <li>- Essai de vibration (A)</li> <li>- Essai de choc CEI 68 (B)</li> <li>- Pas d'essai mécanique</li> <li>- Essai de vibration (A)</li> <li>- Essai spécial, avec environ 2 x (contraintes de service) (C)</li> <li>- Essai spécial, avec environ 2 x (tensions de service) (C)</li> <li>- Essai spécial (non inclus dans A.1)</li> <li>- Essai spécial (non inclus dans A.1)</li> </ul>
<b>HUMIDITÉ:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Toujours inférieure à 75% d'humidité relative</li> <li>- Supérieure à 75% d'humidité relative sans condensation</li> <li>- Condensation possible sur l'isolation</li> <li>- Submersion ou trempage complet possible sous tension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Passer A.2</li> <li>- Choisir dans A.2 la procédure appropriée</li> </ul>
<b>TENSION: continue, alternative ou pulsatoire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tension nominale maximale de l'isolation</li> <li>- Tensions maximales entre parties importantes, dont le court-circuit conduit à une défaillance: valeurs de crête, fréquence d'apparition</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir dans A.4 les tensions d'essai appropriées</li> </ul>
<b>CONTRAINTES THERMIQUES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Température maximale de courte durée</li> <li>- Gradient maximal de température</li> <li>- Très basse température de fonctionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choisir dans A.3 l'essai approprié</li> </ul>
<b>POUSSIÈRES CONDUCTRICES SUR LIGNES DE FUITE.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Poussières de carbone ou similaires</li> <li>- Sel, etc., conducteur si humide</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Envisager des essais supplémentaires de diagnostic, A.5</li> </ul>
<b>AUTRES CONTRAINTES POTENTIELLEMENT DESTRUCTIVES:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Produits chimiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Essai spécial</li> </ul>

**Annex A**  
(informative)

**Selection of the diagnostic tests and their stress levels**

When selecting the types of diagnostic tests and their stress levels, the analyzing principles of table 2, and instructions in A.1 to A.4 may be applied.

**Table 2 – Analysis of potentially destructive stresses**  
(these stresses do not cause appreciable ageing)

1 Potentially destructive factors and their levels	2 Action
<b>MECHANICAL STRESS:</b> – Maximum vibration acceleration $\leq 2 \text{ m/s}^2$ – Maximum vibration acceleration $> 2 \text{ m/s}^2$ – Maximum shock level $> 15 \text{ m/s}^2$ – Mechanical stresses negligible – Mechanical stresses intermediate (flexural stress between 1 % and 5% of the strength) – Mechanical stresses high (flexural stress $> 5\%$ of the strength) – Mechanical strains high – Thermomechanical stresses important: peak value, frequency of occurrence Other mechanical stresses	<b>Choose from A.1:</b> – No vibration test – Vibration test (A) – IEC 68 shock test (B) – No mechanical test – Vibration test (A) – Special test, with approximately 2 x (service stresses) (C) – Special test, with approximately 2 x (service strains) (C) – Special test (not included in A.1) – Special test (not included in A.1)
<b>HUMIDITY:</b> – Always lower than 75 % relative humidity – Over 75 % relative humidity without condensation – Condensation on insulation possible – Submersion or thorough wetting when energized possible	– Skip A.2 – Select appropriate procedure from A.2
<b>VOLTAGE:</b> d.c., a.c. or pulsating – Maximum nominal voltage of insulation – Maximum voltages between important parts, the short-circuiting of which leads to failure: peak values and frequency of occurrence	– Select appropriate test voltages from A.4
<b>THERMAL STRESS:</b> – Maximum short-time temperature – Maximum temperature gradient – Very low operating temperature	– Select appropriate test from A.3
<b>CONDUCTING DIRT ON CREEPAGES:</b> Carbon dust or similar – Salt, etc., conducting when wet	– Consider additional diagnostic tests, A.5
<b>OTHER POTENTIALLY DESTRUCTIVE STRESSES:</b> – Chemicals	– Special test

### A.1 Essais mécaniques

Aussi souvent que possible, il convient que l'essai de contrainte soit choisi parmi les suivants, à la suite de l'analyse conformément à 4.3.2.

#### A) Essai de vibration

Fréquence:  $f = 40 \text{ Hz à } 130 \text{ Hz}$

Accélération:  $a = 15 \text{ m/s}^2$

Amplitude:  $x = a/(2\pi f)^2$

Durée d'essai: durée équivalente à 360 000 cycles  $t = 100/f$  heure

#### B) Essai de choc (CEI 68-2-27)

Nombre de chocs: Il convient qu'il soit choisi pour correspondre au nombre de chocs en service d'une manière appropriée.

Accélération maximale:  $50 \text{ m/s}^2$  à  $60 \text{ m/s}^2$

#### C) Essai spécial

Nombre recommandé de cycles de contrainte ou durée d'essai: 1/10 du nombre attendu de cycles de contrainte ou du temps de contrainte en service.

Contrainte maximale: 2 x contrainte attendue en service (ceci comprend un facteur modéré de sécurité).

### A.2 Essais d'humidité

Aussi souvent que possible, il convient que l'essai d'humidité soit choisi parmi les suivants, à la suite de l'analyse conformément à 4.3.2.

Détails de l'essai d'humidité: suivre la norme d'essai appropriée. Voir par exemple CEI 68.

#### A) Essai d'humidité sans dépôt de buée

Avant l'essai d'humidité, préchauffer les objets d'essai à  $40 \text{ °C}$  à  $50 \text{ °C}$ . Placer les objets d'essai chauds directement dans la chambre d'humidité qui a été préétablie à une température de  $40 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$  et à une humidité relative de 90 % à 95 %.

Durée d'essai d'humidité: 2 jours.

#### B) Essai d'humidité avec dépôt visible de buée

Il convient que les objets d'essai soient exposés pendant 2 jours dans une atmosphère de 95 % à 100 % d'humidité relative avec dépôt visible de buée sur la surface de l'isolation.

Il est recommandé que les essais de tension suivant l'essai d'humidité soient faits alors que les éprouvettes sont encore dans la chambre d'essai d'humidité.

Une méthode d'essai possible pour avoir un dépôt visible de buée de manière reproductible est de refroidir les éprouvettes à K à 5 K en dessous de l'air ambiant dans une atmosphère à 100 % d'humidité relative.

### A.1 Mechanical tests

Whenever possible, the mechanical stress test should be selected from the following alternatives, as a result of analysis according to 4.3.2.

#### A) Vibration test

Frequency:	$f = 40 \text{ Hz to } 130 \text{ Hz}$
Acceleration:	$a = 15 \text{ m/s}^2$
Amplitude:	$x = a / (2\pi f)^2$
Test time:	time equivalent to 360 000 cycles $t = 100/f$ hours

#### B) Shock test (IEC 68-2-27)

Number of shocks: should be selected to correspond with the number of shocks in service in an appropriate way

Maximum acceleration: 50  $\text{m/s}^2$  to 60  $\text{m/s}^2$

#### C) Special test

Recommended number of stress cycles or length of test time: 1/10 of the expected number of stress cycles or stressing time in service.

Maximum stress: 2 x expected stress in service (this includes a moderate safety factor).

### A.2 Moisture tests

Whenever possible, the moisture test should be selected from the following alternatives, as a result of analysis according to 4.3.2.

Details of the moisture test: follow the appropriate test standard. See IEC 68 for example.

#### A) Moisture test without moisture deposition

Before the moisture test, preheat the test objects to 40 °C - 50 °C. Place the warm test objects directly in the moisture chamber, which has been prestabilized to a temperature of  $(40 \pm 1) \text{ °C}$  and relative humidity of 90 % to 95 %.

Moisture test time: 2 days.

#### B) Moisture test with visible moisture deposition

Test objects should be exposed for 2 days in an atmosphere of 95 % to 100 % relative humidity (R.H.) with visible moisture deposition on the insulation surface.

Voltage tests following the moisture test should be made while the specimens are still in the moisture test chamber.

A possible test method to obtain visible moisture depositions in a reproducible way is to cool the test specimens 3 K to 5 K below the surrounding air in an atmosphere at 100 % R.H.

## C) Essai d'immersion:

Immerger les éprouvettes d'essai dans de l'eau désionisée à une température de  $30\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$  pendant 30 min.

Qualité de l'eau: conductivité avant l'essai  $< 0,05\text{ S/m}$  ( $< 500\text{ }\mu\text{S/cm}$ ), et tension de surface  $\leq 0,031\text{ N/m}$  (31 dynes/cm) à  $25\text{ °C}$ .

Il convient que les essais de tension suivant l'essai d'immersion soient effectués lorsque les éprouvettes sont encore immergées.

## D) Essai d'aspersion

L'essai d'aspersion est souvent utilisé au lieu de l'essai d'immersion. Suivre la norme d'essai appropriée.

**A.3 Essais thermiques**

## A) Essai de chaleur sèche

On peut appliquer par exemple la CEI 68-2-2.

## B) Essai de froid

On peut appliquer par exemple la CEI 68-2-1.

## C) Variations de température

On peut appliquer par exemple la CEI 62-2-14.

**A.4 Essais de tension**

Afin de vérifier l'état des éprouvettes et de déterminer quand la fin de leur durée de vie utile a été atteinte, un essai de tension peut être appliqué comme partie des essais de diagnostic choisis.

## A) Essai de tenue à 50 Hz - 60 Hz

Voir la CEI 664.

- La tension est appliquée entre les parties fonctionnant à des niveaux différents de tension, à la température ambiante ou à la température de l'essai approprié d'humidité. Il convient que la norme d'essai du matériel soit appliquée lorsque cela est possible.

- Les tensions d'essai sont choisies pour représenter les niveaux que l'isolation a des chances de subir dans le pire cas en service. En règle générale, il convient que les tensions d'essai soient inférieures à celles utilisées pour essayer une isolation neuve.

- Durée d'essai, 1 min ou 10 min dans le cas où l'exposition à l'humidité est utilisée.

## B) Essai de tension de claquage à 50 Hz - 60 Hz

Suivre la norme appropriée d'essai de tension.



**C) Immersion test**

Immerse the test specimens in de-ionized water of  $(30 \pm 1) ^\circ\text{C}$  temperature for 30 min.

Water quality: conductivity before the test  $<0,05 \text{ S/m}$  ( $\leq 500 \mu\text{S/cm}$ ), and surface tension  $\leq 0,031 \text{ N/m}$  (31 dynes/cm) at  $25 ^\circ\text{C}$ .

Voltage tests following the immersion test should be conducted while the specimens are still immersed.

**D) Spray tests**

Spray tests may often be used instead of immersion test. Follow the appropriate test standard.

**A.3 Thermal tests****A) Dry heat test**

IEC 68-2-2 may be applied.

**B) Cold test**

IEC 68-2-1 may be applied.

**C) Change of temperature**

IEC 68-2-14 may be applied.

**A.4 Voltage tests**

In order to check the condition of the specimens and determine when the end of their useful life has been reached, a test voltage may be applied as a part of the selected diagnostic tests.

**A) 50 Hz - 60 Hz withstand test**

See IEC 664.

- The voltage is applied between parts operating at different voltage levels, at room temperature or at the temperature of the appropriate moisture test. The equipment test standard should be applied when feasible.

- Test voltages are selected to represent such levels that are expected to stress the insulation in the worst case in service. As a rule, the test voltages should be lower than those used for testing a new insulation.

- Test duration: 1 min or (In case the moisture exposure is used) 10 min.

**B) 50 Hz - 60 Hz breakdown voltage test**

Follow the appropriate voltage test standard.

**C) Essai de tension pulsatoire**

Suivre la norme appropriée d'essai de tension pulsatoire, par exemple la CEI 664.

Les tensions d'essai sont choisies pour représenter les niveaux que l'isolation a des chances de subir dans le pire cas en service. En règle générale, il convient que les tensions d'essai soient inférieures à celles utilisées pour essayer une isolation neuve.

**A.5 Autres essais de diagnostic**

Ces essais peuvent être des mesures de propriété de diagnostic pour éclaircir le processus de dégradation. Aussi, ces essais peuvent servir à produire le critère de point limite, et dans ce cas il convient qu'ils soient liés de manière reconnue aux conditions et prescriptions en service.

Par exemple, on utilise fréquemment les essais de diagnostics suivants:

- essais de décharges partielles;
- mesure de facteur de dissipation électrique ( $\tan \delta$ ) et de capacité.

C) **Impulse voltage test**

Follow the appropriate impulse voltage test standard, for example IEC 664.

Test voltages are selected to represent levels which are expected to stress the insulation in the worst case in service. As a rule, the test voltages should be lower than those used for testing a new insulation.

### **A.5 Other diagnostic tests**

These tests may be diagnostic property measurements to clarify the degradation process. Moreover, these tests may serve to produce the end-point criterion, in which case they should relate in a known way to the conditions and requirements in service.

Extensively used diagnostic tests are, for example:

- partial discharge tests;
- dielectric dissipation factor ( $\tan \delta$ ) and capacitance measurements.

## Annexe B (informative)

### Exemple d'évaluation thermique d'une isolation de matériel

#### B.1 Généralités

Dans cet exemple, le matériel avec son isolation est purement imaginaire, bien que les valeurs données puissent avoir été tirées de la pratique. On suppose que le matériel est petit et qu'il est fabriqué en grandes quantités.

#### B.2 Conditions de service du type

##### B.2.1 Facteurs de vieillissement

On a trouvé que le vieillissement thermique était le facteur dominant de vieillissement, que la température réelle en service était distribuée conformément à la figure 2, pour des matériels de classe thermique 130 (CEI 85).

##### B.2.2 Contraintes potentiellement destructives

- **Mécaniques:** l'analyse des contraintes en service montre que les contraintes vibrationnelles continues sont négligeables. Les contraintes électrodynamiques lors de la mise sous tension produisent une certaine contrainte, mais inférieure à 5 % de la résistance de l'isolation.
- **Humidité:** le matériel est utilisé dans des conditions variables d'humidité. On considère que dans des cas assez rares, une condensation sur les surfaces de l'isolation et des conducteurs est possible. Le matériel doit être capable d'être mis sous tension même lorsque cela se produit.
- **Tension:** la tension transitoire lors de la mise sous tension peut atteindre la valeur de crête de  $2 \times U_N$ , où  $U_N$  est la plus haute tension assignée au matériel.
- **Autres contraintes critiques:** on ne s'attend pas à des contraintes appréciables, en particulier à des poussières conductrices accumulées sur la surface de l'isolation.

#### B.3 Prescriptions de durée de vie d'essai

Le matériel est conçu pour fonctionner typiquement 20 ans en service continu (160 000 h) ou plus. Cette prescription est réputée valable pour un matériel fonctionnant à une température égale à la médiane de la distribution en figure 2, c'est-à-dire 61 °C à 70 °C. Pour permettre des variations de température dans l'isolation la température de base est élevée à 90 °C.

On suppose que les essais de diagnostic qui seront choisis sur la base de l'analyse dans B.2 représenteront une telle combinaison de contraintes élevées que la durée réelle de vie en service sera considérablement plus longue que celle estimée sur la base des essais fonctionnels.

Sur la base de l'hypothèse que l'intervalle de division par deux pour la durée de vie d'essai est de 8 K à 12 K, ce qui suit s'applique:

## Annex B (informative)

### Example of thermal evaluation of an equipment insulation

#### B.1 General

In this example, the equipment with its insulation, is purely imaginary, although the numbers presented may have been derived from practice. It is assumed that the equipment is small and that it is being manufactured in large quantities.

#### B.2 Design basis service conditions

##### B.2.1 Ageing factors

Thermal ageing has been found to be the dominant ageing actor. The actual temperature in service has been found to be distributed according to figure 2, for equipments of thermal class 130 (IEC 85).

##### B.2.2 Potentially destructive stresses

- **Mechanical:** analysis of service stresses shows that the continuous vibrational stresses are negligible. The electrodynamic stresses produced by switching-on stress the insulation somewhat, but to less than 5 % of the strength of the insulation.
- **Humidity:** the equipment will be used in variable moist conditions. It is considered possible that, in fairly rare cases, condensation on insulation and conductor surfaces is possible. The equipment must be capable of being energized even when this happens.
- **Voltage:** transient voltage when energized may reach the peak value of  $2 \times U_N$ , where  $U_N$  is the highest rated voltage of the equipment.
- **Other critical stresses:** no appreciable stresses are expected. Particularly, no conducting dirt is expected to be accumulated on insulation surfaces.

#### B.3 Test life requirement

The equipment is typically designed to operate 20 years in continuous service (160 000 h), or more. This requirement is taken to be valid for an equipment operating at a temperature equal to the median of the distribution in figure 2, that is 61 °C to 70 °C. To allow for variations in temperature in the insulation, the base temperature is raised to 90 °C.

It is assumed that the diagnostic tests which will be chosen based on the analysis in B.2 will represent such a high stress combination that the actual service life will be considerably longer than that estimated on the basis of functional tests.

Based on the assumption that the halving interval for test life is 8 K to 12 K, the following applies:

Température °C	Durée de vie h	Intervalle de division par deux K
90	160 000	
130	5 000	3
130	10 000	10
130	18 000	12

Pour aller plus avant du côté sécurité, la prescription de durée de vie d'essai à la classe de température est fixée en prenant l'intervalle de division par deux de 12 K:

**La durée de vie d'essai extrapolée à 130 °C  
doit être au moins de 20 000 h.**

#### B.4 Essais de diagnostic

Sur la base de l'analyse donnée en B.2, les essais de diagnostic suivants doivent être appliqués:

- essai mécanique B de A.1;
- essai d'humidité B de A.2;
- essai de tension  $2 \times U_N$  par rapport à la terre;
- pas d'autres essais de diagnostic.

#### B.5 Spécimen d'essai

Le matériel lui-même, démonté pour exposer l'isolation dans l'essai d'humidité.

#### B.6 Procédure d'essai

La CEI 611 doit être suivie, en utilisant les essais de diagnostic conformément à B.4 et la prescription de durée de vie d'essai de B.3.

Temperature °C	Test life h	Halving interval K
90	160 000	
130	5 000	8
130	10 000	10
130	16 000	12

To be further on the safe side, the test life requirement at the class temperature is fixed using the halving interval of 12 K:

<p>Extrapolated test life at 130 °C shall be at least 20 000 h.</p>
---

#### B.4 Diagnostic tests

Based on the analysis given in B.2, the following diagnostic tests are to be applied:

- mechanical test B from A.1;
- moisture test B from A.2;
- test voltage  $2 \times U_N$  to earth;
- no other diagnostic tests.

#### B.5 Test specimen

The equipment itself, dismantled so as to expose the insulation in the moisture test.

#### B.6 Test procedure

IEC 611 shall be followed, using the diagnostic tests according to B.4, and the test life requirement of B.3.

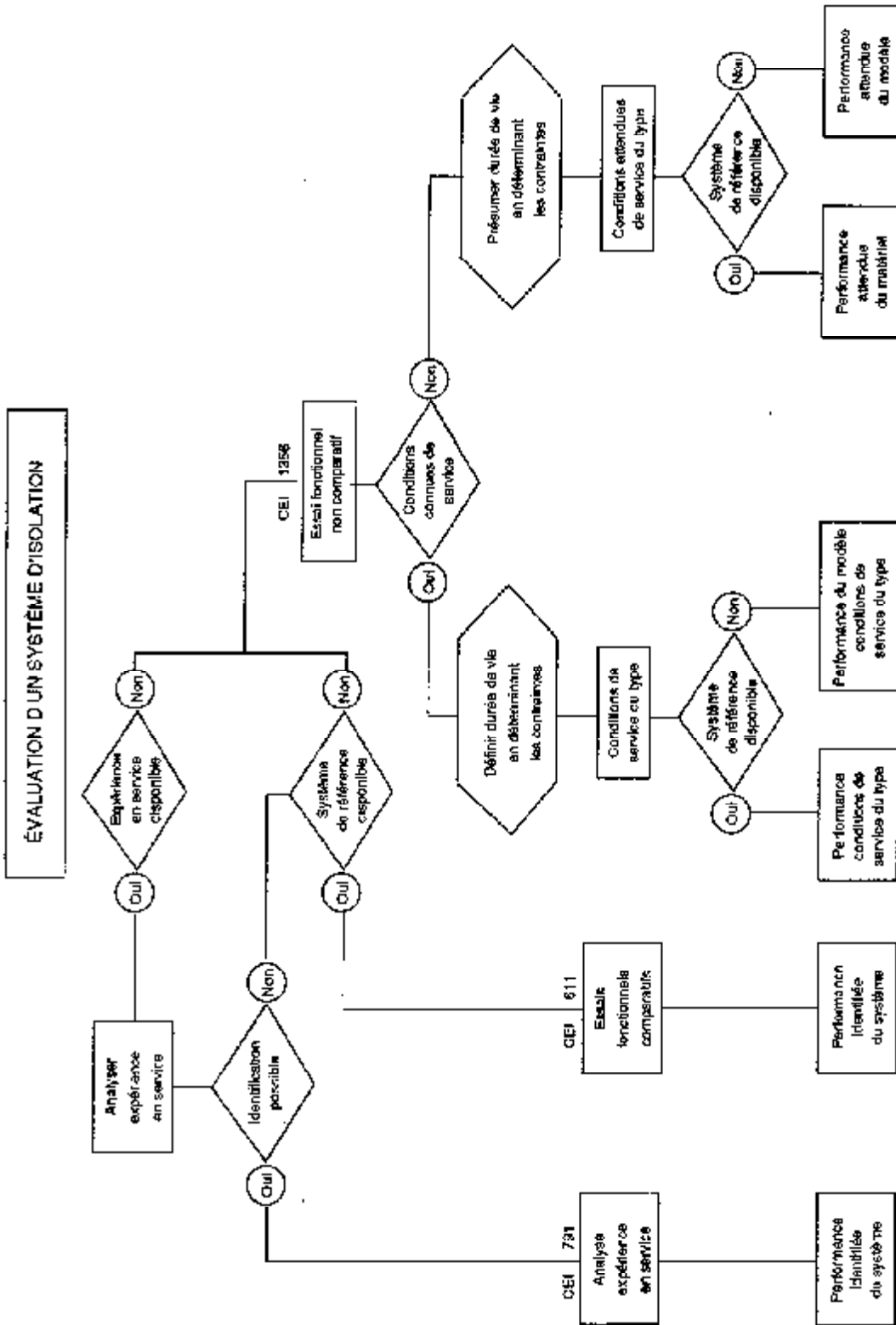


Figure 1 – Organigramme pour le choix d'une procédure d'évaluation



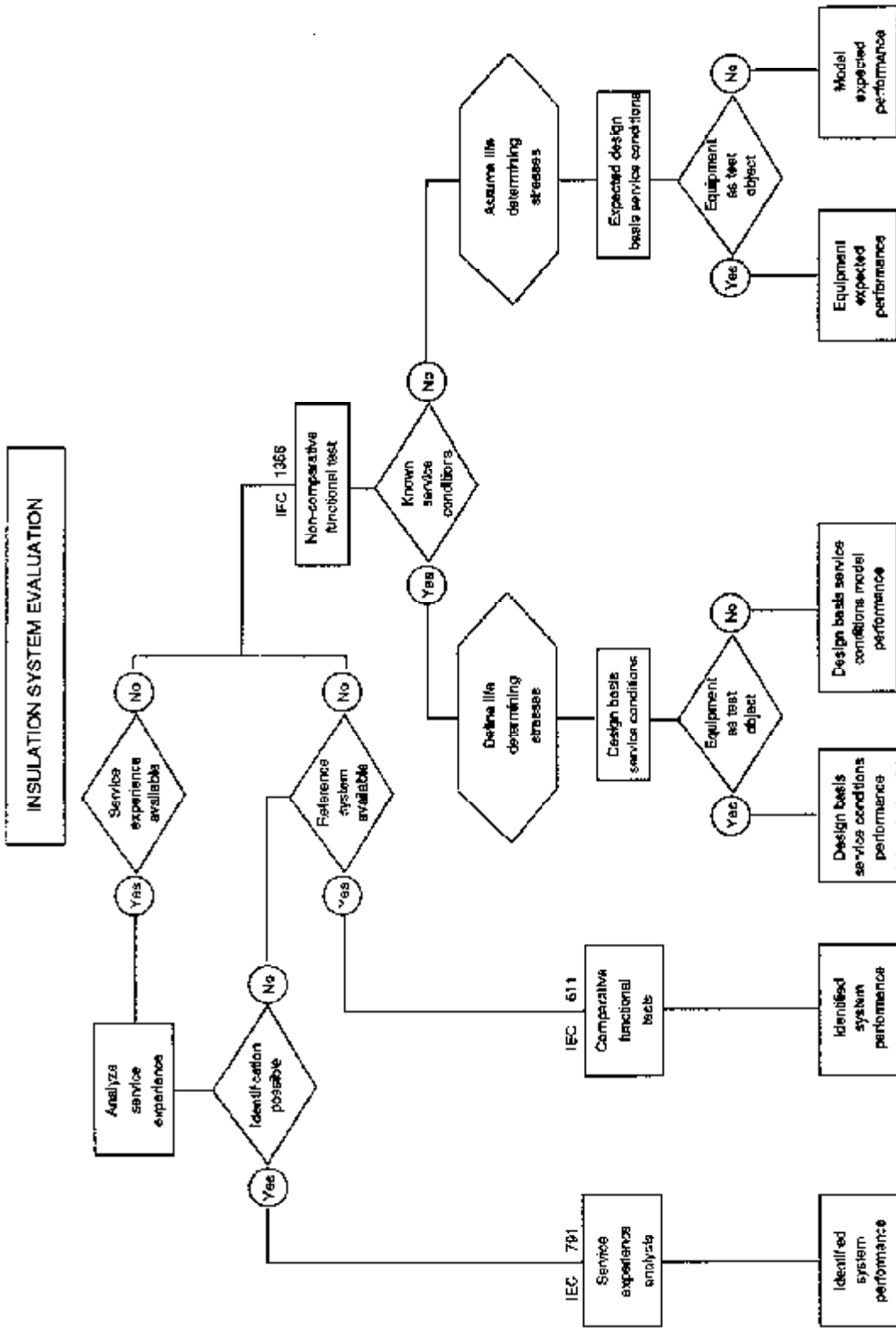


Figure 1 - Flow chart for selection of evaluation procedure

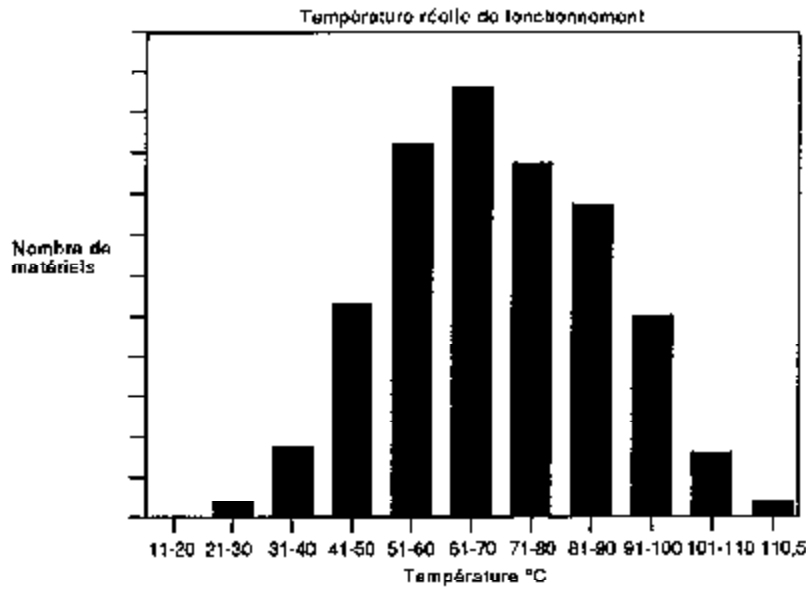


Figure 2 – Distribution des températures réelles de fonctionnement d'une isolation de classe 130 d'un matériel hypothétique

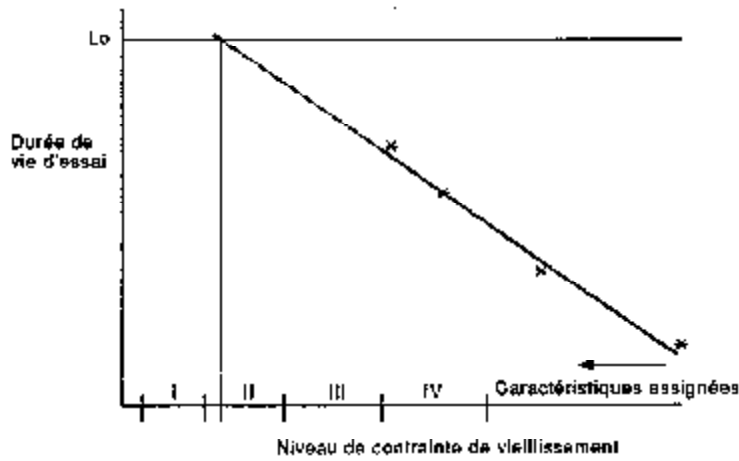


Figure 3 – Extrapolation de résultats d'essai à des contraintes de vieillissement plus faibles

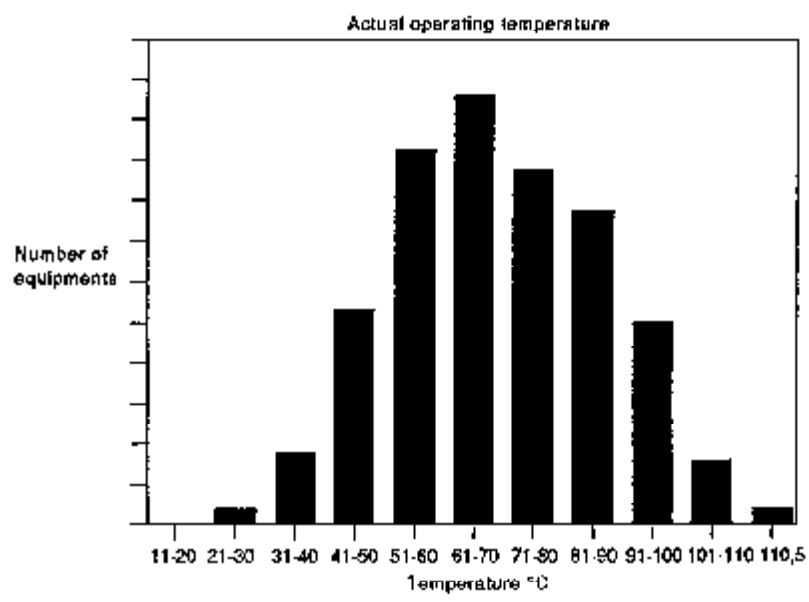


Figure 2 – Distribution of actual operating temperatures of a hypothetical equipment insulation of class 130

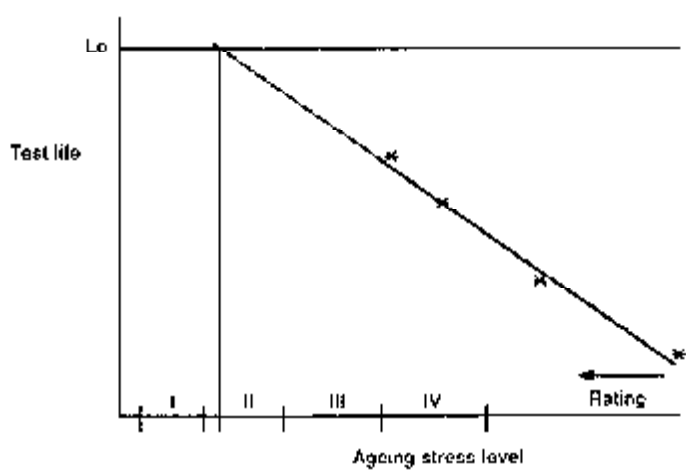


Figure 3 – Extrapolation of test results to lower ageing stresses

**Publications de la CEI préparées  
par le Comité d'Etudes n° 63**

505 (1975) Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation de matériel électrique.

610 (1978) Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électriques: mécanismes de vieillissement et procédures de diagnostic.

611 (1978) Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique.

727— Evaluation de l'endurance électrique des systèmes d'isolation électrique.

727-1 (1982) Première partie: Considérations générales et procédures d'évaluation basées sur une distribution normale.

727-2 (1993) Partie 2: Procédures d'évaluation basées sur des distributions de valeurs extrêmes.

791 (1984) Evaluation des performances de systèmes d'isolation à partir de l'expérience en service et des résultats d'essais fonctionnels.

792— Essais fonctionnels à plusieurs facteurs de systèmes d'isolation électrique.

792-1 (1984) Première partie: Procédures d'essai.

792-2 (1993) Partie 2: Bibliographie.

941 (1988) Essais fonctionnels d'endurance mécanique des systèmes d'isolation électrique.

1356 (1995) Evaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique - Principes de procédures d'essai lorsque l'essai comparatif n'est pas possible.

**IEC publications prepared  
by Technical Committee No. 63**

505 (1975) Guide for the evaluation and identification of insulation systems of electrical equipment.

610 (1978) Principal aspects of functional evaluation of electrical insulation systems: Ageing mechanisms and diagnostic procedures.

611 (1978) Guide for the preparation of test procedures for evaluating the thermal endurance of electrical insulation systems.

727— Evaluation of electrical endurance of electrical insulation systems.

727-1 (1982) Part 1: General considerations and evaluation procedures based on normal distributions.

727-2 (1993) Part 2: Evaluation procedures based on extreme value distribution.

791 (1984) Performance evaluation of insulation systems based on service experience and functional tests.

792— The multi-factor functional testing of electrical insulation systems.

792-1 (1984) Part 1: Test procedures.

792-2 (1993) Part 2: Bibliography.

941 (1988) Mechanical endurance functional tests for electrical insulation systems.

1356 (1995) Functional evaluation of electrical insulation systems - Principles for test procedures when comparative testing is not feasible.

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND