

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
60932**

Première édition  
First edition  
1988-01

---

---

**Spécifications complémentaires pour  
l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV  
destiné à être utilisé dans des conditions  
climatiques sévères**

**Additional requirements for enclosed switchgear  
and controlgear from 1 kV to 72.5 kV to be used in  
severe climatic conditions**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60632: 1988

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

## Publications consolidées

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

## Validité de la présente publication

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

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

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

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

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

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

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

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

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

## Consolidated publications

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

## Validity of this publication

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

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

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

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

## Terminology, graphical and letter symbols

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

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

\* See web site address on title page.

**RAPPORT  
TECHNIQUE  
TECHNICAL  
REPORT**

**CEI  
IEC  
60932**

Première édition  
First edition  
1988-01

---

---

**Spécifications complémentaires pour  
l'appareillage sous enveloppe de 1 kV à 72,5 kV  
destiné à être utilisé dans des conditions  
climatiques sévères**

**Additional requirements for enclosed switchgear  
and controlgear from 1 kV to 72.5 kV to be used in  
severe climatic conditions**

© IEC 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**R**

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

# SOMMAIRE

|                                                                                         | Pages |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| PREAMBULE .....                                                                         | 4     |
| PREFACE .....                                                                           | 4     |
| INTRODUCTION .....                                                                      | 6     |
| Articles                                                                                |       |
| 1. Domaine d'application .....                                                          | 6     |
| 2. Objet .....                                                                          | 6     |
| 3. Degrés de sévérité des conditions de service sous<br>condensation et pollution ..... | 8     |
| 4. Classification de l'appareillage sous enveloppe .....                                | 8     |
| 5. Procédure de classification .....                                                    | 12    |
| 6. Moyens d'essais et spécifications les concernant .....                               | 12    |
| 6.1 Chambre d'essai climatique .....                                                    | 12    |
| 6.2 Moyens de contrôle .....                                                            | 14    |
| 6.3 Moyens de mesurage .....                                                            | 14    |
| 7. Choix et disposition de l'appareillage pour l'essai .....                            | 16    |
| 7.1 Choix de l'appareillage .....                                                       | 16    |
| 7.2 Disposition de l'appareillage .....                                                 | 16    |
| 8. Essai de pénétration .....                                                           | 16    |
| 8.1 Mesurages de référence .....                                                        | 16    |
| 8.2 Traitement de pollution .....                                                       | 18    |
| 8.3 Méthode de diagnostic .....                                                         | 18    |
| 8.4 Evaluation .....                                                                    | 20    |
| 9. Essai de vieillissement de niveau 1 .....                                            | 20    |
| 9.1 Méthode d'essai A .....                                                             | 22    |
| 9.2 Méthode d'essai B .....                                                             | 22    |
| 10. Essai de vieillissement de niveau 2 .....                                           | 24    |
| 11. Méthode de diagnostic après l'essai de vieillissement .....                         | 26    |
| 11.1 Après la méthode d'essai A .....                                                   | 26    |
| 11.2 Après la méthode d'essai B .....                                                   | 26    |
| 11.3 Evaluation .....                                                                   | 26    |
| FIGURES .....                                                                           | 28    |
| ANNEXE A - Mesurage du courant de fuite .....                                           | 36    |

## CONTENTS

|                                                                                        | Page |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|
| FOREWORD .....                                                                         | 5    |
| PREFACE .....                                                                          | 5    |
| INTRODUCTION .....                                                                     | 7    |
| Clause                                                                                 |      |
| 1. Scope .....                                                                         | 7    |
| 2. Object .....                                                                        | 7    |
| 3. Degrees of severity of service conditions under<br>condensation and pollution ..... | 9    |
| 4. Classification of enclosed switchgear and controlgear .....                         | 9    |
| 5. Classification procedure .....                                                      | 13   |
| 6. Test facilities and associated requirements .....                                   | 13   |
| 6.1 Climatic test room .....                                                           | 13   |
| 6.2 Control facilities .....                                                           | 15   |
| 6.3 Measuring facilities .....                                                         | 15   |
| 7. Selection and arrangement of the equipment for test .....                           | 17   |
| 7.1 Selection of the equipment .....                                                   | 17   |
| 7.2 Arrangement of the equipment .....                                                 | 17   |
| 8. Penetration test .....                                                              | 17   |
| 8.1 Reference measurements .....                                                       | 17   |
| 8.2 Pollution treatment .....                                                          | 19   |
| 8.3 Diagnostic procedure .....                                                         | 19   |
| 8.4 Evaluation .....                                                                   | 21   |
| 9. Level 1 ageing test .....                                                           | 21   |
| 9.1 Test procedure A .....                                                             | 23   |
| 9.2 Test procedure B .....                                                             | 23   |
| 10. Level 2 ageing test .....                                                          | 25   |
| 11. Diagnostic procedure after ageing test .....                                       | 27   |
| 11.1 After test procedure A .....                                                      | 27   |
| 11.2 After test procedure B .....                                                      | 27   |
| 11.3 Evaluation .....                                                                  | 27   |
| FIGURES .....                                                                          | 29   |
| APPENDIX A - Leakage current measurement .....                                         | 37   |

## COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPECIFICATIONS COMPLEMENTAIRES POUR L'APPAREILLAGE SOUS  
ENVELOPPE DE 1 kV A 72,5 kV DESTINE A ETRE UTILISE  
DANS DES CONDITIONS CLIMATIQUES SEVERES**

## PREAMBULE

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

## PREFACE

Le présent rapport a été établi par le Sous-Comité 17C: Appareillage à haute tension sous enveloppe, du Comité d'Etudes n° 17 de la CEI: Appareillage.

Il constitue un complément aux Publications 298 et 466 de la CEI.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

| Règle des Six Mois | Rapport de vote |
|--------------------|-----------------|
| 17C(BC)60          | 17C(BC)61       |

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

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

- Publications n<sup>OS</sup> 50(441) (1984): Vocabulaire Electrotechnique International: Chapitre 441: Appareillage et fusibles.
- 298 (1981): Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 72,5 kV.
- 466 (1987): Appareillage sous enveloppe isolante pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 38 kV.
- 694 (1980): Clauses communes pour les normes de l'appareillage à haute tension.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

# ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ENCLOSED SWITCHGEAR AND CONTROLGEAR FROM 1 kV TO 72.5 kV TO BE USED IN SEVERE CLIMATIC CONDITIONS

## FOREWORD

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

## PREFACE

This report has been prepared by Sub-Committee 17C: High-voltage enclosed switchgear and controlgear, of IEC Technical Committee No. 17: Switchgear and controlgear.

This report forms a supplement to IEC Publications 298 and 466.

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

| Six Months' Rule | Report on Voting |
|------------------|------------------|
| 17C(C0)60        | 17C(C0)61        |

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

*The following IEC publications are quoted in this report:*

- Publications Nos. 50(441) (1984): International Electrotechnical Vocabulary, Chapter 441: Switchgear, controlgear and fuses [IEV 441].
- 298 (1981): A.C. metal-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 72.5 kV.
- 466 (1987): A.C. insulation-enclosed switchgear and controlgear for rated voltages above 1 kV and up to and including 38 kV.
- 694 (1980): Common clauses for high-voltage switchgear and controlgear standards.

**SPECIFICATIONS COMPLEMENTAIRES POUR L'APPAREILLAGE SOUS  
ENVELOPPE DE 1 kV A 72,5 kV DESTINE A ETRE UTILISE  
DANS DES CONDITIONS CLIMATIQUES SEVERES**

---

## INTRODUCTION

Le présent rapport a été établi pour montrer la forme qu'une norme future pourrait prendre et pour encourager des recherches ultérieures dans ce domaine.

A cette fin, deux méthodes d'essai de vieillissement confirmées sont présentées et des critères d'évaluation possibles sont également proposés dans l'intention de guider cette recherche future, afin que les résultats puissent être correctement comparés et les critères d'évaluation plus précisément liés à l'expérience réelle en service.

La proposition d'un essai de pénétration est fondée sur le fait que les effets du vieillissement peuvent être considérablement réduits en faisant usage de la protection donnée par l'enveloppe extérieure de l'appareillage. En principe, un moyen de prévoir la durée de vie d'un appareillage d'intérieur avec un essai de courte durée est offert mais seule une expérience limitée sur la façon d'effectuer l'essai et sur la corrélation des résultats avec le comportement en service est actuellement disponible. Des recherches ultérieures dans ce domaine sont donc souhaitables.

### 1. Domaine d'application

Le présent rapport s'applique à l'appareillage d'intérieur sous enveloppe conforme aux Publications 298 et 466 de la CEI, à l'exclusion de l'appareillage sous enveloppe métallique à isolation gazeuse, destiné à être utilisé dans des conditions de service plus sévères, en ce qui concerne la condensation et la pollution, que les conditions normales de service spécifiées dans ces normes.

*Note.* - Bien que le comportement de parties mécaniques telles que commandes, verrouillages et enveloppes soit également important, les essais faisant l'objet du présent rapport ont été conçus avant tout pour étudier le comportement de l'isolation électrique.

### 2. Objet

Le présent rapport propose des définitions pour deux degrés de conditions de service sévères en ce qui concerne la condensation et la pollution. Il propose également des méthodes d'essais permettant de vérifier le comportement de l'appareillage sous enveloppe dans des conditions spécifiées, afin que des conclusions puissent être tirées à propos de leur aptitude à l'utilisation dans ces conditions de service sévères.

Dans le présent rapport, le terme "appareillage" est utilisé, conformément au domaine d'application, pour un "ensemble d'appareillage de connexion et de commande sous enveloppe" (VEI 441-12-02).

**ADDITIONAL REQUIREMENTS FOR ENCLOSED SWITCHGEAR  
AND CONTROLGEAR FROM 1 kV TO 72.5 kV TO BE USED  
IN SEVERE CLIMATIC CONDITIONS**

---

## INTRODUCTION

This report has been compiled to indicate the form which a future standard might take and to promote research on this subject.

To this end, two established ageing test procedures are presented and possible evaluation criteria are also proposed with the intention of guiding this future research so that results can be properly compared and the evaluation criteria more exactly related to actual service experience.

The proposed penetration test is based on the principle that ageing effects may be essentially reduced by making use of the protection given by the external enclosure of the switchgear and controlgear. Potentially, a means of predicting internal equipment life duration with a short-time test is offered but only limited experience of performing the test and relating results to performance in service is currently available. Further research in this field is also therefore desirable.

### 1. Scope

This report applies to indoor enclosed switchgear and controlgear complying with IEC Publications 298 and 466, excluding gas-insulated metal-enclosed switchgear, intended to be used in service conditions more severe with respect to condensation and pollution than the normal service conditions specified in those standards.

*Note.-* Whilst the performance of mechanical components, such as mechanisms, interlocks and enclosures, is also of importance, the tests detailed in this report have been designed primarily to investigate the behaviour of electrical insulation.

### 2. Object

This report proposes definitions for two degrees of severe service conditions with respect to condensation and pollution. It also proposes test procedures for assessing the performance of enclosed switchgear and controlgear under specified conditions so that conclusions may be drawn concerning their suitability for service under those severe service conditions.

In this report, the term "equipment" is used in accordance with the scope for an "enclosed assembly of switchgear and controlgear" (IEV 441-12-02).

### 3. Degrés de sévérité des conditions de service sous condensation et pollution

L'appareillage d'intérieur installé dans un bâtiment ou dans une salle, et donc protégé normalement contre les conditions climatiques de l'extérieur, peut être soumis à des condensations dues à des variations brusques de température et à la pollution en provenance de l'environnement à l'intérieur du bâtiment.

Les conditions de service en ce qui concerne la condensation et la pollution autour de l'appareillage sous enveloppe sont désignées et caractérisées comme suit:

$C_o$ : La condensation ne se produit normalement pas (pas plus de deux fois par an)

$C_L$ : Condensation non fréquente (pas plus de deux fois par mois)

$C_H$ : Condensation fréquente (plus de deux fois par mois)

$P_o$ : Pas de pollution

$P_L$ : Pollution légère (comme indiqué au paragraphe 2.1.1, point c) de la Publication 694 de la CEI).

$P_H$ : Forte pollution

Notes 1.-  $P_o$  est considéré comme irréaliste.

2.- Pour les conditions de service qui comprennent la présence de dépôts corrosifs, il convient de consulter le constructeur.

Compte tenu du fait que l'appareillage est particulièrement influencé par la combinaison de l'humidité et de la pollution, trois degrés de sévérité de conditions de service sont définis comme suit:

Degré 0:  $C_o P_L$

Degré 1:  $C_L P_L$  ou  $C_o P_H$

Degré 2:  $C_L P_H$  ou  $C_H P_L$  ou  $C_H P_H$

### 4. Classification de l'appareillage sous enveloppe

Trois classes de construction, 0, 1 et 2, sont définies. Elles correspondent essentiellement aux trois degrés de sévérité des conditions de service, conformément à l'article 3. Des exemples caractéristiques d'utilisation de l'appareillage selon sa classe de construction sont les suivants:

#### a) Classe de construction 0:

Appareillage destiné à être utilisé dans des locaux avec contrôle de température. Le chauffage ou le refroidissement peuvent être interrompus pendant certaines périodes. Le bâtiment ou la salle procurent une protection contre les variations journalières du climat extérieur. Des précautions ont été prises pour réduire la présence de dépôts.

### 3. Degrees of severity of service conditions under condensation and pollution

Indoor equipment installed inside a building or room and thus normally protected against the outdoor climatic conditions may be submitted to condensation due to rapid temperature changes and to pollution due to the environment inside the building.

The service conditions with respect to condensation and pollution around the enclosed switchgear and controlgear are designated and characterized as follows:

$C_o$ : Condensation does not normally occur (not more than twice a year)

$C_L$ : Non-frequent condensation (not more than twice a month)

$C_H$ : Frequent condensation (more than twice a month)

$P_o$ : No pollution

$P_L$ : Light pollution (as given in Sub-clause 2.1.1, Item c) of IEC Publication 694)

$P_H$ : Heavy pollution

Notes 1.-  $P_o$  is considered as unrealistic.

2.- For service conditions which include the presence of corrosive deposits, the manufacturer should be consulted.

Taking into account the fact that the equipment is especially influenced by the combination of humidity and pollution, three degrees of severity of service conditions are defined as follows:

Degree 0:  $C_o P_L$

Degree 1:  $C_L P_L$  or  $C_o P_H$

Degree 2:  $C_L P_H$  or  $C_H P_L$  or  $C_H P_H$

### 4. Classification of enclosed switchgear and controlgear

Three design classes 0, 1, 2 are defined. They essentially correspond to the three degrees of severity of service conditions according to Clause 3. Typical examples of use of equipment according to its design class are the following:

#### a) Design Class 0:

Equipment to be used in temperature-controlled locations. Heating or cooling may be switched off for certain periods. The building or room provides protection from daily variations of outside climate. Precautions have been taken to minimize the presence of deposits.

b) Classe de construction 1:

Il y a deux possibilités:

- 1) Appareillage destiné à être utilisé dans des locaux sans contrôle de température. Le bâtiment ou la salle procurent une protection contre les variations journalières du climat extérieur, mais la condensation ne peut pas être exclue. Des précautions ont été prises pour réduire la présence de dépôts.
- 2) La température du local est contrôlée, mais aucune précaution particulière n'a été prise pour réduire la présence de dépôts, ou l'appareillage est placé au voisinage immédiat de sources de poussières.

c) Classe de construction 2:

Il y a trois possibilités:

- 1) Appareillage destiné à être utilisé dans des locaux sans contrôle de température. Le bâtiment ou la salle procurent une protection contre les variations journalières du climat extérieur, mais la condensation ne peut pas être exclue. Aucune précaution particulière n'a été prise dans le local pour réduire la présence de dépôts, ou l'appareillage est au voisinage immédiat de sources de poussières.
- 2) Appareillage destiné à être utilisé dans des locaux sans contrôle de température. Le bâtiment ou la salle ne procurent qu'une protection minimale contre les variations journalières du climat extérieur, de sorte que des condensations fréquentes peuvent se produire. Des précautions ont été prises pour réduire la présence de dépôts.
- 3) Appareillage destiné à être utilisé dans des locaux sans contrôle de température. Le bâtiment ou la salle ne procurent qu'une protection minimale contre les variations journalières du climat extérieur, de sorte que des condensations fréquentes peuvent se produire. Aucune précaution particulière n'a été prise dans le local pour réduire la présence de dépôts, ou l'appareillage est placé au voisinage immédiat de sources de poussières.

Notes 1.- Les précautions destinées à réduire la quantité de dépôts à l'intérieur de l'enveloppe de l'appareillage peuvent consister dans le choix d'un degré de protection approprié de l'appareillage sous enveloppe.

2.- L'attention est attirée sur les notes du point d) du paragraphe 2.1.1 de la Publication 694 de la CEI, relatives à des conditions normales de service avec une condensation occasionnelle, qui suggèrent que la conception du poste peut être telle qu'elle permette l'utilisation d'appareillage de classe de construction 1 ou qu'en variante l'appareillage d'extérieur puisse être utilisé. C'est ainsi qu'il est souvent plus facile de placer des filtres et des portes étanches sur les postes, afin d'éliminer les dépôts, que d'exclure la condensation.

**b) Design Class 1:**

There are two possibilities:

- 1) Equipment to be used in locations without temperature control. The building or room provides protection from daily variations of outside climate, but condensation cannot be excluded. Precautions have been taken to minimize the presence of deposits.
- 2) There is a temperature-controlled location but without special precautions to minimize the presence of deposits, or the equipment is situated in close proximity to dust sources.

**c) Design Class 2:**

There are three possibilities:

- 1) Equipment to be used in locations without temperature control. The building or room provides protection from daily variations of outside climate but condensation cannot be excluded. The location has no special precautions to minimize the presence of deposits, or the equipment is situated in close proximity to dust sources.
- 2) Equipment to be used in locations without temperature control. The building or room provides only minimal protection from daily variations of outside climate, so that frequent condensation may occur. Precautions have been taken to minimize the presence of deposits.
- 3) Equipment to be used in locations without temperature control. The building or room provides only minimal protection from daily variations of outside climate, so that frequent condensation may occur. The location has no special precautions to minimize the presence of deposits, or the equipment is situated in close proximity to dust sources.

**Notes** 1.- Precautions to minimize the amount of deposits inside the enclosure of the equipment may be taken by the choice of an appropriate degree of protection of the enclosed switchgear and controlgear.

2.- Attention is drawn to the notes of Item d) of Subclause 2.1.1 of IEC Publication 694 concerning normal service conditions with occasional condensation, which suggest that the substation design may be such as to permit the use of Design Class 1 switchgear and controlgear or, alternatively, outdoor switchgear and controlgear may be used. Also, it is often easier to fit filters and air-lock doors to substations to exclude deposits than it is to exclude condensation.

## 5. Procédure de classification

Pour les conditions de service normales spécifiées dans les Publications 298 et 466 de la CEI, aucun essai complémentaire n'est exigé. L'appareillage normalisé, conforme à ces publications, est considéré comme appartenant à la classe de construction 0.

Le fonctionnement satisfaisant dans des conditions de service sévères d'un appareillage conforme aux classes de construction 1 ou 2 est vérifié en essayant cet appareillage.

La nécessité d'effectuer un essai de vieillissement peut être estimée par un essai de pénétration préliminaire. Si l'appareillage subit avec succès cet essai, il est directement classé dans la classe de construction 2.

Si un essai de pénétration n'est pas effectué ou s'il n'est pas subi avec succès, l'appareillage sous enveloppe de classe de construction 1 est soumis à un essai de vieillissement de niveau 1, conformément à l'article 9. L'appareillage sous enveloppe de classe de construction 2 est soumis à un essai de vieillissement de niveau 2, conformément à l'article 10.

L'essai de pénétration comprend une période de cycles climatiques au cours de laquelle des mesurages de référence sont effectués. L'appareillage est ensuite exposé à un brouillard salin dans des conditions cycliques de température et soumis à la méthode de diagnostic spécifiée au paragraphe 8.3 au cours de cycles climatiques supplémentaires.

Les essais de vieillissement des niveaux 1 et 2 exigent l'application répétée de cycles climatiques identiques, suivie des méthodes de diagnostic spécifiées à l'article 11. L'essai de vieillissement de niveau 2 est identique à celui de niveau 1, sauf que pour le niveau 2 un plus grand nombre de cycles climatiques doit être appliqué.

Les paramètres retenus pour l'essai de pénétration, la température, l'humidité et la pollution sont représentatifs des conditions de service définies pour la classe de construction 2: condensation fréquente et forte pollution aboutissant à une conductance superficielle d'environ  $10 \mu S$  sur les pièces isolantes à l'intérieur de l'enveloppe.

Cette procédure de classification est illustrée dans le diagramme de la figure 1.

## 6. Moyens d'essais et spécifications les concernant

### 6.1 *Chambre d'essai climatique*

Une chambre d'essai climatique est nécessaire, d'une dimension suffisante pour y installer l'appareillage à essayer. L'appareillage est installé dans la chambre d'essai climatique, sur un socle perforé, à une hauteur du sol d'au moins 0,5 m. Le volume de la chambre d'essai climatique est compris entre 5 et 15 fois le volume de l'appareillage à essayer. La distance entre les parois et le plafond de la chambre d'essai et entre les parois et la partie supérieure de l'enveloppe de l'appareillage et le pulvérisateur est supérieure à la distance entre phases sans être inférieure à 0,15 m (voir figure 2a). Cependant, pour la méthode d'essai A (voir paragraphe 9.1), la distance entre les parois de la chambre d'essai et l'enveloppe de l'appareillage est, de préférence, au moins égale à 1,5 m.

## 5. Classification procedure

For the normal service conditions specified in IEC Publications 298 and 466, no additional test is required. Standardized switchgear and controlgear complying with these publications is considered as belonging to Design Class 0.

Satisfactory performance under severe service conditions of equipment complying with Design Class 1 or 2 is verified by testing the equipment.

The necessity to perform an ageing test may be assessed by a preceding penetration test. If the equipment has successfully passed this test, it is directly classified in Design Class 2.

If a penetration test is omitted or if it is not passed successfully, the enclosed switchgear and controlgear of Design Class 1 is submitted to the level 1 ageing test according to Clause 9. Enclosed switchgear and controlgear of Design Class 2 is submitted to the level 2 ageing test according to Clause 10.

The penetration test comprises a period of climatic cycling during which reference measurements are taken. The equipment is then exposed to salt fog under cyclic temperature conditions, followed by the diagnostic procedure specified in Sub-clause 8.3 conducted during further climatic cycles.

The level 1 and level 2 ageing tests require the repeated application of identical climatic cycles followed by the diagnostic procedures specified in Clause 11. The level 2 ageing test is identical to the level 1 ageing test except that for level 2 a greater number of climatic cycles is to be applied.

The parameters selected for the penetration test, temperature, humidity and pollution are representative of the service conditions defined for Design Class 2: frequent condensation and heavy pollution resulting in a surface conductance of about 10  $\mu\text{S}$  on insulating parts inside the enclosure.

This classification procedure is illustrated in the flow chart, Figure 1.

## 6. Test facilities and associated requirements

### 6.1 Climatic test room

A climatic test room is required which shall be of sufficient size to accommodate the equipment to be tested. The equipment shall be installed in the climatic test room on a perforated base at a height of not less than 0.5 m from the ground. The volume of the climatic test room shall be between 5 and 15 times the volume of the equipment to be tested. The distance between walls and ceiling of the test room and walls and the top of the enclosure of the equipment and the atomizer shall be more than the phase distance and not less than 0.15 m (see Figure 2a). However, for test procedure A (see Sub-clause 9.1) the distance between the walls of the test room and the enclosure of the equipment should preferably be not less than 1.5 m.

En outre, un dispositif destiné à pulvériser un nuage de pollution saline, avec le taux et la dimension de goutte requis par l'essai de pénétration et par la méthode d'essai B (voir paragraphe 9.2), est nécessaire.

Par suite des potentiels effets nuisibles du polluant (brouillard salin) utilisé dans certaines méthodes d'essai sur certains matériaux à l'intérieur de la chambre d'essai et indispensables à sa fonction, il est recommandé de prévoir une coiffe constituée d'une feuille de polyéthylène pour entourer l'appareillage en essai tant que ces matériaux corrosifs sont utilisés (voir figure 2b).

## 6.2 Moyens de contrôle

La température demande à être contrôlée dans des limites inférieures à  $\pm 2$  °C et à pouvoir varier très rapidement afin de produire des variations cycliques de température dans un domaine d'au moins 20 °C à 50 °C. Il est également important de pouvoir maintenir une tolérance de  $\pm 2$  °C sur la différence de température.

L'humidité doit également pouvoir être contrôlée avec des tolérances étroites dans un domaine allant de moins de 80% à plus de 95% d'humidité relative.

Pour obtenir ces résultats, des moyens peuvent être nécessaires pour injecter un nuage de vapeur dans la chambre d'essai climatique afin d'augmenter simultanément la température et l'humidité, et également pour injecter de l'air froid et sec afin d'inverser ce processus.

Pour maintenir des conditions uniformes dans la chambre d'essai, des dispositions pour la circulation de l'air sont nécessaires, ainsi que la possibilité d'appliquer une chaleur sèche dans la chambre d'essai.

## 6.3 Moyens de mesurage

Une ou des sources à haute tension sont prévues pour mettre l'appareillage à essayer sous tension durant certains essais. La source utilisée à cette fin doit être capable de maintenir la tension assignée avec une tolérance de 0 à -5% pendant les cycles climatiques.

Une source ayant un courant de court-circuit d'au moins 1 A est nécessaire pour appliquer les tensions d'essai de diagnostic jusqu'à au moins trois fois la tension assignée de l'appareillage à essayer. Cette source doit être munie d'un dispositif de protection fonctionnant en moins de 0,1 s dans le cas d'une décharge disruptive.

S'il y a lieu, des dispositions sont prises pour le mesurage des décharges partielles sur chaque phase de l'unité en essai, conformément aux spécifications du paragraphe 6.1.9 de la Publication 466 de la CEI.

S'il y a lieu, des dispositions sont également prises pour le mesurage de la valeur efficace de la composante active (R) du courant de fuite sur chaque phase de l'unité en essai. Le circuit principal de l'appareillage sous enveloppe est raccordé soit à une source triphasée de tension égale à la tension assignée, avec une phase mise à la terre, ou, de préférence, à une source monophasée de tension égale à la tension assignée, les parties actives des circuits principaux étant reliées ensemble (voir annexe A).

In addition, a means of injecting an atomized cloud of salt pollution at the delivery rates and droplet size required by the penetration test and test procedure B (see Sub-clause 9.2) is required.

Due to the potentially deleterious effects of the pollutant (salt fog) used in some of the test procedures on certain materials within the test room and essential to its function, it is recommended that a bonnet made from polyethylene sheet be available to enclose the equipment under test whilst these corrosive materials are in use (see Figure 2b).

## 6.2 *Control facilities*

The temperature needs to be controlled within limits of less than  $\pm 2$  °C and varied quite rapidly in order to produce cyclic temperature variations over a range of at least 20 °C to 50 °C. It is also important to be able to maintain a tolerance on the temperature difference of  $\pm 2$  °C.

The humidity also needs to be controlled within close limits over a range from below 80% to over 95% of relative humidity.

To achieve these results, facilities may be required for injecting a steam cloud into the climatic test room to increase simultaneously the temperature and humidity, and also for injecting cold, dry air in order to reverse this process.

To maintain uniform conditions throughout the test room some means of circulating the air is required, and also the facility to apply dry heat to the test room.

## 6.3 *Measuring facilities*

A high-voltage source, or sources, should be provided so that the equipment to be tested can be energized during some of the tests. The source used for this purpose shall be able to maintain the rated voltage with a tolerance of 0 to -5% during the climatic cycles.

A source with a short circuit current capability of at least 1 A is required for applying diagnostic test voltages up to at least three times the rated voltage of the equipment to be tested. This source shall have a protective device operating in the event of a disruptive discharge in less than 0.1 s.

Where applicable, provision is to be made for the measurement of partial discharges in each phase of the unit under test, in accordance with the specifications of Sub-clause 6.1.9 of IEC Publication 466.

Where applicable, provision is also to be made for the measurement of the r.m.s. value of the active component (R) of the leakage current in each phase of the unit under test. The main circuit of the enclosed switchgear and controlgear shall be connected either to a three-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, with one phase connected to earth, or preferably to a single-phase supply of a voltage equal to the rated voltage, the live parts of the main circuits being connected together (see Appendix A).

## 7. Choix et disposition de l'appareillage pour l'essai

### 7.1 Choix de l'appareillage

Les essais sont effectués sur une unité fonctionnelle typique complètement assemblée et équipée de ses matériels comme en service. L'unité fonctionnelle et ses matériels doivent être neufs et propres.

*Note.* - Pour l'appareillage cloisonné, il est permis d'essayer des unités unipolaires.

### 7.2 Disposition de l'appareillage

L'appareillage à essayer est installé dans la chambre d'essai climatique, comme indiqué au paragraphe 6.1, dans sa position normale de service. La disposition d'essai de l'unité fonctionnelle ne doit pas être plus favorable que la disposition normale de service, notamment en ce qui concerne les connexions extérieures.

Le raccordement est effectué de façon que l'unité fonctionnelle puisse être alimentée sous sa tension assignée à partir d'une source triphasée, lorsque cela est demandé par la méthode d'essai choisie.

Pour permettre le contrôle du courant de fuite, les parties mises à la terre de l'appareillage sous enveloppe isolante sont reliées au conducteur de protection et, s'il y a lieu, l'appareillage sous enveloppe métallique est isolé de la terre (voir annexe A).

## 8. Essai de pénétration

Cet essai est destiné à vérifier l'efficacité de l'enveloppe de l'appareillage contre la pénétration de la pollution et de la condensation, de telle sorte que l'effet d'une exposition à des conditions climatiques sévères puisse être évalué.

La méthode employée consiste à soumettre l'appareillage à essayer à des cycles de température-humidité dans une atmosphère de brouillard salin. Le degré de contamination de l'isolation sous enveloppe est évalué en comparant les décharges partielles et les courants de fuite dans des conditions identiques avant et après les séries d'essai.

### 8.1 Mesurages de référence

L'unité fonctionnelle installée dans la chambre d'essai climatique (voir paragraphe 6.1) est alimentée sous sa tension assignée et soumise à un cycle climatique comme suit (voir figure 3).

La température de la chambre d'essai climatique est augmentée de  $25 \pm 3$  °C à  $40 \pm 2$  °C en 3 h. La température est maintenue à  $40 \pm 2$  °C pendant 2 h et ensuite abaissée à  $25 \pm 3$  °C en 1 h. La différence entre les températures haute et basse est maintenue à  $15 \pm 2$  °C. La température est ensuite maintenue à  $25 \pm 3$  °C pendant une période de 2 h.

## 7. Selection and arrangement of the equipment for test

### 7.1 Selection of the equipment

Tests are to be made on one typical functional unit completely assembled and fitted with all its components as for service. The functional unit and its components shall be new and clean.

*Note.* - For phase segregated switchgear and controlgear, it is permitted to test single-phase units.

### 7.2 Arrangement of the equipment

The equipment to be tested shall be installed in the climatic test room, as given in Sub-clause 6.1, in its normal service position. The test arrangement of the functional unit shall not be more favourable than the normal service arrangement, especially in respect of the external connections.

Connection shall be made so that the functional unit can be energized from a three-phase supply at its rated voltage when required by the chosen test procedure.

To allow for monitoring of the leakage current, the earthed parts of insulation enclosed switchgear and controlgear shall be connected to the protective conductor and, where applicable, metal enclosed switchgear and controlgear shall be insulated from earth (see Appendix A).

## 8. Penetration test

This test is designed to check the effectiveness of the enclosure of the equipment in preventing the ingress of pollution and condensation, so that the effect of exposure to severe climatic conditions can be assessed.

The method employed is to subject the equipment to be tested to temperature and humidity cycling in a salt fog environment. The degree of contamination of the enclosed insulation is assessed by comparing the partial discharges and leakage currents under identical conditions before and after the test series.

### 8.1 Reference measurements

The functional unit installed in the climatic test room (see Sub-clause 6.1) shall be energized at its rated voltage and submitted to one climatic cycle as follows (see Figure 3).

The temperature in the climatic test room shall be raised from  $25 \pm 3$  °C to  $40 \pm 2$  °C in 3 h. The temperature shall be maintained at  $40 \pm 2$  °C for 2 h and then lowered to  $25 \pm 3$  °C in 1 h. The difference between the high and the low temperatures shall be maintained within  $15 \pm 2$  °C. The temperature shall then remain at  $25 \pm 3$  °C for a period of 2 h.

L'humidité relative au cours du cycle de température est au début de 95%, valeur qui est maintenue pendant 4,5 h. L'humidité relative est ensuite abaissée à 80% en 0,5 h et maintenue à cette valeur pendant 2,5 h. L'humidité relative est enfin augmentée jusqu'à 95% en 0,5 h.

*Note.* - Dans certaines chambres d'essai climatique, l'abaissement de la température à 25 °C est accompagné d'un effet de dessiccation tel que l'humidité tombe au-dessous des 80% spécifiés. Dans ce cas, la durée du cycle devra être augmentée pour permettre à l'humidité d'atteindre la valeur spécifiée avant la fin du cycle.

Au cours du cycle climatique, le mesurage des décharges partielles et de la valeur efficace de la composante active (R) du courant de fuite est effectué sur chaque phase de l'unité en essai, de préférence au moyen d'un enregistrement continu. Lorsqu'on ne dispose pas d'un dispositif d'enregistrement continu, il convient d'effectuer le relevé des décharges partielles et du courant de fuite à des intervalles n'excédant pas 1 min. Pour chaque minute au cours du cycle, des valeurs moyennes sont calculées en se basant sur la valeur obtenue pour cette minute, pour les deux valeurs précédentes et pour les deux valeurs suivantes. Les valeurs moyennes obtenues sont reportées sur un graphique donnant le niveau des décharges partielles et le courant de fuite en fonction du temps.

## 8.2 *Traitement de pollution*

L'appareillage à essayer n'est pas mis sous tension.

La température de la chambre d'exposition, chambre d'essai climatique ou chambre en polyéthylène suivant le cas, est augmentée de la température de l'air ambiant à  $40 \pm 2$  °C en 1 h et maintenue à cette valeur pendant 1 h. Le chauffage est ensuite coupé et l'appareillage est soumis, au moyen d'un pulvérisateur, à la pulvérisation d'une solution saline dont la salinité est de 5 kg de NaCl par mètre cube de solution. Le débit de pulvérisation est de 0,3 l/h à 0,5 l/h par mètre cube du volume de la chambre d'exposition. La pulvérisation est arrêtée au bout de 1 h. Ce cycle de pénétration est répété huit fois (voir figure 4).

## 8.3 *Méthode de diagnostic*

A la suite du traitement de pollution, l'éventuelle coiffe de protection est enlevée et l'unité fonctionnelle en essai est à nouveau mise sous tension. Six cycles complémentaires, comme indiqué au paragraphe 8.1, sont alors effectués. Au cours du dernier de ces cycles, des mesurages du niveau des décharges partielles et du courant de fuite sont effectués comme indiqué au paragraphe 8.1.

Immédiatement après le dernier cycle climatique, la température est maintenue à  $25 \pm 3$  °C et l'humidité relative à 95%. Des essais monophasés de tension à fréquence industrielle sont effectués: une phase est mise sous tension à  $U/\sqrt{3}$ , où  $U$  est la tension assignée de l'appareillage, les deux autres phases étant mises à la terre et raccordées au conducteur de protection de l'appareillage. La tension est augmentée jusqu'à la tension de tenue assignée à fréquence industrielle de l'appareillage (taux d'accroissement de tension compris entre 0,5 kV/s et 0,7 kV/s) et maintenue à cette valeur pendant 30 s. L'essai est répété successivement sur les trois phases, l'intervalle entre deux essais étant aussi court que possible.

The relative humidity during the temperature cycle is initially at 95%, which is maintained for 4.5 h. The relative humidity shall then be lowered to 80% within 0.5 h and maintained at this value for 2.5 h. Finally, the relative humidity shall be increased to 95% in 0.5 h.

*Note.* - In some climatic test rooms lowering the temperature to 25 °C is accompanied by a drying effect so that the humidity drops below the 80% specified. In this case, the cycle time should be increased to allow the humidity to rise to the specified value before the end of the cycle.

Throughout the climatic cycle, measurement of partial discharges and the r.m.s. value of the active component (R) of the leakage current is made in each phase of the unit under test, preferably by continuous recording. Where a continuous recording device is not available, record of partial discharges and leakage current should be made at intervals not exceeding 1 min. For each minute during the cycle, average values based on the value for that minute, the two preceding and two succeeding values shall be calculated. The resultant average values are to be displayed as graphs of partial discharge level and leakage current against time.

## 8.2 *Pollution treatment*

The equipment to be tested shall not be energized.

The temperature of the exposure chamber, the climatic test room or the polyethylene chamber, as the case may be, shall be raised from the ambient air temperature to  $40 \pm 2$  °C in 1 h and kept at that value for 1 h. Then the heat source shall be turned off and the equipment submitted to a spray, from an atomizer, of a salt solution with a salinity of 5 kg NaCl per cubic metre of solution. The flow rate of the spray shall be 0.3 l/h to 0.5 l/h per cubic metre of the exposure chamber volume. The spray shall be turned off after 1 h. This penetration cycle shall be repeated eight times (see Figure 4).

## 8.3 *Diagnostic procedure*

Following the pollution treatment, the protective bonnet, if any, shall be removed and the functional unit under test energized again. Then six further cycles, as given in Sub-clause 8.1 shall be applied. During the last of these cycles, measurements of the partial discharge level and leakage current shall be taken as given in Sub-clause 8.1.

Immediately following the last climatic cycle the temperature shall be maintained at  $25 \pm 3$  °C and the relative humidity at 95%. Single-phase power-frequency voltage tests shall be performed: one phase is energized at  $U/\sqrt{3}$ , where  $U$  is the rated voltage of the equipment, the other two phases being earthed and connected to the protective conductor of the equipment. The voltage shall be raised up to the rated power-frequency withstand voltage of the equipment (voltage rise between 0.5 kV/s and 0.7 kV/s) and maintained at this value for 30 s. The test shall be repeated successively on the three phases, the interval between two tests being as short as practicable.

#### 8.4 Evaluation

La comparaison entre les valeurs moyennes obtenues au cours des mesurages de référence effectués au début et à la fin de l'essai de pénétration est effectuée pour chaque minute du cycle de mesurage. Le rapport de chaque mesure finale à chaque mesure initiale correspondante est calculé et les rapports maximaux sont déterminés pour le niveau des décharges partielles et pour le courant de fuite.

Si ces rapports ne dépassent pas deux pour les décharges partielles et pour les courants de fuite et si aucune décharge disruptive ne se produit au cours de l'essai diélectrique, l'appareillage est classé dans la classe de construction 2 sans essai supplémentaire.

Cependant, il faut vérifier que les caractéristiques fonctionnelles de l'appareillage en essai et de ses matériels ne sont pas affectées. Le degré de corrosion, s'il y a lieu, est noté.

*Notes* 1.- Le rapport deux est proposé pour le moment, mais des investigations plus larges seront nécessaires pour vérifier la validité de ce chiffre.

2.- Si la valeur initiale relevée des décharges partielles ou du courant de fuite est très basse, on peut appliquer un rapport plus élevé.

3.- Des essais complémentaires pour vérifier le comportement mécanique peuvent être effectués par accord entre constructeur et utilisateur.

Si la conformité aux critères ci-dessus concernant les décharges partielles et le courant de fuite n'est pas obtenue et si aucune décharge disruptive ne se produit au cours de l'essai diélectrique, l'appareillage peut être classé en:

- a) classe de construction 1 après avoir subi l'essai de vieillissement de niveau 1, spécifié à l'article 9, ou
- b) classe de construction 2 après avoir subi l'essai de vieillissement de niveau 2, spécifié à l'article 10.

Si une décharge disruptive se produit au cours de l'essai diélectrique, l'appareillage est classé dans la classe de construction 0.

#### 9. Essai de vieillissement de niveau 1

L'essai de vieillissement de niveau 1 est destiné à démontrer la conformité de l'appareillage aux exigences de la classe de construction 1.

L'appareillage à essayer est choisi et préparé pour l'essai conformément à l'article 7.

Au cours de l'exécution de l'essai de vieillissement, le contrôle du courant de fuite est recommandé pour obtenir des renseignements concernant le comportement de l'appareillage.

#### 8.4 Evaluation

Comparison of the resultant average values of the reference measurements made at the beginning and the end of the penetration test shall be made for each minute of the measurement cycle. The ratio of each final measurement to each corresponding initial measurement shall be calculated, and the maximum ratios for leakage current and partial discharge level shall be determined.

If these ratios do not exceed two for the partial discharges and for the leakage currents, and if no disruptive discharge occurs during the dielectric test, the equipment is classified as Design Class 2 without any further test.

However, it shall be checked that the functional characteristics of the equipment to be tested and of its components are not affected. The degree of corrosion, if any, shall be recorded.

- Notes
- 1.- For the time being the ratio of two is proposed, but further investigation will be necessary to verify the validity of this figure.
  - 2.- If the recorded initial value of partial discharges or leakage current is very low, a higher ratio would apply.
  - 3.- Additional tests to verify mechanical behaviour may be carried out by agreement between manufacturer and user.

If the above criteria concerning partial discharges and leakage current are not met and if no disruptive discharge occurs during the dielectric test, the equipment may be classified as:

- a) Design Class 1 after having passed the level 1 ageing test specified in Clause 9 or
- b) Design Class 2 after having passed the level 2 ageing test specified in Clause 10.

If a disruptive discharge occurs during the dielectric test, the equipment is classified as Design Class 0.

#### 9. Level 1 ageing test

The intended purpose of the level 1 ageing test is to prove the compliance of the equipment with the requirements for Design Class 1.

The equipment to be tested is selected and prepared for test in accordance with Clause 7.

During the performance of the ageing test, monitoring of the leakage current is recommended to collect information concerning the behaviour of the equipment.

Deux méthodes d'essai sont proposées pour effectuer ces essais de vieillissement. Dans l'attente d'une plus large expérimentation, ces procédures sont considérées comme équivalentes.

### 9.1 Méthode d'essai A

L'unité fonctionnelle et ses matériels sont neufs et propres, sans aucun traitement de la surface des parties isolantes.

Elle est installée dans la chambre d'essai climatique et soumise, pendant deux périodes d'essai identiques de neuf jours, à des cycles de chaleur humide de 2 h comme suit (voir figure 5):

La température de la chambre d'essai climatique est augmentée de  $30 \pm 3$  °C à  $50 \pm 2$  °C en 40 min, l'humidité relative étant maintenue constamment au-dessus de 95%. Ces conditions sont maintenues pendant 20 min, et la température est ensuite abaissée à  $30 \pm 3$  °C en 40 min, sans taux d'humidité spécifié. La température est ensuite maintenue à  $30 \pm 3$  °C pendant 20 min et, au cours de cette période, l'humidité relative reste supérieure à 80%. En outre, la différence entre les haute et basse températures est maintenue à  $20 \pm 2$  °C.

Pour obtenir la montée de température, un nuage de vapeur d'eau peut être injecté directement dans la chambre d'essai climatique (il y a, par conséquent, de fines gouttes d'eau en suspension); l'augmentation de température de 30 °C à 50 °C est obtenue par l'échange de chaleur résultant de l'injection du nuage de vapeur d'eau. La réduction de température peut être obtenue en injectant de l'air sec sans vapeur d'eau. La régulation à  $30 \pm 3$  °C et à  $50 \pm 2$  °C peut être effectuée en injectant successivement dans la chambre d'essai un nuage de vapeur d'eau et de l'air froid sec.

La période d'essai de neuf jours est constituée de la façon suivante:

Pendant sept jours, l'appareillage à essayer est alimenté sous sa tension assignée et soumis à 84 cycles de chaleur humide. Après ces sept jours, l'essai est arrêté pendant deux jours, à la fin du dernier cycle à 30 °C. Les sources de vapeur et d'air froid sont coupées, l'appareillage est mis hors tension et les portes de l'unité fonctionnelle sont ouvertes.

Au cours des dernières heures de ces deux jours, quelques manoeuvres mécaniques sur les appareils de connexion et sur les portes de l'unité fonctionnelle sont effectuées et les écarts dans les durées de manoeuvres, les vitesses de contact, le fonctionnement des verrouillages, etc., sont notés.

Après achèvement de deux périodes d'essai, le comportement de l'appareillage est évalué conformément à la méthode de diagnostic spécifiée au paragraphe 11.1.

### 9.2 Méthode d'essai B

Les parties isolantes de l'unité fonctionnelle sont nettoyées avec des moyens appropriés ne détériorant pas les matériaux isolants (par exemple eau chaude et phosphate trisodique).

Two test procedures are suggested for the purpose of these ageing tests. Pending further experience these procedures are considered as equivalent.

### 9.1 *Test procedure A*

The functional unit and its components shall be new and clean without any surface treatment on the insulating parts.

It shall be installed in the climatic test room and subjected during two identical test periods of nine days to 2 h damp heat cycles as follows (see Figure 5).

The temperature of the climatic test room is raised from  $30 \pm 3$  °C to  $50 \pm 2$  °C in 40 min, with the relative humidity constantly above 95%. These conditions are maintained for 20 min, and the temperature is then lowered to  $30 \pm 3$  °C in 40 min, without any specified value of humidity. The temperature is then maintained at  $30 \pm 3$  °C for 20 min, and throughout this period the relative humidity is kept above 80%. In addition, the difference between the low and the high temperatures shall be kept within the range of  $20 \pm 2$  °C.

To obtain the temperature rise, a steam cloud may be injected directly into the climatic test room (consequently containing fine drops of water in suspension); the increased temperature from 30 °C to 50 °C is produced by the heat exchange resulting from injection of the steam cloud. The reduction of temperature may be obtained by injecting dry air without steam. Regulation at  $30 \pm 3$  °C and  $50 \pm 2$  °C may be made by successively injecting a steam cloud and then cold dry air into the test room.

The test period of nine days, duration is made up as follows:

For seven days, the equipment to be tested is energized at its rated voltage and subjected to 84 damp heat cycles. After these seven days the test is stopped for two days at the end of the last cycle at 30 °C. The sources of steam and cold air are cut off, the equipment is de-energized and the doors of the functional unit are opened.

During the last hours of these two days, some mechanical operations shall be performed on the switching devices and doors of the functional unit, and variations in operating times, contact speeds, operation of interlocks, etc., shall be recorded.

After the completion of two test periods, the performance of the equipment shall be evaluated in accordance with the diagnostic procedure specified in Sub-clause 11.1.

### 9.2 *Test procedure B*

The insulation parts of the functional unit shall be cleaned with appropriate means not damaging the insulating materials (e.g. warm water and trisodium phosphate).

L'unité fonctionnelle en essai est mise sous tension à sa tension assignée et soumise à des cycles de température-humidité de 12 h comme suit (voir figure 6):

La température de la chambre d'essai climatique ou chambre en polyéthylène, suivant le cas, subit des variations cycliques de  $30 \pm 3$  °C à  $50 \pm 2$  °C, avec un taux de variation d'environ 10 °C/h. En outre, la différence entre les températures haute et basse est maintenue à  $20 \pm 2$  °C.

Aucune valeur d'humidité relative n'est spécifiée pour les périodes de variation de température  $t_1$  et  $t_3$  de 2 h, mais l'humidité est inférieure à 80% au cours de la période  $t_2$  de 2 h, pendant laquelle la température est maintenue à  $50 \pm 2$  °C et supérieure à 95% pendant la période  $t_4$  de 6 h où la température est maintenue à  $30 \pm 3$  °C.

Les variations de température et d'humidité sont obtenues grâce à la pulvérisation continue d'une solution saline et à un chauffage. La solution saline utilisée doit contenir 0,176 kg de NaCl par mètre cube d'eau déminéralisée. L'humidité résultante est alors telle que l'eau recueillie dans la chambre d'essai ait une résistivité approximativement égale à 30  $\Omega$ m à 20 °C. Le débit de solution saline pulvérisée est de 0,3 l/h à 0,5 l/h par mètre cube de volume de la chambre d'essai. Le diamètre des gouttes est en principe de 5  $\mu$ m à 10  $\mu$ m.

*Note.-* Suivant les possibilités de la chambre d'essai, les durées  $t_1$  et  $t_3$  peuvent devoir être réduites, mais, en ce cas, les durées  $t_2$  et  $t_4$  devront alors être augmentées de façon que  $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$  demeure constant.

L'unité fonctionnelle en essai est soumise à 10 cycles de température-humidité identiques.

Après achèvement de ces 10 cycles, le comportement de l'appareillage à essayer est évalué conformément à la méthode de diagnostic spécifiée au paragraphe 11.2.

## 10. Essai de vieillissement de niveau 2

L'essai de vieillissement de niveau 2 est destiné à démontrer la conformité de l'appareillage avec les exigences de la classe de construction 2.

L'essai de vieillissement de niveau 2 comprend des cycles climatiques complémentaires, conformément aux méthodes A ou B.

Dans le cas de la méthode A, une durée d'essai totale de cinq périodes d'essai identiques de neuf jours est exigée, suivie de la méthode de diagnostic spécifiée au paragraphe 11.1.

Dans le cas de la méthode B, une durée d'essai totale de 20 cycles de température-humidité identiques est exigée, suivie de la méthode de diagnostic spécifiée au paragraphe 11.2.

*Note.-* Au cas où un appareillage a déjà subi avec succès l'essai de vieillissement de niveau 1, suivant la méthode A, il est admis de continuer immédiatement l'essai, en appliquant trois périodes d'essai complémentaires de neuf jours chacune.

The functional unit under test shall be energized at its rated voltage and subjected to temperature-humidity cycles of 12 h as follows (see Figure 6).

The temperature of the climatic test room or the polyethylene chamber, as the case may be, undergoes cyclic variations from  $30 \pm 3^\circ\text{C}$  to  $50 \pm 2^\circ\text{C}$  with a rate of change of approximately  $10^\circ\text{C/h}$ . In addition the difference between the low and high temperatures shall be kept within the range of  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ .

No value of relative humidity is specified during the temperature transition periods  $t_1$  and  $t_3$  of 2 h, but the humidity shall be below 80% during the period  $t_2$  of 2 h whilst the temperature is maintained at  $50 \pm 2^\circ\text{C}$ , and above 95% during the period  $t_4$  of 6 h whilst the temperature is maintained at  $30 \pm 3^\circ\text{C}$ .

The temperature and humidity variations are obtained by continuously atomizing salt water solution and by heating. The salt water solution used shall contain 0.176 NaCl per cubic metre of demineralized water. The resulting humidity shall then be such that the water collected in the test room has a resistivity of approximately  $30\ \Omega\text{m}$  at  $20^\circ\text{C}$ . The rate of delivery of the atomized salt solution shall be from 0.3 l/h to 0.5 l/h per cubic metre of the test room volume. The diameter of the droplets should be in the range of  $5\ \mu\text{m}$  to  $10\ \mu\text{m}$ .

*Note.* - Depending on the facilities of the test room, the times  $t_1$  and  $t_3$  may have to be reduced, but in this case the times  $t_2$  and  $t_4$  should be increased so that  $t_1 + t_2 + t_3 + t_4$  remains constant.

The functional unit under test shall be submitted to 10 identical temperature-humidity cycles.

After these 10 cycles the performance of the equipment to be tested shall be evaluated in accordance with the diagnostic procedure specified in Sub-clause 11.2.

## 10. Level 2 ageing test

The intended purpose of the level 2 ageing test is to prove the compliance of the equipment with the requirements of Design Class 2.

The level 2 ageing test comprises further climatic cycles in accordance with procedure A or procedure B.

In the case of procedure A a total test duration of five identical test periods of nine days is required, followed by the diagnostic procedure specified in Sub-clause 11.1.

In the case of procedure B a total test duration of 20 identical temperature-humidity cycles is required, followed by the diagnostic procedure specified in Sub-clause 11.2.

*Note.* - In the case where equipment has already been successfully subjected to the level 1 ageing test according to procedure A, it is permitted to continue the test immediately, applying three further test periods of nine days each. However, as

Cependant, comme la méthode B exige une opération de nettoyage avant l'application de la méthode de diagnostic après l'essai de vieillissement de niveau 1, il n'est pas possible de poursuivre l'essai de la manière décrite précédemment pour la méthode A.

## 11. Méthode de diagnostic après l'essai de vieillissement

Après l'achèvement des essais de vieillissement, l'appareillage est soumis à des essais diélectriques comme suit:

### 11.1 Après la méthode d'essai A

L'appareillage est d'abord soumis à l'essai de tension de tenue à fréquence industrielle à sec durant 1 min à sa valeur assignée.

La température de la chambre d'essai climatique est ensuite augmentée à  $30 \pm 2$  °C et l'humidité à environ 95%. Après 3 h dans ces conditions, sans application de tension, l'essai diélectrique suivant est effectué (voir figure 7).

Une phase est mise sous tension à  $U/\sqrt{3}$ , où  $U$  est la tension assignée de l'appareillage, les deux autres phases étant mises à la terre et raccordées au conducteur de protection de l'appareillage. Au bout de 1 h, la tension est augmentée à  $\sqrt{3}U$  pendant 30 s (taux d'accroissement de la tension compris entre 0,5 kV/s et 0,7 kV/s).

L'essai est répété successivement sur les deux autres phases, l'intervalle entre les essais étant aussi court que possible.

### 11.2 Après la méthode d'essai B

L'appareillage est complètement lavé avec de l'eau déminéralisée et séché dans la chambre d'essai pendant 20 h, sans application de tension, à une température de  $20 \pm 2$  °C et à une humidité relative inférieure à 80%.

L'appareillage est ensuite soumis à des essais de tension de tenue à fréquence industrielle à sec et sous humidité dans les conditions spécifiées au paragraphe 11.1.

### 11.3 Evaluation

L'appareillage a subi avec succès l'essai de vieillissement spécifié pour la classe de construction 1 ou 2 si les conditions suivantes sont remplies:

- a) aucune décharge disruptive ne se produit au cours des cycles climatiques effectués selon les méthodes A ou B;
- b) aucune décharge disruptive ne se produit au cours de la méthode de diagnostic;
- c) les caractéristiques fonctionnelles de l'appareillage, par exemple durées de manoeuvre, vitesses de contact, fonctionnement des verrouillages, etc., ne sont pas notablement modifiées. Le degré de corrosion des parties mécaniques (s'il y a lieu) est noté dans le rapport d'essai.

procedure B requires a cleaning operation before applying the diagnostic procedure after the level 1 ageing test, it is not possible to continue the test in the manner just described for procedure A.

## 11. Diagnostic procedure after ageing test

After the conclusion of the ageing tests, the equipment shall be submitted to dielectric tests as follows:

### 11.1 After test procedure A

The equipment is first subjected to the dry 1 min power-frequency withstand voltage test at its rated value.

Then the temperature in the climatic test room shall be increased to  $30 \pm 2$  °C and the humidity to approximately 95%. After 3 h in these conditions, without voltage being applied, the following dielectric test is performed (see Figure 7).

One phase is energized at  $U/\sqrt{3}$ , where  $U$  is the rated voltage of the equipment, the other two phases being earthed and connected to the protective conductor of the equipment. After 1 h, the voltage is raised to  $\sqrt{3}U$  for 30 s (voltage rise between 0.5 kV/s and 0.7 kV/s).

The test is repeated successively on the other two phases, the interval between the tests being as short as possible.

### 11.2 After test procedure B

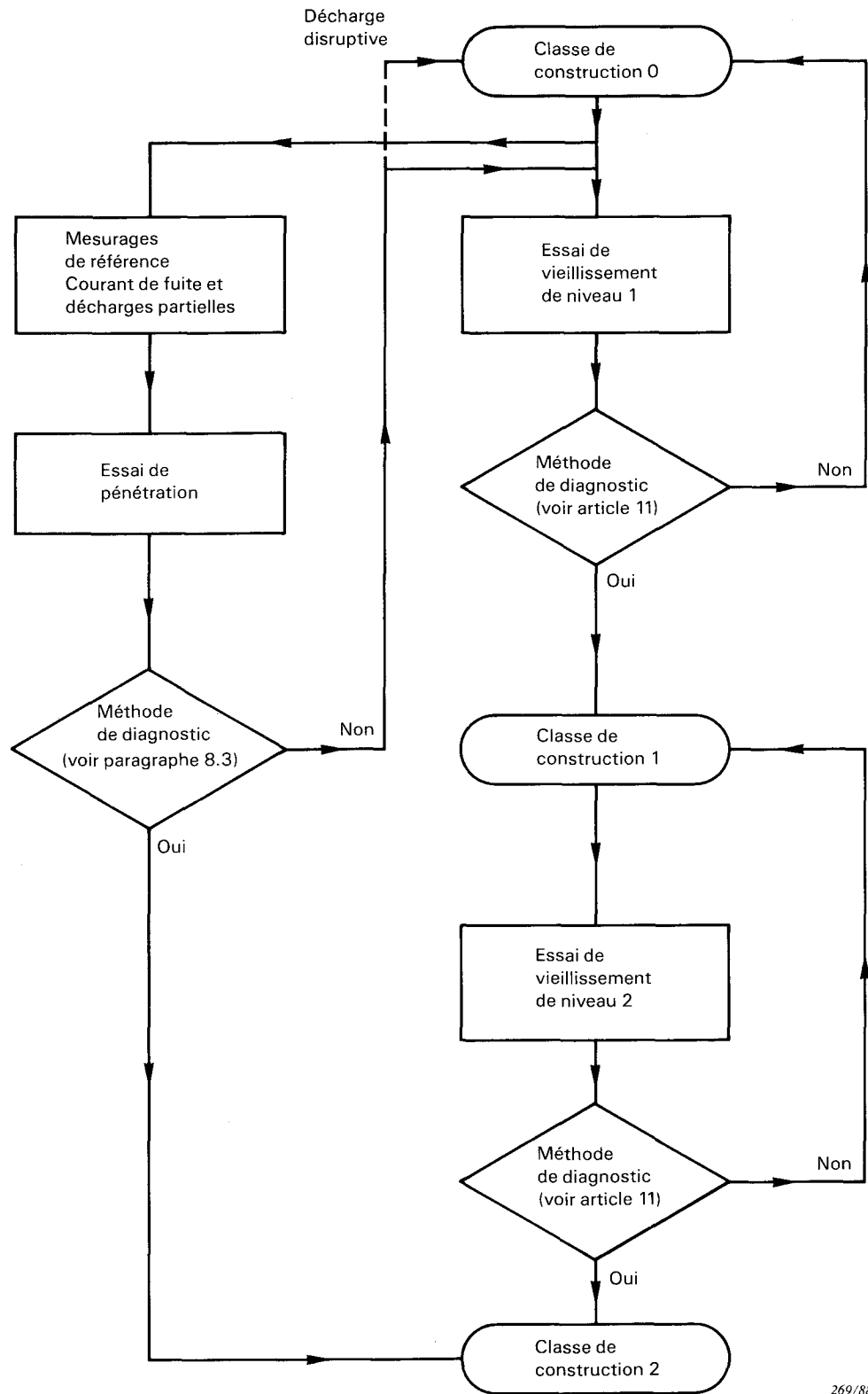
The equipment shall be completely washed with demineralized water and dried in the test room for 20 h without voltage being applied, at a temperature of  $20 \pm 2$  °C and a relative humidity less than 80%.

The equipment shall be submitted to dry and wet power-frequency withstand voltage tests in accordance with the conditions specified in Sub-clause 11.1.

### 11.3 Evaluation

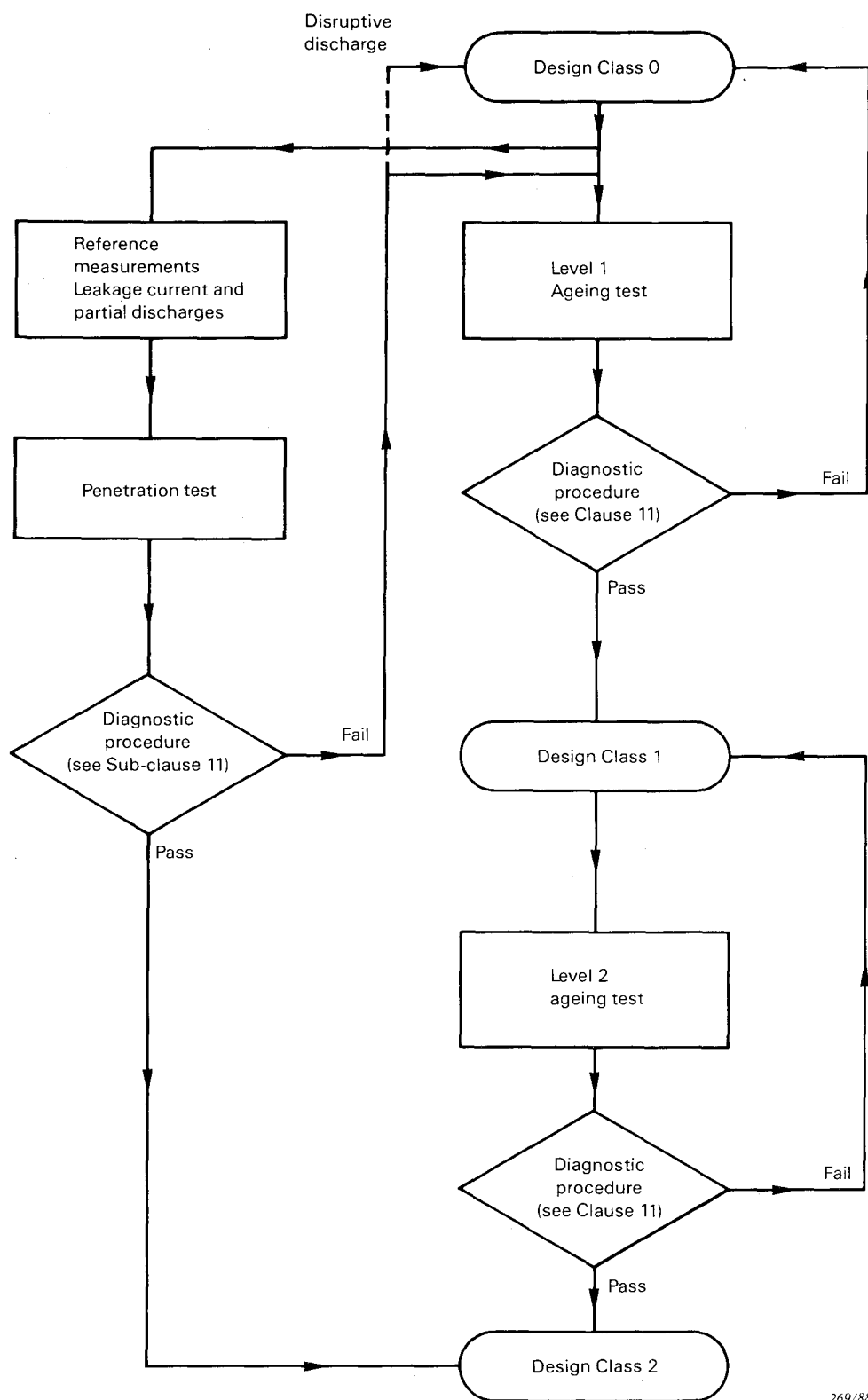
The equipment has passed the ageing test specified for Design Class 1 or 2 if the following conditions are satisfied:

- a) No disruptive discharge has occurred during the climatic cycles according to procedure A or B;
- b) no disruptive discharge has occurred during the diagnostic procedure;
- c) there has been no significant change in the functional performance of the equipment e.g. operating times, contact speeds, operation of interlocks, etc. The degree of corrosion of mechanical parts (if any) shall be recorded in the test report.



269/88

Fig. 1. - Diagramme de la procédure de classification.



269/88

Fig. 1. - Flow chart for classification procedure.

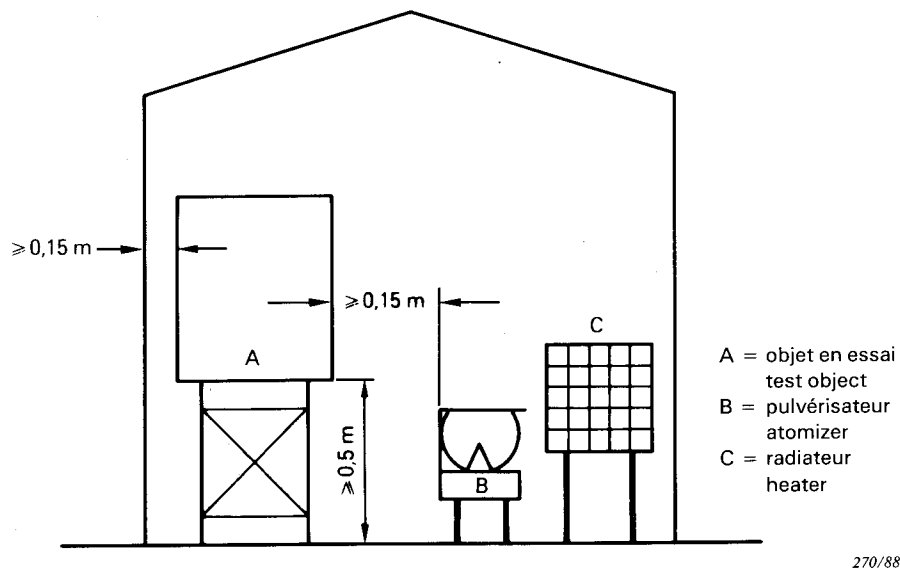


Fig. 2a. - Chambre d'essai climatique.  
Climatic test room.

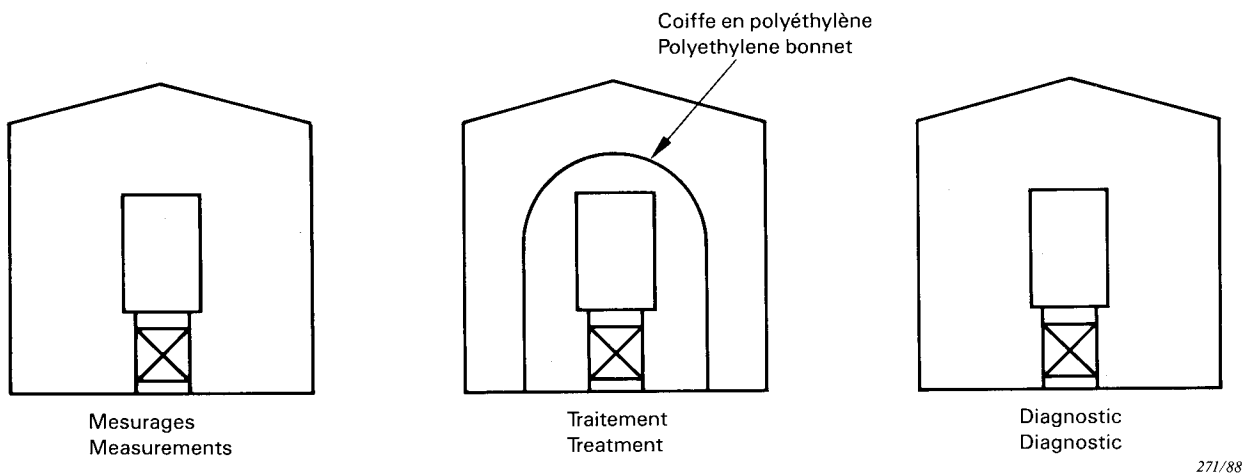


Fig. 2b. - Disposition possible pour traitement de pollution  
Possible arrangement for pollution treatment

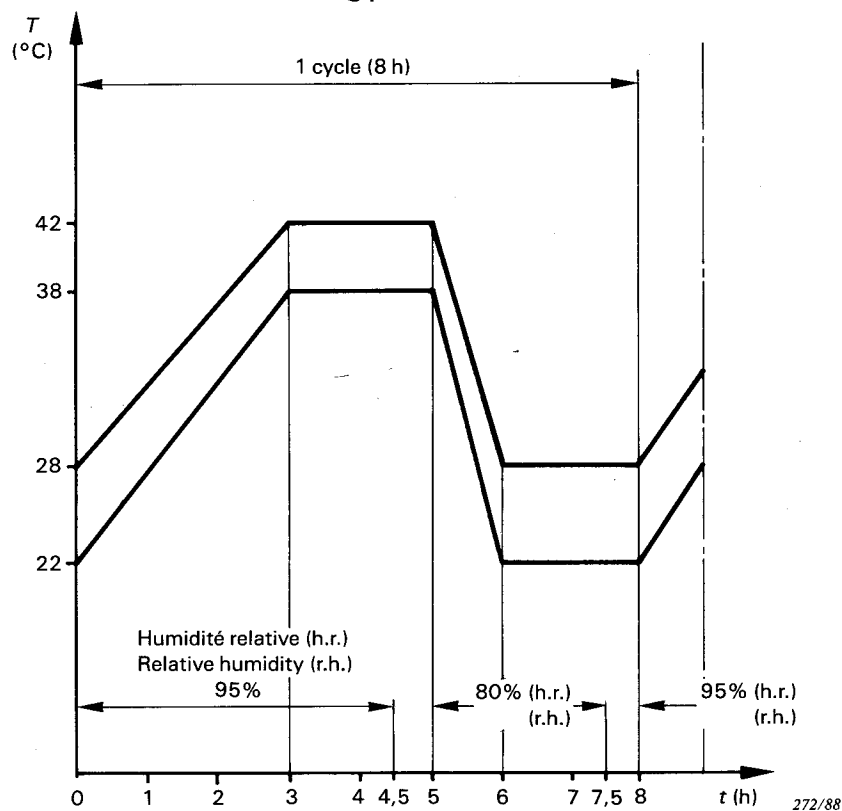


Fig. 3. - Essai de pénétration. Mesurages de référence.  
Méthode de diagnostic (appareillage sous tension).

Penetration test. Reference measurements.  
Diagnostic procedure (equipment energized).

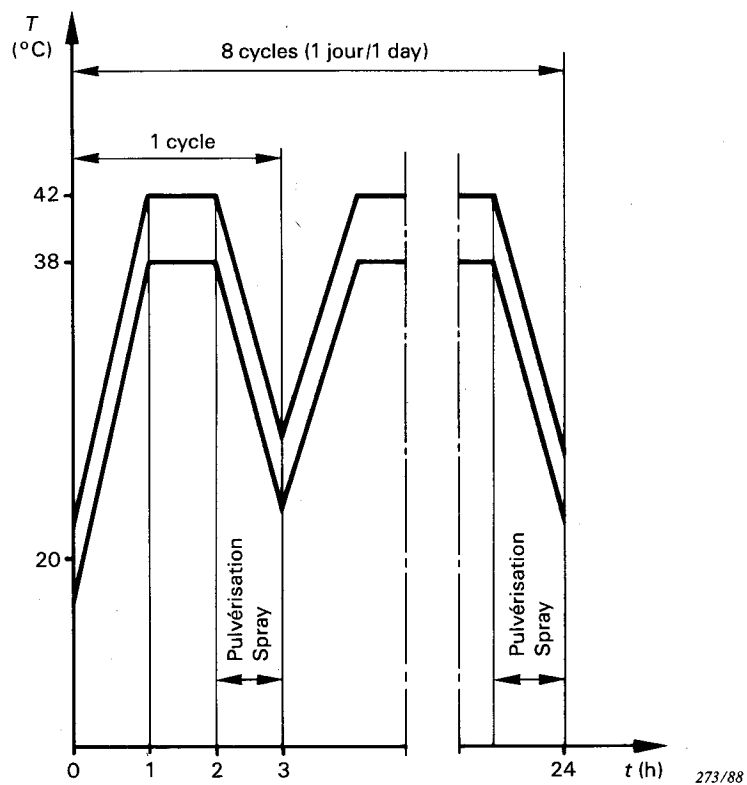


Fig. 4. - Essai de pénétration. Traitement de pollution  
(appareillage hors tension).

Penetration test. Pollution treatment  
(equipment de-energized).

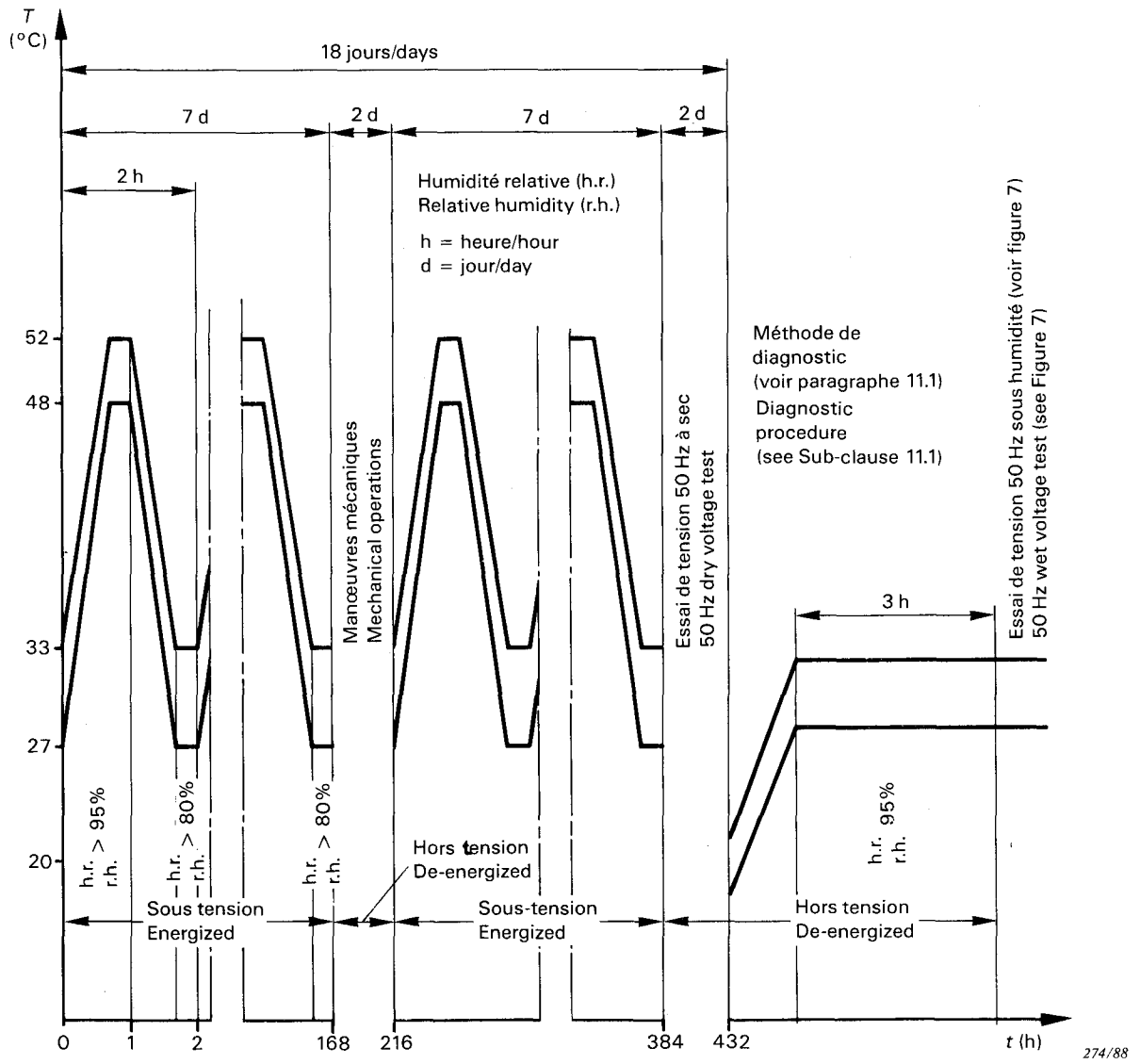


Fig. 5. - Essai de vieillissement de niveau 1 - Méthode d'essai A (voir paragraphe 9.1).

Level 1 ageing test - Test procedure A (see Sub-clause 9.1).

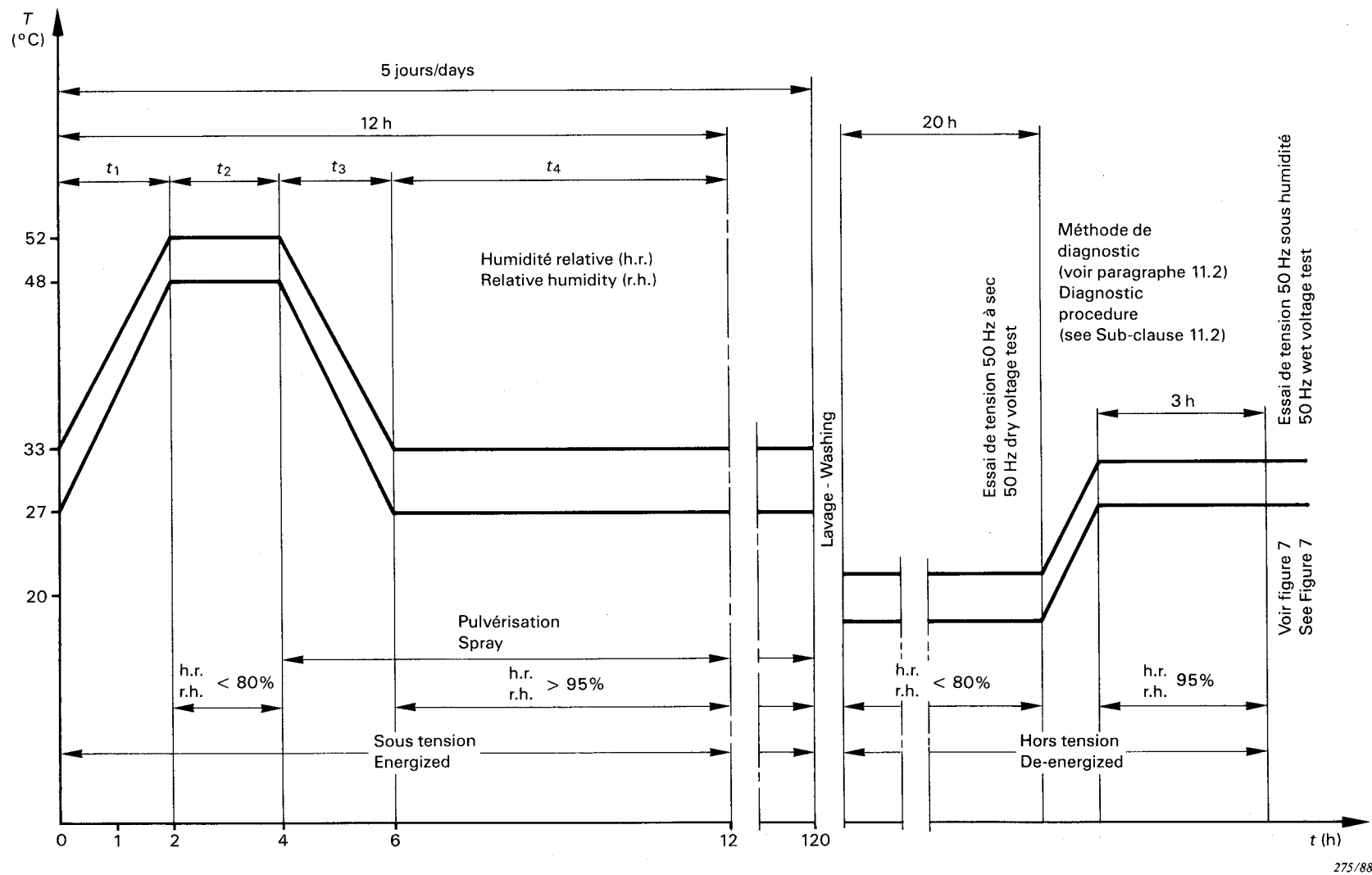


Fig. 6. - Essai de vieillissement de niveau 1 - Méthode d'essai B (voir paragraphe 9.2).  
Level 1 ageing test - Test procedure B (see Sub-clause 9.2).

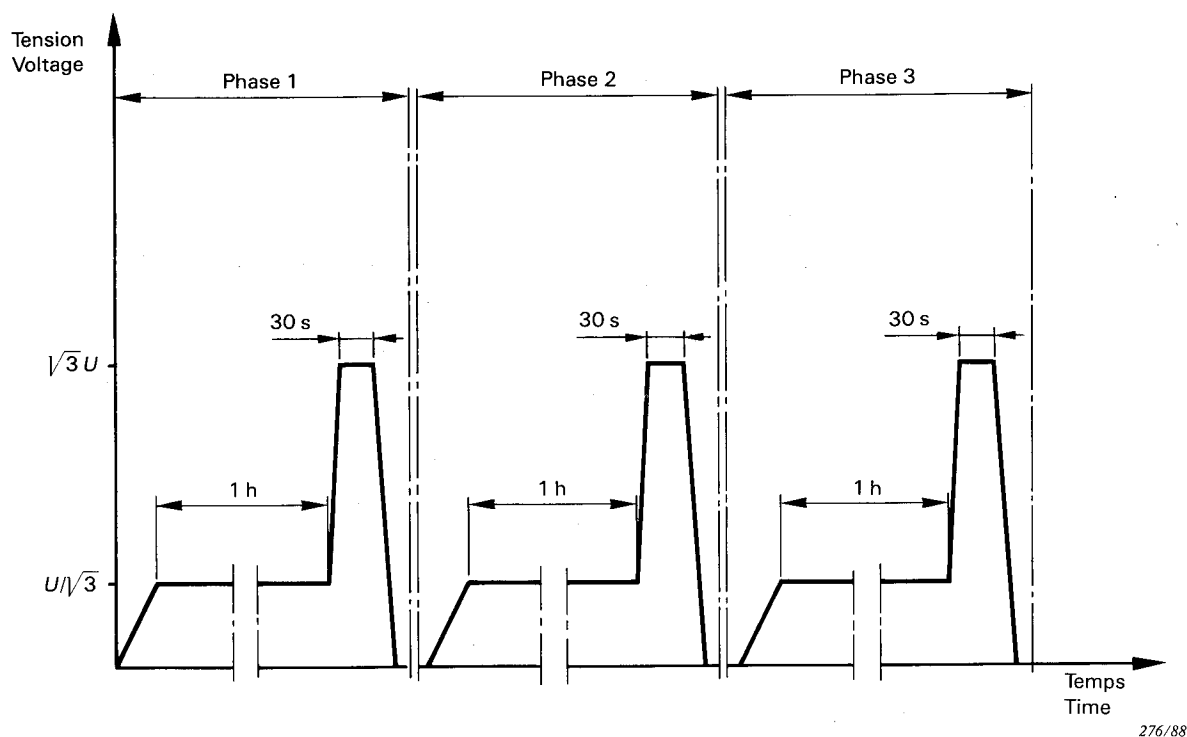


Fig. 7. - Essai de tension de tenue à fréquence industrielle sous humidité, après essai de vieillissement suivant les méthodes A ou B.

Wet power-frequency withstand voltage test after ageing test according to procedure A or B.

- Page blanche -

- Blank page -

## ANNEXE A

## MESURAGE DU COURANT DE FUITE

La composante réactive du courant de fuite peut avoir une valeur considérable dans l'appareillage ayant une capacité importante entre phases et entre phase et terre. Dans la relation entre la valeur du courant de fuite et le volume de l'isolation et la conductance superficielle, seule la composante active du courant de fuite est utile. Un moyen de mesurer seulement cette composante active est donc nécessaire; mais il n'est pas dans le domaine d'application de ce rapport de décrire les techniques appropriées en détail.

La position des dispositifs de mesure dans le circuit d'essai est fondamentale par rapport à la validité des mesurages du courant de fuite. Quatre schémas sont proposés dans les figures A1 à A4, et le tableau suivant met en évidence leurs caractéristiques.

Tableau A1

*Mesurage du courant de fuite*

|                                                                      | Schéma 1<br>Figure A1 | Schéma 2<br>Figure A2 | Schéma 3<br>Figure A3 | Schéma 4<br>Figure A4 |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Contrainte de tension<br>comme en service                            | Oui                   | Non                   | Non                   | Oui                   |
| Convient pour le<br>contrôle pendant<br>l'essai de<br>vieillessement | Non                   | Non                   | Non                   | Oui                   |
| Convient pour le<br>diagnostic                                       | Non                   | Oui                   | Oui                   | Oui                   |
| Contrainte de tension<br>entre phases                                | Oui                   | Oui                   | Non                   | Oui                   |
| Indication du courant<br>entre phases                                | Non                   | Non                   | Non                   | Oui                   |
| Dispositif de mesure<br>shunté par les<br>isolateurs support         | Oui                   | Oui                   | Oui                   | Non                   |

## APPENDIX A

## LEAKAGE CURRENT MEASUREMENT

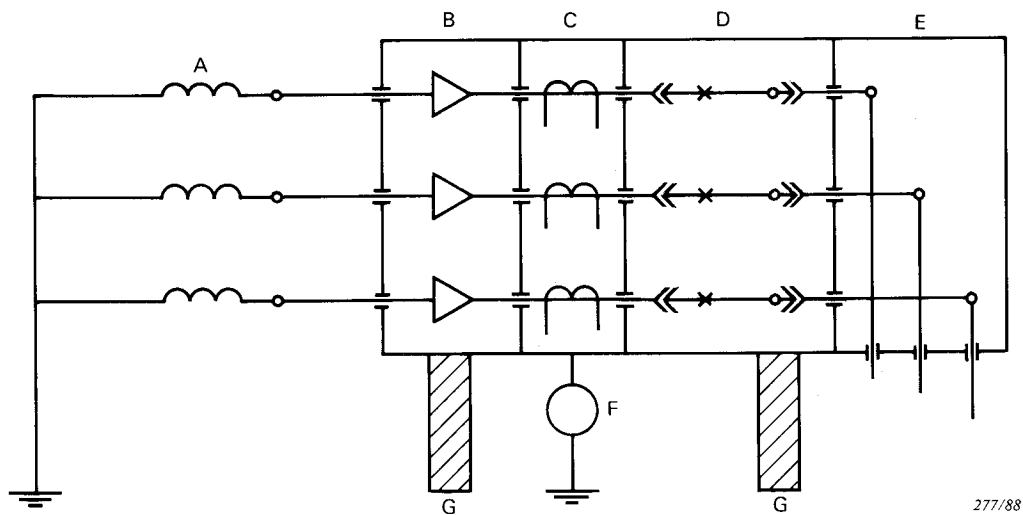
The reactive component of leakage current can have considerable magnitude in equipment with high phase-to-phase and phase-to-earth capacitance. In relating leakage current magnitude to insulation bulk and surface conductance, only the active component of the leakage current is of use. A means of measuring only the active component is thus required, but it is beyond the scope of this report to describe suitable techniques in detail.

The arrangement of the measuring devices within the test circuit is critical to the validity of leakage current measurements. Four diagrams are shown in Figures A1 to A4, and the following table outlines their characteristics.

Table A1

*Leakage current measurement*

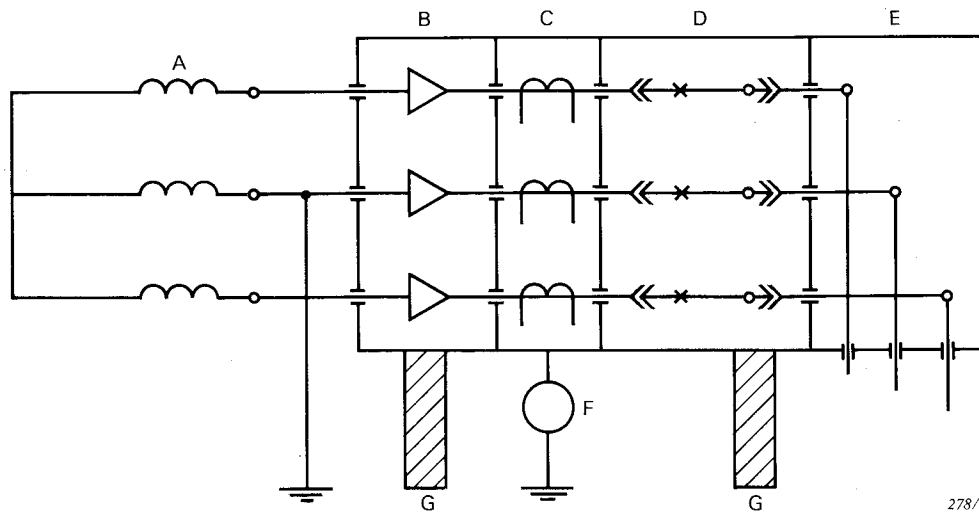
|                                                      | Diagram 1<br>Figure A1 | Diagram 2<br>Figure A2 | Diagram 3<br>Figure A3 | Diagram 4<br>Figure A4 |
|------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Voltage stress<br>as in service                      | Yes                    | No                     | No                     | Yes                    |
| Suitable for ageing<br>test monitoring               | No                     | No                     | No                     | Yes                    |
| Suitable for<br>diagnostic work                      | No                     | Yes                    | Yes                    | Yes                    |
| Voltage stress<br>between phases                     | Yes                    | Yes                    | No                     | Yes                    |
| Current between<br>phases indicated                  | No                     | No                     | No                     | Yes                    |
| Measuring device<br>shunted by support<br>insulators | Yes                    | Yes                    | Yes                    | No                     |



277/88

Fig. A1. - Mesurage du courant de fuite: schéma 1.

Leakage current measurement: diagram 1.



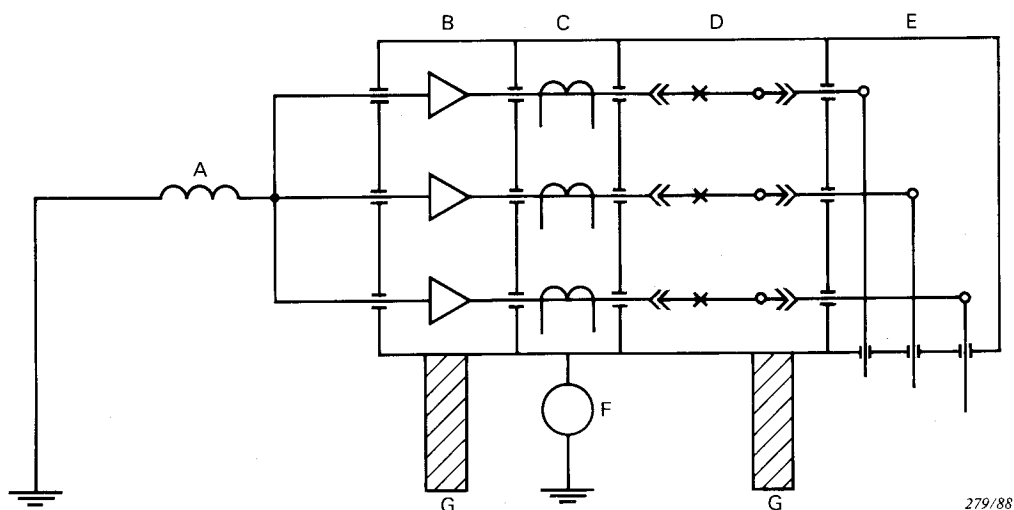
278/88

Fig. A2. - Mesurage du courant de fuite: schéma 2.

Leakage current measurement: diagram 2.

A = transformateur d'alimentation  
B = boîte à câbles  
C = transformateurs de courant  
D = disjoncteur (fermé)  
E = jeu de barres  
F = dispositif de mesure  
G = isolateur support

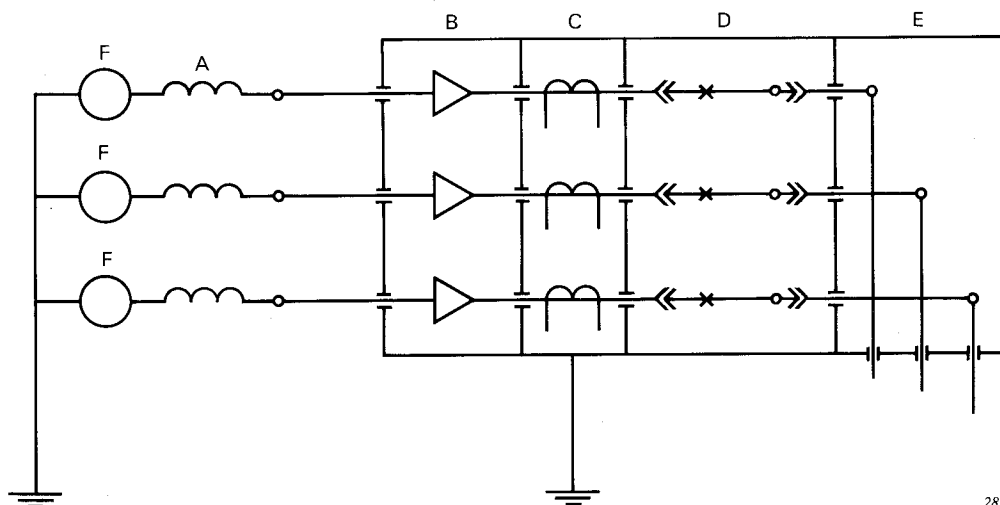
A = supply transformer  
B = cable box  
C = current transformers  
D = circuit-breaker (closed)  
E = busbar  
F = measuring device  
G = support insulator



279/88

Fig. A3. - Mesurage du courant de fuite: schéma 3.

Leakage current measurement: diagram 3.



280/88

Fig. A4. - Mesurage du courant de fuite: schéma 4.

Leakage current measurement: diagram 4.

A = transformateur d'alimentation  
 B = boîte à câbles  
 C = transformateurs de courant  
 D = disjoncteur (fermé)  
 E = jeu de barres  
 F = dispositif(s) de mesure  
 G = isolateur support

A = supply transformer  
 B = cable box  
 C = current transformers  
 D = circuit-breaker (closed)  
 E = busbar  
 F = measuring device(s)  
 G = support insulator





---

**ICS 29.130**

---