

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE  
RAPPORT DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION  
IEC REPORT**

**Publication 791**

Première édition First edition

1984

---

**Evaluation des performances de systèmes d'isolation  
à partir de l'expérience en service  
et des résultats d'essais fonctionnels**

---

**Performance evaluation of insulation systems  
based on service experience and functional tests**

---



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

### Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CIE est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CIE et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CIE**
- **Annales de la CIE**
- **Catalogue des publications de la CIE**  
Publié annuellement

### Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CIE: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

### Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CIE: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CIE: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CIE, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

### Publications de la CIE établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur la page 3 de la couverture, qui annonce les publications de la CIE préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

### Revision 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 on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**  
Published yearly

### Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, 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 inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

**COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE**  
**RAPPORT DE LA CEI**

**INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION**  
**IEC REPORT**

**Publication 791**

Prentière édition — First edition

1984

---

**Evaluation des performances de systèmes d'isolation  
à partir de l'expérience en service  
et des résultats d'essais fonctionnels**

---

**Performance evaluation of insulation systems  
based on service experience and functional tests**

---



© CEI 1984

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, ni par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'autorisation écrite 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 recording, without permission in writing from the publisher.

**Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale**

3, rue de Varembé  
Genève, Suisse

Prix Fr.s. 28.—  
Price

## SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE .....	4
PREFACE .....	4
INTRODUCTION .....	6
<b>Articles</b>	
1. Domaine d'application et objet .....	6
2. Description générale de la procédure d'évaluation .....	8
3. Nature des données de l'expérience en service .....	8
3.1 Généralités .....	8
3.2 Catégories de matériel .....	8
3.3 Codification des conditions de service .....	10
3.4 Performance .....	10
3.5 Données de l'expérience en service .....	10
4. Données d'essais fonctionnels .....	12
5. Etablissement de la performance démontrée .....	14
6. Evaluation de la performance .....	14
6.1 Généralités .....	14
6.2 Données de performance démontrée et conditions de service .....	14
6.3 Interprétation de la relation entre contrainte et temps jusqu'au point limite, obtenue à partir des essais fonctionnels .....	16

## CONTENTS

	Page
PREFACE . . . . .	5
INTRODUCTION . . . . .	7
Class	
1. Scope and object . . . . .	7
2. General outline of evaluation procedure . . . . .	9
3. Nature of service experience data . . . . .	9
3.1 General remarks . . . . .	9
3.2 Categories of equipment . . . . .	9
3.3 Coding of service conditions . . . . .	11
3.4 Performance . . . . .	11
3.5 Service experience data . . . . .	11
4. Functional test data . . . . .	13
5. Establishing proven performance . . . . .	15
6. Performance evaluation . . . . .	15
6.1 General remarks . . . . .	15
6.2 Proven performance values in relation to service conditions . . . . .	15
6.3 Interpretation of the relationship between stress and time to end-point obtained from functional tests . . . . .	17

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE SYSTÈMES D'ISOLATION  
À PARTIR DE L'EXPÉRIENCE EN SERVICE  
ET DES RÉSULTATS D'ESSAIS FONCTIONNELS**

## PRÉAMBULE

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

## PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Études n° 63 de la CIE: Systèmes d'isolation.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
63(10):9	63(10):22

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CIE sont citées dans le présent rapport:

- Publications n° 534 (1975): Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.
- 611 (1978): Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique.
- 721: Classification des conditions d'environnement.
- 792-1 (1984): Essais fonctionnels à plusieurs facteurs de systèmes d'isolation électrique, Première partie: Procédures d'essai.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## PERFORMANCE EVALUATION OF INSULATION SYSTEMS BASED ON SERVICE EXPERIENCE AND FUNCTIONAL TESTS

## FOREWORD

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

## PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 63: Insulation Systems.

The text of this report is based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting
63(CX)19	63(CO)22

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this publication:

- Publication Nos. 505 (1975): Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment.
- 611 (1978): Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulation Systems.
- 721: Classification of Environmental Conditions.
- 792-1 (1984): The Multi-Sector Functional Testing of Electrical Insulation Systems, Part 1: Test Procedures.

## ÉVALUATION DES PERFORMANCES DE SYSTÈMES D'ISOLATION À PARTIR DE L'EXPÉRIENCE EN SERVICE ET DES RÉSULTATS D'ESSAIS FONCTIONNELS

### INTRODUCTION

La Publication 505 de la C E I: Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique, fait ressortir la nécessité d'évaluer l'aptitude au service de systèmes d'isolation de matériel électrique sur la base d'information vérifiée provenant de l'expérience en service et d'essais fonctionnels.

Les procédures d'essais fonctionnels sont décrites dans la Publication 611 de la C E I: Guide pour la préparation de procédures d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des systèmes d'isolation électrique, ainsi que dans d'autres publications à paraître.

Pour des raisons techniques et pratiques, les systèmes d'isolation de matériel électrique sont généralement soumis aux influences multiples de contraintes de niveaux variés. Les interactions entre ces contraintes ne sont connues que très rarement. C'est en partie pour cette raison que la Publication 505 de la C E I souligne que la pratique consistant à évaluer les systèmes d'isolation sur la base de chiffres d'endurance des matériaux isolants pris individuellement n'est pas valable. On considère comme extrêmement difficile de reproduire ces influences sur un matériau isolant sans représenter au modèle le système d'isolation de matériel lui-même.

Il existe néanmoins des systèmes d'isolation subissant des contraintes simples où les interactions sont peu prononcées et où une estimation de l'aptitude au service à partir de mesures d'endurance des matériaux isolants peut être acceptable. Le bien-fondé de cette approche doit être examiné par les Comités d'Etudes de matériels conformément aux recommandations données dans le présent rapport.

L'expérience en service est la preuve ultime de l'aptitude d'un système d'isolation. L'évaluation et l'identification de systèmes d'isolation ayant fonctionné durant une assez longue période se font de préférence sur l'expérience en service. De plus, cette expérience en service exprimée et condensée sous la forme de systèmes d'isolation de référence est la base de toute évaluation comparative par essais fonctionnels de systèmes d'isolation.

Les données de l'expérience en service des systèmes d'isolation du matériel électrique peuvent prendre de nombreuses formes. Selon l'intérêt du groupe ayant besoin de ces données, par exemple les utilisateurs, les fabricants, les compagnies d'assurances, etc., les données peuvent avoir un caractère essentiellement statistique ou technique. Si aucune règle n'est établie, l'acquisition de données ne pourra pas être uniformisée. L'objectif du présent rapport est donc de présenter quelques idées générales pour établir de telles règles concernant l'acquisition et l'évaluation des données de l'expérience en service de systèmes d'isolation.

### 1. Domaine d'application et objet

La Publication 505 de la C E I indique la nécessité d'évaluer les systèmes d'isolation à partir de l'expérience en service et d'essais fonctionnels, mais ne décrit pas les moyens à utiliser pour y satisfaire.

Le présent rapport offre aux Comités d'Etudes de matériels un guide des procédures à adopter pour l'évaluation des performances de systèmes d'isolation à partir de l'expérience en service et des résultats des essais fonctionnels.



## PERFORMANCE EVALUATION OF INSULATION SYSTEMS BASED ON SERVICE EXPERIENCE AND FUNCTIONAL TESTS

### INTRODUCTION

IEC Publication 505: *Guide for the Evaluation and Identification of Insulation Systems of Electrical Equipment*, describes the need for evaluating the capability of equipment insulation systems on the evidence of verified information from service experience and functional tests.

Functional test procedures are covered in IEC Publication 611: *Guide for the Preparation of Test Procedures for Evaluating the Thermal Endurance of Electrical Insulation Systems*, as well as other publications to be issued.

Insulation systems in electrical equipment for technical and practical reasons are generally subjected to multiple influences at varying levels of stress. The interactions between these influences are very seldom known. It is partly for this reason that IEC Publication 505 states that the practice of evaluating insulation systems on the basis of endurance figures for insulating materials is not valid. It is considered extremely difficult to model these influences on an insulating material without modeling the insulation system of the equipment itself.

Simply stressed insulation systems exist where interactions are at a low level and where an estimation of service capability from endurance data for insulating materials may be acceptable. The acceptability of this approach must be determined by the equipment Technical Committee as required by the guidelines provided in this report.

Service experience is the ultimate evidence of the capability of an insulation system. For insulation systems which have operated for a sufficient time, service experience is the preferred basis for evaluation and identification. Also, this service experience, substantially expressed by and condensed into reference insulation systems, is the basis of any comparative functional test evaluations of insulation systems.

Service experience data of insulation systems in electrical equipment are available in many different forms. Depending on the interest of the group in need of the data, for example, users, producers, insurance companies and others, the data may be largely statistical or technical in character. Without establishing rules, data gathering will not be uniform. It is the purpose of this report to put forth some general ideas for establishing such rules for collection and evaluation of service experience data of insulation systems.

#### 1. Scope and object

Publication 505 outlines the need to evaluate insulation systems from service experience and from functional tests, but it does not describe the methods for satisfying these needs.

This report gives guidance to equipment Technical Committees on the procedures to be adopted for evaluating the performance of insulation systems from service experience and from the results of functional tests.

## 2. Description générale de la procédure d'évaluation

Il appartient aux Comités d'Etudes de matériels d'établir des procédures spécifiques d'évaluation et d'identification des systèmes d'isolation basés sur l'expérience en service ou sur les données des essais fonctionnels. Ces procédures devront être conformes aux publications de la C E I dans la mesure où elles conviennent et devront servir à une ou plusieurs des fins suivantes:

- a) Spécifier comment les données de l'expérience en service peuvent servir à l'évaluation de systèmes d'isolation qui ont fait leurs preuves en service.
- b) Spécifier comment un système d'isolation qui a fait ses preuves en service et qui a été évalué peut être utilisé pour l'évaluation d'un nouveau système d'isolation à l'aide d'essais fonctionnels comparatifs.
- c) Spécifier en détail comment effectuer les essais fonctionnels pour obtenir les données nécessaires à l'évaluation de systèmes d'isolation.
- d) Spécifier comment les résultats des essais fonctionnels doivent être interprétés dans l'évaluation de systèmes d'isolation.

## 3. Nature des données de l'expérience en service

### 3.1 Généralités

Depuis les débuts de l'industrie électrotechnique, les systèmes d'isolation ont été évalués sur la base de l'expérience en service.

Les ingénieurs utilisent certaines données spécifiques de l'expérience en service lors de l'élaboration de nouvelles conceptions. En général, l'expérience en service, exprimée dans des normes acceptées d'une façon générale, a un caractère plutôt qualitatif.

On admet d'une part que l'expérience en service ou des essais reconnus sont à la base de l'évaluation thermique d'une isolation. D'autre part, on invoque l'expérience en service lorsqu'on admet, dans une classe thermique et une application spécifiques, des systèmes d'isolation basés sur le choix des matériaux composant le système d'après des listes de groupes de matériaux. Cela représente une acceptation qualitative d'une application universelle et d'une longue expérience avec une durée de vie économiquement satisfaisante.

Bien que de nombreuses normes requièrent une expérience en service ou des essais reconnus pour l'évaluation de matériaux isolants ou de systèmes d'isolation, il n'existe pas de règle claire sur la façon de procéder dans des cas particuliers.

Il est recommandé que les Comités d'Etudes de matériels étudient, dans leur domaine respectif, les façons dont l'expérience en service a été utilisée dans le passé et dans quelle mesure ces méthodes, principalement des jugements qualitatifs, ont réussi. De telles analyses pourraient permettre l'établissement de recommandations pour les actions futures et l'introduction de méthodes plus quantitatives.

### 3.2 Catégories de matériel

Les catégories énumérées ci-dessous peuvent faciliter le choix d'une procédure d'évaluation appropriée pour l'acquisition de données relatives à l'expérience en service, ainsi que le choix d'un système d'isolation de référence pour un essai fonctionnel comparatif. Il peut exister d'autres catégories pour lesquelles les Comités d'Etudes de matériels devront établir des règles spéciales pour l'évaluation des données de l'expérience en service.

## 2. General outline of evaluation procedure

It is the responsibility of equipment Technical Committees to prepare specific procedures defining the evaluation and identification of insulation systems based on either service experience or the results of functional tests. These procedures should follow existing IEC publications where appropriate and they should accomplish one or more of the following:

- a) Specify how service experience data can be used for the evaluation of service-proven insulation systems.
- b) Specify how a service-proven insulation system which has been evaluated can be used for comparative functional evaluation tests with a new insulation system.
- c) Specify in detail how functional tests should be performed to obtain data for insulation system evaluations.
- d) Specify how the results of functional tests should be interpreted in insulation system evaluations.

## 3. Nature of service experience data

### 3.1 General remarks

Insulation systems have been evaluated on the basis of service experience ever since the beginnings of the electrotechnical industry.

Engineers use specific items of service experience related to the design task at the moment. More general service experience has been qualitative in character, as when expressed in generally accepted standards.

On the one hand, it is claimed that service experience or accepted tests are the basis for thermal evaluation of insulation. On the other hand, service experience is claimed when recognizing insulation systems for specific thermal classes and applications on the basis of the selection of the materials combined in the system from listed groups of materials. This represents a qualitative acceptance of a "universal application and long experience with an economically satisfactory life span".

Although numerous standards call for service experience or accepted tests to be used in evaluating insulating materials and insulation systems, no clear rules are available on how to do this in specific cases.

It is recommended that equipment Technical Committees analyse how service experience has been used in the past within their specific fields of responsibility, and how successful these methods, mostly qualitative judgements, have been. From these analyses, recommendations may be made for future practice and introduction of more quantitative methods.

### 3.2 Categories of equipment

The categories listed below may be useful as an aid in selecting an appropriate evaluation procedure for a collection of service experience data and in choosing a reference insulation system for a comparative functional test. There may be other categories which will require the equipment Technical Committees to develop special rules for the evaluation of service experience data.

- a) Longue durée de vie, gros matériel
  - Quelques unités, la plupart ou toutes servant à déterminer l'expérience en service.
- b) Longue durée de vie, petit matériel
  - Souvent, mais pas toujours, nombreuses unités, faible connaissance des données des utilisateurs; un échantillonnage statistique peut servir à déterminer l'expérience en service.
- c) Courte durée de vie, gros matériel
  - Quelques unités, généralement toutes utilisées pour déterminer l'expérience en service.
- d) Courte durée de vie, petit matériel
  - Souvent, mais pas toujours, très nombreuses unités, connaissance faible ou nulle des données des utilisateurs; l'évaluation peut se fonder sur un nombre statistiquement significatif d'échantillons ayant été utilisés dans des conditions normales de service.

### 3.3 Codification des conditions de service

Il convient que le Comité d'Études détermine les méthodes par lesquelles les conditions réelles de service peuvent être identifiées. On peut utiliser les méthodes de la section deux de la Publication 505 de la C E I, ou suivre les procédures décrites dans la série de la Publication 721 de la C E I: Classification des conditions d'environnement.

### 3.4 Performance

La performance en service tirée directement de l'expérience n'est généralement pas identique à la «performance attendue» ni à la «performance estimée» de la Publication 505 de la C E I. Les données de performance réelle ont une valeur absolue; elles sont données par de vrais chiffres de durée de vie du système d'isolation, tels que la durée jusqu'à défaillance, la durée jusqu'à un taux non économique de défaillance, la durée de bon fonctionnement, etc. (voir paragraphe 6.2).

### 3.5 Données de l'expérience en service

La tâche première du Comité d'Études de matériels est d'examiner les données de service du système d'isolation et de déterminer quelles conditions de service peuvent être considérées comme «normales» ou «anormales». Généralement, les conditions anormales sont celles dont les données de service sont vagues et celles qui ont été obtenues durant de mauvaises conditions de service. Le Comité peut décider de ne considérer que les conditions normales de service et proposer à l'utilisateur de s'adresser au fabricant pour toutes autres conditions.

Les données de l'expérience en service doivent, en principe, comprendre toute information utile sur les conditions de service auxquelles le système d'isolation a été exposé. Pour que l'expérience en service puisse être traitée quantitativement, il faut que l'acquisition des données se limite à des systèmes très similaires utilisés pour des fonctions essentiellement identiques.

Bien qu'une présentation détaillée des données soit souhaitable, il faut admettre qu'une présentation de valeurs numériques précises ne sera pas possible dans la plupart des cas pratiques. Il peut alors être préférable d'utiliser toute l'information disponible sur l'expérience en service et d'en présenter franchement les aspects positifs et les limitations.

- a) Long life, large equipment
  - Few units, most or all used to determine service experience.
- b) Long life, small equipment
  - Usually, but not always, many units, poor knowledge of users' data; statistical sampling may be used to determine service experience.
- c) Short life, large equipment
  - Few units, generally all used to determine service experience.
- d) Short life, small equipment
  - Usually, but not always, very many units, poor or no knowledge of users' data; evaluation may be based on a statistically significant number of samples that were exposed to normal service conditions.

### 3.3 Coding of service conditions

The Technical Committee should determine methods by which the actual service conditions can be identified. Methods given in Section Two of IEC Publication 505 or procedures described in the series of IEC Publication 721: Classification of Environmental Conditions, may be used.

### 3.4 Performance

Service performance gained directly from experience is generally not identical with the "intended performance" or "estimated performance" as given in IEC Publication 505. Actual performance data have an absolute meaning; they are real figures of "life of" the insulation system, such as time to failure, time to uneconomical failure rate, time of service without failure, etc. (see Sub-clause 6.2).

### 3.5 Service experience data

The first task of the equipment Technical Committee is to examine the service records of the insulation system and determine what service conditions should be considered "normal" and what "abnormal". Abnormal conditions are usually those where the service record is purely documented and those where service conditions have been poor. The Committee may elect to consider only "normal" service conditions and refer the user to the manufacturer for any other conditions.

The service experience data should include all relevant service conditions to which the insulation system is exposed. Before service experience can be treated in a quantitative way, it is necessary that data collection be restricted to closely similar systems employed in essentially identical functions.

Presentation of precise numerical data will not be possible in the majority of practical cases. It may be better in such cases to use all available information about service experience which provides a frank assessment of its positive aspects and limitations.

Pour établir l'aptitude au service d'un système d'isolation à l'étude, il faut obtenir, si possible, des informations sur les points suivants:

- a) Genre de détérioration observée en service et, si possible, nature des défaillances (arborescence dans les câbles, claquage à la terre dans les transformateurs, etc.).
- b) Contraintes en service s'exerçant sur un système d'isolation:
  - i) Conception du système  
La contrainte électrique réelle, les contraintes mécaniques (effets des vibrations et de la dilatation thermique) et les autres contraintes que devra supporter le système d'isolation sont déterminées par la conception du système.
  - ii) Charge  
La charge moyenne réelle qui est appliquée pendant la durée de vie du système d'isolation détermine s'il a été exploité à sa valeur assignée.
  - iii) Mode de fonctionnement  
Cela inclut les variations de charge et les périodes d'arrêt.
  - iv) Phénomènes transitoires  
Les phénomènes transitoires auxquels le système d'isolation est soumis peuvent avoir un effet significatif sur son vieillissement. Par exemple, les courts-circuits brusques localisés près du matériel en question ou les couplages lors synchronisation peuvent provoquer de fortes contraintes mécaniques dans le système d'isolation. De même, les surtensions qui surviennent en cours de service peuvent influencer sur la durée de vie.
  - v) Environnement  
Il faut aussi prendre en considération l'environnement réel dans lequel le système d'isolation a opéré.  
*Note.* Le groupe de consultants I, A et B consulte les conditions de service de référence décrites au paragraphe 3.2 de la Publication 792-1 de la C.E.I.; Essais fonctionnels à plusieurs facteurs de systèmes d'isolation électrique. Première partie: Procédures d'essai.
- c) Entretien du système d'isolation durant sa vie. Des éléments du système d'isolation peuvent avoir été remplacés, modifiés ou ajoutés. Il importe de tenir compte de ces changements et de leur signification dans l'acquisition des données de l'expérience en service.
- d) Transport, entreposage et installation.
- e) Les données de performance tirées de l'expérience en service doivent correspondre à l'un des cas mentionnés au paragraphe 6.2.

#### 4. Données d'essais fonctionnels

Les données d'essais sont obtenues selon des procédures d'essai fondées sur la Publication 611 et d'autres publications de la C.E.I.

La confiance que l'on peut accorder à la performance estimée d'un système d'isolation dépend de la précision de la simulation des conditions de service dans les procédures d'essai.

Les données de performance tirées des essais fonctionnels devraient être présentées conformément au paragraphe 6.3.

To establish the capability of a candidate insulation system, information about the following items should, if possible, be collected:

- a) The kind of deterioration observed in service and, if available, the nature of failures (treeing in cables, failure to earth in transformers, etc.).
- b) Service stresses on an insulation system:
  - i) **System design**  
The actual voltage stress, mechanical (vibration and thermal expansion effects) and other stresses on the insulation system which are determined by the design.
  - ii) **Load**  
The actual average load which is applied during the insulation system life determines whether it has operated at the rated design level.
  - iii) **Duty**  
This includes the load cycling as well as stand-by periods.
  - iv) **Transients**  
The actual transients to which the insulation system is exposed may be significant to its ageing. For example, sudden short circuits near the equipment or out-of-phase switching can produce severe mechanical stresses in the insulation system. Also, overvoltages which occur in service may affect the life.
  - v) **Environment**  
The actual environment in which the insulation system has operated needs to be considered.  
*Note.* — The set of stresses from i) to v) constitutes the *reference service conditions* mentioned in Sub-clause 3.2 of IEC Publication 792-1: The Multi-factor Functional Testing of Electrical Insulation Systems, Part 1: Test Procedures.
- c) Maintenance of the insulation system during its life. Modification may be made to the insulation system in the form of replaced, changed or added components. When acquiring service experience an awareness of the changes and their significance is necessary.
- d) Transportation, storage and installation.
- e) The performance data from service experience. They should be given in conformity with one of the cases treated in Sub-clause 6.2.

#### 4. Functional test data

Test data are generated according to test procedures based on IEC Publication 614 and others.

Confidence in the estimated performance of an insulation system is dependent on how well the service conditions are modelled in the test procedures.

The performance values from functional tests should be given in conformity with Sub-clause 6.3.

### 5. Etablissement de la performance démontrée

Le but principal de l'établissement de la performance d'un système d'isolation, démontrée à partir des données d'expérience en service, est de pouvoir l'utiliser comme référence lors d'une évaluation comparative d'un autre système d'isolation.

Le Comité d'Etudes de matériaux devrait établir des règles servant à déterminer la performance d'un système d'isolation. Dans l'établissement de ces règles, le Comité d'Etudes devrait tenir compte des effets de l'entretien, en particulier pour le matériel de longue durée de vie. L'expérience en service peut être exprimée de diverses façons (fin de vie, chute de performance, fiabilité, etc.). Si l'on utilise la fiabilité pour exprimer l'expérience en service, les variations des taux de défaillance peuvent fournir une information. Celle-ci permet de considérer l'aptitude à un service économique comme critère de point limite.

### 6. Evaluation de la performance

#### 6.1 Généralités

Pour évaluer l'aptitude globale d'un système d'isolation, il faut évaluer la performance du système sous l'influence des facteurs de vieillissement de la façon décrite au paragraphe 6.3. Il n'existe actuellement aucune méthode généralement acceptée qui puisse servir à combiner les résultats des différents essais fonctionnels effectués sur des groupes distincts de sujets d'essai pour en tirer une évaluation globale de l'aptitude au service d'un système d'isolation.

Bien que des essais fonctionnels comparatifs agréés puissent donner une bonne idée de la performance d'un nouveau système d'isolation, il faut se rappeler que le critère fondamental de comparaison de systèmes d'isolation est leur performance relative en service. Les Comités d'Etudes de matériaux devraient recommander un examen périodique de la performance en service des systèmes d'isolation qui ont été adoptés après des essais fonctionnels comparatifs. Cet examen servira à déterminer si la procédure d'essai donne les résultats attendus et à orienter les modifications à apporter au besoin.

#### 6.2 Données de performance démontrée et conditions de service

Comme cela a déjà été dit, il convient que le Comité d'Etudes de matériaux établisse des règles en vue de qualifier un système d'isolation comme ayant une performance démontrée par l'expérience dans des conditions réelles de service. Ces règles devront être établies pour chaque type particulier de matériel; les données de performance doivent se révéler comparables et peuvent alors être traitées statistiquement comme un groupe uniforme. Dans certains cas, les défaillances peuvent ne pas être représentatives de la dégradation résultant d'un service normal, mais peuvent être causées par des défauts de fabrication, des dégâts dus au transport, à un mauvais emballage ou à d'autres conditions défavorables, telles que celles qui proviennent de la défaillance d'autres pièces. Il peut être nécessaire d'accorder un traitement spécial à cette catégorie de défaillances et de ne pas les inclure dans les données de l'expérience en service utilisées dans l'élaboration de données statistiques significatives. De plus, le terme «défaillance» peut signifier autre chose que le claquage proprement dit de l'isolateur (voir article 3).

Les données de performance en service peuvent être classées en trois groupes types, le plus courant étant le groupe b):

- a) Toutes les données de performance sont obtenues à partir des résultats de défaillances en service comme critère de point limite.
- b) Les données de performance sont obtenues en partie à partir des défaillances en service et en partie à partir de l'expérience de bon fonctionnement en service.



## 5. Establishing proven performance

The main purpose of establishing proven performance of an insulation system from service experience data is to make possible its use, as a reference, in comparative evaluation of another insulation system.

The equipment Technical Committee should establish rules for determining the performance of an insulation system. In establishing the rules, the Technical Committee should consider the effects of maintenance, particularly on long-life equipment. Service experience may be expressed in many ways (end of life, drop of performance, reliability, etc.). If reliability is used to express service experience, changes in failure rates may present much information. Such information permits consideration of economical serviceability as an end point criterion.

## 6. Performance evaluation

### 6.1 *General remarks*

To assess the overall capability of an insulation system, it is necessary to evaluate the system's performance under the ageing factors as described in Sub-clause 6.3. There is, at present, no generally accepted technique which can be used to combine the results of different functional tests on separate groups of test objects into an overall evaluation of the capability of an insulation system.

Whereas approved comparative functional tests may provide valuable insights into the performance of a new insulation system, it is important to remember that the ultimate criterion for comparison of insulation systems is their relative service performance. Equipment Technical Committees should recommend periodic review and reporting by the testing organizations of the service performance of insulation systems which have been adopted as a result of comparative functional testing. Such a review will help to determine if the test procedure is working as intended and will provide guidance for appropriate changes.

### 6.2 *Proven performance values in relation to service conditions*

As previously stated, the equipment Technical Committee should establish rules for qualifying an insulation system as having proven performance as shown by experience under actual service conditions. These rules will be required for each specific type of equipment; the performance data must be proven to be comparable and may then be treated statistically as a self-consistent group. In some cases, failures may not be representative of deterioration resulting from normal service but may be caused by errors in manufacture, damage due to transportation, poor storage, and other adverse conditions, such as those caused by failures of other components. It may be necessary to give special treatment to this class of failures and not include them in the service experience records used to develop meaningful statistical data. Also, the term "failure" may signify a condition other than the actual breakdown of the insulation (see Clause 3).

There are three typical groups of service performance values, the most common being group b):

- a) Performance data are all obtained from records of service failure as an end-point criterion.
- b) Performance data are obtained partly from service failures and partly from "service experience – without failure".

- c) Toutes les données de performance sont obtenues à partir de l'expérience de bon fonctionnement en service.

Par exemple, l'information obtenue de l'expérience en service peut prendre les formes suivantes:

- i) Nombre d'heures de service d'unités distinctes de matériel dans des conditions définies.
- ii) Nombre d'unités de matériel en service pour des applications spécifiques.
- iii) Description d'un système d'isolation de référence utilisé par le fabricant de matériel, avec rapport sur l'expérience en service.

Quand on dispose d'une quantité suffisante de données de défaillance en service (ou de bon fonctionnement), il est souhaitable d'utiliser des techniques d'analyse statistique pour qualifier un système d'isolation destiné à une utilisation particulière ou pour établir les performances d'un système d'isolation de référence. Ces performances peuvent être exprimées par la durée moyenne jusqu'à la première défaillance, par la durée moyenne jusqu'à la défaillance médiane, par l'intervalle de temps moyen entre défaillances ou par d'autres quantités. Ces connaissances permettront de faire des comparaisons tout au long de la vie des systèmes d'isolation. Certaines techniques fondées sur la statistique bayésienne sont à l'étude pour estimer les paramètres de défaillance et pourraient être utilisées si elles se révélaient adéquates.

### 6.3 *Interprétation de la relation entre contrainte et temps jusqu'au point limite, obtenue à partir des essais fonctionnels*

Les résultats des essais de vieillissement accéléré sont utiles pour la comparaison des comportements de deux systèmes d'isolation soumis aux conditions de l'essai, mais l'analyse et l'interprétation de ces résultats en vue d'évaluer la performance réelle en service exige des précautions. C'est, en principe, un problème d'extrapolation avec un niveau de confiance acceptable.

Une évaluation prenant la forme des codes de la Publication 505 de la CIE, avec des données quantifiées de performances attendue, exige l'établissement de règles d'évaluation détaillées. Il est en général nécessaire d'établir des procédures statistiques pour estimer le niveau de confiance.

Par ailleurs, une évaluation exprimée sous la forme «au moins aussi bon que» peut être admissible lorsque, pour le système d'isolation étudié, la relation entre la contrainte et le temps jusqu'au point limite équivalent ou est supérieure à celle du système de référence dans toute la région des contraintes d'essai. Il faut toutefois être raisonnablement certain que les courbes correspondantes ne se coupent pas dans la région située entre les contraintes d'essai et celles de service.

Comme on le reconnaît dans la Publication 505 de la CIE, il est souhaitable que les évaluations soient faites en termes absolus. Toutefois, cela semble en général impossible actuellement. Dans l'état actuel des techniques d'isolation électrique, seules des évaluations comparatives sont possibles. Il est peut-être plus facile de s'approcher de l'idéal de l'évaluation absolue dans le cas du petit matériel à courte durée de vie, tandis que cet idéal est très difficile à atteindre dans le cas du gros matériel à longue durée de vie, pour lequel des modèles avec essais accélérés doivent être utilisés.

Les Comités d'Etudes de matériels doivent, dans l'évaluation de la relation entre contrainte et temps jusqu'au point limite, indiquer clairement que les temps, qu'ils soient à l'intérieur de l'intervalle d'essai ou qu'ils soient obtenus par extrapolation, ne reflètent pas nécessairement la durée de vie utile du matériel en termes absolus.

- c) Performance data are all obtained from "service experience – without-failure".

Examples of information obtainable from service experience are as follows:

- i) Service hours of distinct pieces of equipment under defined conditions.
- ii) Number of pieces of equipment in operation for specific applications.
- iii) Description of a reference insulation system with a record of service experience used by the equipment manufacturer.

Whenever sufficient data on service failures (or operation without failures) are available, it is desirable to use statistical analysis techniques to qualify an insulation system for the particular application or to establish the performance of a reference system. This performance can be expressed in such terms as mean time to first failure, mean time to median failure, mean time between failures or others. Such a knowledge will allow comparisons to be made early in the service life of the systems. Techniques are currently being developed using Bayesian statistics to obtain estimates of failure parameters and might be considered, when applicable.

### 6.3 *Interpretation of the relationship between stress and time to end-point obtained from functional tests*

The results of accelerated ageing tests are useful in comparing the behaviour of two systems under the conditions of test, but care is needed in analysing and interpreting these results to provide guidance on the actual performance in service. This is, in principle, a problem of extrapolating with acceptable confidence.

An evaluation in terms of the insulation system codes of IEC Publication 505 with quantified ranges of intended performance requires detailed evaluation rules. Statistical procedures for the estimation of confidence are usually required.

An evaluation in terms of a statement "at least as good as", on the other hand, may be possible on the evidence that the investigated system's relationship between stress and time to end-point coincides with, or is better than, that of the reference system in the whole region of test stresses. However, it should be reasonably certain that the corresponding curves do not intersect in the region encompassing test and service stresses.

As recognized in IEC Publication 505, it is desirable to be able to make evaluations in absolute terms. However, this appears to be generally impossible at this time. In the present state of the art of electrical insulation technology, only comparative evaluations may be made. The ideal of absolute evaluations may be easiest to approach with short life small equipment, and most difficult with long-life large equipment where models and acceleration have to be used.

Equipment Technical Committees, when assessing the relationship between stress and time to end-point, should clearly note that the values of time, either within the test range or extrapolated, do not necessarily reflect the operating life of the equipment in absolute terms.

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

- 505 (1975) Guide pour l'évaluation et l'identification des systèmes d'isolation du matériel électrique.
- 610 (1978) Principaux aspects de l'évaluation fonctionnelle des systèmes d'isolation électrique: 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:— Évaluation 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.
- 791 (1984) Évaluation 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.

**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.
- 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