

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 422

Première édition — First edition

1973

**Guide pour la maintenance et la surveillance
des huiles isolantes en service**

**Maintenance and supervision guide
for insulating oils in service**



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI 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 CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), 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 V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

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**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), 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 I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 422

Première édition — First edition

1973

Guide pour la maintenance et la surveillance des huiles isolantes en service

Maintenance and supervision guide for insulating oils in service



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 any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Introduction	6
2. Domaine d'application	6
3. Détérioration de l'huile et essais recommandés	6
3.1. Détérioration des huiles en service	6
3.2. Essais spéciaux	10
4. Fréquence des examens des huiles en service	12
5. Actions à prendre	12
6. Critères	14
7. Méthodes d'essai	14
7.1. Echantillonnage	14
7.2. Rigidité électrique	14
7.3. Teneur en eau	14
7.4. Facteur de dissipation diélectrique	14
7.5. Résistivité	16
7.6. Indice de neutralisation	16
7.7. Sédiment et dépôt précipitable	16
7.8. Point d'éclair	18
7.9. Tension interfaciale	18
7.10. Gaz dissous	18
7.11. Couleur	18
7.12. Aspect	18
7.13. Stabilité à l'oxydation	18
7.14. Compatibilité	18
7.15. Autres essais sur site	18
ANNEXE A1 — Application au cas des huiles pour transformateurs	20
ANNEXE A2 — Application au cas des huiles pour appareillages de coupure	22
ANNEXE B — Procédés généraux pour la manutention, le traitement et le remplacement de l'huile	24
FIGURE 1	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Introduction	7
2. Scope	7
3. Oil deterioration and recommended tests	7
3.1. Deterioration of oils in service	7
3.2. Special tests	11
4. Frequency of examination of oils in service	13
5. Action to be taken	13
6. Criteria	15
7. Test methods	15
7.1. Sampling	15
7.2. Electric strength	15
7.3. Water content	15
7.4. Dielectric dissipation factor	15
7.5. Resistivity	17
7.6. Neutralization value	17
7.7. Sediment and precipitable sludge	17
7.8. Flash point	19
7.9. Interfacial tension	19
7.10. Dissolved gas	19
7.11. Colour	19
7.12. Appearance	19
7.13. Oxidation stability	19
7.14. Compatibility	19
7.15. Other field tests	19
APPENDIX A1 — Application to oils in transformers	21
APPENDIX A2 — Application to oils in switchgear	23
APPENDIX B — General procedure for handling, reconditioning and replacing oil	25
FIGURE 1	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**GUIDE POUR LA MAINTENANCE ET LA SURVEILLANCE
DES HUILES ISOLANTES EN SERVICE**

PRÉAMBULE

- 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.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 10A: Huiles isolantes à base d'hydrocarbures, du Comité d'Etudes N° 10 de la CEI, Diélectriques liquides et gazeux.

Les projets furent discutés lors des réunions tenues à Téhéran en 1969 et à Bruxelles en 1970. A la suite de cette dernière réunion, un nouveau projet, document 10A(Bureau Central)14, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1971.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
France
Israël
Italie
Japon
Pays-Bas

Pologne
Portugal
Roumanie
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MAINTENANCE AND SUPERVISION GUIDE
FOR INSULATING OILS IN SERVICE**

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 recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 10A, Hydrocarbon Insulating Oils, of IEC Technical Committee No. 10, Liquid and Gaseous Dielectrics.

The drafts were discussed during the meetings held in Tehran in 1969 and in Brussels in 1970. As a result of this latter meeting a new draft, document 10A(Central Office)14, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1971.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Poland
Austria	Portugal
Belgium	Romania
Canada	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
France	Switzerland
Germany	Turkey
Israël	Union of Soviet
Italy	Socialist Republics
Japan	United Kingdom
Netherlands	Yugoslavia

GUIDE POUR LA MAINTENANCE ET LA SURVEILLANCE DES HUILES ISOLANTES EN SERVICE

1. Introduction

Plusieurs pays possèdent des instructions pour la maintenance des huiles isolantes en service. L'examen comparatif de ces documents permet de proposer un Guide international. Les valeurs des différentes caractéristiques qui y sont mentionnées doivent être considérées seulement comme indicatives. En fait, pour l'interprétation correcte des résultats, il faut tenir compte de différents facteurs, notamment des conditions d'utilisation, du type de matériel et de l'évolution générale des caractéristiques de l'huile. Il faut également se référer aux instructions données par le constructeur de l'appareil.

On n'a pas l'intention de donner, dans ce document, les détails complets des instructions nécessaires relatives à tous les types de matériel sous huile, de toutes dimensions. Le but est de donner les éléments de base à partir desquels on pourra préparer des codes plus complets quand cela s'avérera nécessaire.

Dans ce Guide, les causes de l'altération sont discutées et des recommandations sont faites pour différents essais. On donne également des indications pour déterminer la nature du traitement que l'huile devra éventuellement subir.

2. Domaine d'application

Ce Guide s'applique aux huiles minérales, non inhibées ou inhibées contre l'oxydation, utilisées dans des conditions d'exploitation normales, dans des transformateurs, appareillages de coupure et matériels électriques semblables, où le prélèvement d'huile est possible. Ces huiles sont du même type que celles décrites dans la Publication 296 de la CEI: Spécification des huiles isolantes neuves pour transformateurs et interrupteurs.

L'application des recommandations données dans ce document aux cas des huiles des transformateurs de petite puissance ou de faible tension (< 1 MVA ou < 36 kV) peut varier suivant les circonstances locales et économiques (voir remarque préliminaire N° 2 dans l'annexe A1).

3. Détérioration de l'huile et essais recommandés

3.1 *Détérioration des huiles en service*

En service, les huiles isolantes subissent des modifications normales dues aux conditions d'utilisation. Par exemple, dans beaucoup d'applications, l'huile est en contact avec l'air. Elle est, par conséquent, le siège de réactions d'oxydation activées par la température et la présence de catalyseurs (cuivre et fer solides, composés métalliques dissous).

Il en résulte un changement de coloration et la formation de produits acides. Le facteur de dissipation diélectrique peut augmenter et, à un stade d'oxydation avancé, des dépôts peuvent apparaître.

Dans certains cas spéciaux, d'autres modifications des caractéristiques de l'huile peuvent refléter une dégradation anormale de certains autres matériaux utilisés pour la construction du matériel.

Toutes ces modifications peuvent affecter les isolants solides et liquides, nuire au bon fonctionnement du matériel électrique, en réduire la durée d'utilisation et, dans certains cas, augmenter les pertes à vide.

MAINTENANCE AND SUPERVISION GUIDE FOR INSULATING OILS IN SERVICE

1. Introduction

Many countries possess codes for the maintenance of insulating oils in service. A comparative examination of these documents has made it possible to propose an International Guide. The values of the various characteristics mentioned therein should be considered as indicative only. In fact, for the proper interpretation of results, account has to be taken of various factors, such as the conditions of use, the type of equipment, and the general progression of the oil's characteristics. Reference should also be made to the equipment manufacturer's instructions.

It is not intended that the contents of this document should give the full details of the instructions which are necessary to deal with all types of oil-filled equipment of all sizes. The intention is to give a common basis on which more complete codes may be prepared when these are necessary.

In the present Guide, the causes of oil deterioration are discussed, and recommendations are made for the various tests. Indications are also given regarding the type of treatment to which the oil should be subsequently subjected, if applicable.

2. Scope

This Guide applies to mineral oils, both uninhibited and inhibited against oxidation, in service, under normal operating conditions, in transformers, switchgear and similar electrical equipment where oil sampling is permissible. These oils are of the same type as those described in IEC Publication 296: Specification for New Insulating Oils for Transformers and Switchgear.

Application of the recommendations of this document to oil in transformers of low power or voltage (< 1 MVA or < 36 kV) may require variation in the light of local economic circumstances (see preliminary remark No. 2 in Appendix A1).

3. Oil deterioration and recommended tests

3.1 *Deterioration of oils in service*

In service, insulating oils are subject to normal deterioration due to the conditions of use. For example, in many applications the oil is in contact with the air. It is therefore subject to oxidation reactions accelerated by temperature and the presence of catalysts (solid iron and copper, dissolved metallic compounds).

As a result, there is a change in colour, and acid products are formed. The dielectric dissipation factor may increase and, at an advanced stage of oxidation, separation of sludge may occur.

In certain special cases, other changes in the characteristics of the oil may be a sign of abnormal deterioration of certain other materials used in the construction of the equipment.

All these changes may affect both solid and liquid insulating materials, interfere with the proper functioning of the electrical equipment, shorten its working life and, in some cases, increase the no-load losses.

L'altération d'une huile, quelle qu'elle soit, se traduit par des modifications des caractéristiques mentionnées ci-dessous.

L'apparition d'une odeur et un changement de coloration, sans présenter un caractère déterminant, peuvent cependant, par comparaison, donner des indications utiles sur l'évolution de l'huile.

Les produits de pollution suivants peuvent être présents dans les huiles isolantes en service.

3.1.1 *Eau*

L'eau peut provenir de l'atmosphère ou être produite au cours de la dégradation des matériaux isolants. Sa présence est nuisible; elle peut diminuer la rigidité électrique et la résistivité de l'huile et accélérer la dégradation du papier isolant.

Note. — La résistivité et le facteur de dissipation sont défavorablement influencés par la présence d'eau non dissoute, et dans une moindre mesure par l'eau en solution, mais une diminution de la résistivité peut dans certains cas être observée sans augmentation appréciable du facteur de dissipation.

3.1.2 *Particules solides* (c'est-à-dire sédiment, voir paragraphe 7.7.)

Les particules solides peuvent, suivant leur origine, être classées en quatre catégories:

- 1) Produits insolubles provenant de l'oxydation ou de la dégradation des matériaux isolants solides ou liquides.
- 2) Produits de détérioration dus aux conditions de service du matériel: carbone, métal, oxydes métalliques.
- 3) Produits divers résultant d'un nettoyage insuffisant du matériel avant mise en service.
- 4) Fibres d'origines diverses.

La présence de ces particules diminue la rigidité électrique de l'huile et, de plus, les dépôts ralentissent les échanges thermiques et favorisent ainsi la dégradation des matériaux isolants.

3.1.3 *Produits polaires*

Il s'agit de composés solubles dans l'huile, résultant soit de l'oxydation de l'huile elle-même, soit de la dissolution dans l'huile de polluants extérieurs ou de matériaux utilisés pour la construction de l'appareillage.

La mesure du facteur de dissipation et dans une moindre mesure celles de la résistivité et de la tension interfaciale de l'huile permettent de déceler et de suivre l'évolution de cette pollution.

La comparaison de l'évolution de l'indice de neutralisation et d'une de ces trois caractéristiques fournit, dans une certaine mesure, une indication sur la cause probable de la dégradation de l'huile. Par exemple, une valeur élevée du facteur de dissipation associée à une faible valeur de l'indice de neutralisation peut être considérée, dans certains cas, comme l'indice d'une pollution n'ayant pas l'huile pour origine.

a) *Facteur de dissipation diélectrique*

Cette caractéristique est très sensible à la présence dans l'huile de produits de pollution solubles et de produits de vieillissement. Son évolution peut être suivie même lorsque la pollution est élevée. Cette détermination présente donc un intérêt tout particulier.

b) *Résistivité*

Pour une huile déterminée, il existe en général une relation entre le facteur de dissipation et la résistivité: si le facteur de dissipation augmente, il y aura une réduction de la résistivité. Une information utile complémentaire peut être obtenue s'il est possible de mesurer la résistivité à température ambiante et à 90 °C. Un résultat satisfaisant à 90 °C couplé avec une valeur non satisfaisante à température plus basse est une indication de la présence d'eau ou de matériau précipitable à froid, sans détérioration chimique ou pollution générale excessives.

Any kind of deterioration of an oil is made evident by changes in one or more of the characteristics mentioned below.

The appearance of an odour and a change in colour, although not being of a decisive nature, may, by comparison, give useful indications about the trend of change in an oil.

The following contaminants may be found in insulating oils in service.

3.1.1 *Water*

Water may originate from the atmosphere or be produced by the deterioration of insulating materials. Its presence is harmful; it may reduce the electric strength and the resistivity of the oil and accelerate the deterioration of insulating paper.

Note. — Resistivity and dissipation factor are adversely affected by undissolved water and to a much lesser extent by water in solution, but a decrease of resistivity may sometimes be observed with no appreciable rise in dissipation factor.

3.1.2 *Solid particles* (i.e. sediment, see Sub-clause 7.7.)

Solid particles may be classified into four categories, according to their origin:

- 1) Insoluble oxidation or degradation products of solid or liquid insulating materials.
- 2) Deterioration products due to conditions of service of the equipment: carbon, metal, metallic oxides.
- 3) Various products resulting from inadequate cleaning of the equipment before being put into service.
- 4) Fibres of diverse origins.

The presence of these particles normally reduces the electric strength of the oil and, in addition, deposits hinder heat-exchange, thus encouraging further deterioration of the insulating materials.

3.1.3 *Polar substances*

These are oil-soluble compounds resulting from oxidation of the oil itself, or from the solution in the oil of external contaminants or materials used in the construction of the equipment.

Measurements of the dissipation factor and to a lesser extent, resistivity and interfacial tension of the oil enable such contamination to be detected and periodically assessed.

A comparison of the rate of change of the neutralization value with that of one of these three characteristics gives, to some extent, an indication of the probable cause of the deterioration of the oil. For example, a high value of dissipation factor associated with a low neutralization value may sometimes be considered as an indication of oil contamination other than of oil origin.

a) Dielectric dissipation factor

This characteristic is very sensitive to the presence in the oil of soluble contaminants and ageing products. Changes in this characteristic may be monitored even when the oil is heavily contaminated. This determination is therefore of special interest.

b) Resistivity

For any given oil, there is generally a relationship between dissipation factor and resistivity: if the dissipation factor increases, there is a reduction in resistivity.

Useful additional information can be obtained when it is possible to do the resistivity test at both ambient temperature and 90 °C. A satisfactory result at 90 °C coupled with an unsatisfactory value at the lower temperature is an indication of the presence of water or cold precipitable material, without undue chemical deterioration or general contamination.

Des résultats non satisfaisants aux deux températures sont l'indice d'une contamination plus importante qu'au cas où une valeur défavorable n'est mesurée qu'à la plus basse température et, dans ces conditions, il sera plus difficile de ramener la qualité de l'huile à un niveau acceptable par séchage et filtration à basse température.

La mesure de la résistivité peut être plus facilement effectuée sur le site que la mesure du facteur de dissipation diélectrique.

c) *Tension interfaciale*

Cette caractéristique évolue assez rapidement dès les premiers stades de vieillissement. Après cela, l'évolution ralentit dès que les valeurs deviennent plus basses.

Pour cette raison, les résultats sont difficiles à interpréter, spécialement lorsque l'huile est fortement polluée.

3.1.4 *Acidité organique*

Les dérivés acides formés par oxydation de l'huile favorisent activement la détérioration du papier et du carton isolants. Il est donc essentiel de détecter et de suivre ce processus.

La détermination de l'acidité organique par la mesure de l'indice de neutralisation est le moyen le plus commode et le plus direct pour apprécier le vieillissement chimique de l'huile. La présence dans l'huile de CO_2 dissous (voir paragraphe 3.1.6.) augmente apparemment cette acidité, mais la teneur en CO_2 dissous est considérablement réduite si l'huile est soumise à un traitement sous vide.

3.1.5 *Dépôt précipitable*

Il s'agit du dépôt précipitable par addition de n-heptane à l'huile mais qui peut être ensuite redissous par le solvant spécifié dans la méthode d'essai (voir paragraphe 7.7.2.). La présence d'un tel dépôt, constitué de produits formés à un stade avancé de l'oxydation de l'huile, est indésirable et est un indice précurseur de dépôt insoluble.

3.1.6 *Gaz dissous*

Dans les conditions de service normal, il se forme de petites quantités de CO et de CO_2 et de très petites quantités d'hydrogène et d'hydrocarbures. De grandes quantités de gaz, non atmosphériques, dissous peuvent être l'indication de défaut naissant dans le matériel.

3.1.7 *Hydrocarbures légers*

Des hydrocarbures légers sont formés au cours de la dégradation de l'huile sous l'influence de la température et/ou de contraintes électriques. La présence de grandes quantités de ces hydrocarbures peut être l'indication d'un défaut naissant. La présence de certains produits de dégradation hydrocarbonés légers peut être décelée par la mesure du point d'éclair de l'huile.

3.2 *Essais spéciaux*

3.2.1 *Stabilité à l'oxydation des huiles inhibées*

Les huiles inhibées ne se détériorent que très faiblement aussi longtemps que l'inhibiteur actif est encore présent. Pour une huile déterminée, la période d'induction est généralement proportionnelle à la teneur en inhibiteur actif, si l'inhibiteur a été ajouté à l'huile neuve non altérée. L'essai d'oxydation pour huiles inhibées neuves permet de mesurer facilement la période d'induction par détermination de l'acidité volatile formée.

Cet essai, appliqué aux huiles en service préalablement essayées à l'état neuf, peut indiquer dans quel rapport la période d'induction a été réduite.

Unsatisfactory results at both temperatures indicate a greater extent of contamination than a poor value at the lower temperature only, and that the oil is therefore less likely to be restored to a satisfactory level by drying and low temperature filtration.

The measurement of resistivity can be more easily carried out on site than that of dielectric dissipation factor.

c) *Interfacial tension*

This characteristic changes fairly rapidly during the first stages of ageing. Afterwards, the rate of change decreases as the values themselves become lower.

For this reason, the results are difficult to interpret especially when the oil is heavily contaminated.

3.1.4 *Organic acidity*

The acid products formed by the oxidation of the oil actively encourage deterioration of insulating paper and pressboard. It is therefore essential to detect and monitor this process.

The determination of organic acidity by measurement of the neutralization value is the most convenient and direct method of assessing the chemical ageing of an oil. The presence of dissolved CO₂ in the oil (see Sub-clause 3.1.6.) apparently increases this acidity, but dissolved CO₂ content is considerably reduced if vacuum treatment is applied to the oil.

3.1.5 *Precipitable sludge*

This refers to sludge which is precipitated by adding n-heptane to the oil but which may be subsequently dissolved by the solvent specified in the test method (see Sub-clause 7.7.2.). The presence of such a deposit, consisting of products formed at an advanced stage of oxidation, is undesirable and is a premonitory sign of insoluble sludge.

3.1.6 *Dissolved gases*

Under normal service conditions, the production occurs of only small quantities of CO, CO₂ and very small quantities of hydrogen and hydrocarbons. Large amounts of dissolved gases, other than atmospheric components, may be an indication of an incipient fault in the equipment.

3.1.7 *Light hydrocarbons*

Light hydrocarbons are formed during the degradation of oil under the influence of heat, and/or electrical stresses. Large amount of these hydrocarbons may be an indication of an incipient fault in the equipment. The presence of some lower hydrocarbon deterioration products may be detectable by measuring the flash-point of the oil.

3.2 *Special tests*

3.2.1 *Oxidation stability of inhibited oils*

Inhibited oils do not deteriorate more than slightly as long as the active inhibitor is still present. For a given oil, the induction period is generally proportional to the active inhibitor content, provided that the inhibitor has been added to a new non-aged oil. The oxidation test for new inhibited oils enables the induction period of an oil to be easily measured by means of determination of volatile acids developed.

This test, applied to a used oil previously tested, will indicate to what extent the induction period has been reduced.

3.2.2 *Compatibilité des huiles isolantes*

Des essais de compatibilité peuvent être nécessaires pour déterminer s'il est permis de mélanger des huiles neuves de types et d'origines différents ou des huiles neuves avec des huiles en service si l'ajout est supérieur à 5%.

Ces essais sont particulièrement souhaitables dans le cas des huiles inhibées.

Les principales caractéristiques du mélange, y compris la stabilité à l'oxydation, ne doivent pas être moins favorables que celles de la plus mauvaise des huiles mélangées.

4. **Fréquence des examens des huiles en service**

Cette fréquence dépend de la puissance, de la charge, du type de construction et des autres conditions d'utilisation du matériel. Aussi, il n'est pas possible de définir une règle générale applicable à tous les types de matériel remplis d'huile. A titre indicatif, des tableaux mentionnant l'application et la fréquence des essais pour différents types de matériel sont donnés dans les annexes A1 et A2.

Généralement, les mesures de contrôle peuvent être effectuées en se basant sur les points 1), 2) et 3) ci-dessous, en ce qui concerne plus particulièrement les huiles pour *transformateurs*:

- 1) Contrôler périodiquement les caractéristiques à la fréquence suggérée dans l'annexe A1, sauf indication contraire du constructeur.
- 2) Si nécessaire, contrôler plus fréquemment les caractéristiques pouvant être mesurées sur place.
- 3) Si on observe une dégradation rapide ou une accélération du processus de dégradation, conseiller:
 - a) de confirmer la dernière valeur par un essai complémentaire effectué sur un nouveau prélèvement;
 - b) d'informer le constructeur du matériel;
 - c) de soumettre l'huile à un contrôle plus fréquent suivant l'importance du matériel et l'état d'altération observé.

En ce qui concerne l'huile des *appareillages de coupure*, on peut se limiter à un contrôle de la rigidité électrique effectué soit périodiquement, soit après un nombre déterminé de manœuvres.

5. **Actions à prendre**

On considérera les cas suivants en fonction du degré d'altération de l'huile:

- a) Les caractéristiques sont normales: aucune intervention n'est nécessaire.
- b) Seule la valeur de la rigidité électrique est trop faible: éliminer l'eau et les particules solides par traitement (par exemple, filtration, centrifugation ou déshydratation sous vide) (voir annexe B, paragraphe B3.2). L'efficacité du traitement devra être contrôlée. Pour les hautes teneurs en humidité de l'huile, il peut s'avérer nécessaire de sécher également l'isolation de la partie active du transformateur.
- c) Une ou plusieurs caractéristiques de l'huile changent rapidement: contrôles supplémentaires de l'huile (voir paragraphe 4.3).
- d) Certaines caractéristiques sont très défavorables: suivant les facteurs économiques et les circonstances locales, on envisagera soit de surveiller l'huile plus attentivement, soit de régénérer ou de remplacer l'huile.

Dans le cas où l'huile est régénérée ou remplacée, il faudra, avant remplissage, rincer convenablement le matériel, et particulièrement les bobinages, pour réduire la contamination de la nouvelle huile par les produits de vieillissement (annexe B).

3.2.2 *Compatibility of insulating oils*

Compatibility tests may be required to determine the feasibility of mixing new oils of different type and origin or new oil with oil in service, if the make-up is more than 5%.

These tests are of particular interest in the case of inhibited oils.

The main characteristics of the mixture, including oxidation stability, must not be less favourable than those of the worst individual oil.

4. **Frequency of examination of oils in service**

This depends on the power, loading, construction and other service conditions of the equipment. Hence, it is not possible to lay down a general rule applicable to all types of oil-filled equipment. By way of a guide, tables showing the application and frequency of tests suitable for different types of equipment are given in Appendices A1 and A2.

Generally, check measurements can be carried out on the basis of paragraphs 1), 2) and 3) below, which apply particularly to *transformer* oils:

- 1) Check periodically characteristics, at intervals as suggested in Appendix A1, unless otherwise defined by manufacturer.
- 2) If desired, check at more frequent intervals those characteristics determinable on site.
- 3) If rapid deterioration or acceleration in the process of deterioration is observed, recommend:
 - a) to confirm the last value by means of a further test on a fresh sample;
 - b) to inform the manufacturer of the equipment;
 - c) to check the condition of the oil more frequently, according to the size of the equipment and the degree of deterioration observed.

As regards oil in *switchgear*, it may be sufficient to check the electric strength either periodically or after a given number of operations.

5. **Action to be taken**

The following cases are considered as a function of the degree of deterioration of the oil:

- a) The characteristics are normal: no action is necessary.
- b) Only the value of the electric strength is too low: remove water and solid particles by re-conditioning (e.g. filtering, centrifuging or vacuum dehydrating) (see Appendix B, Sub-clause B3.2).

The efficacy of the treatment should be controlled. In cases of high humidity of transformer oil, it may be necessary also to dry out the insulation of the active part of the transformer.
- c) One or more characteristics of the oil change rapidly: supplementary tests of the oil (see Sub-clause 4.3).
- d) Several characteristics are unsatisfactory: according to economic factors and local circumstances, it should be decided to examine the oil more thoroughly, to reclaim the oil or to replace it altogether.

In cases where oil is reclaimed or replaced, the equipment should be thoroughly flushed before refilling, with special attention to the windings, to minimize contamination of the new oil by ageing products (Appendix B).

Si l'huile a été régénérée, ses caractéristiques seront vérifiées et, si nécessaire, sa stabilité à l'oxydation sera renforcée par addition d'inhibiteur.

Les caractéristiques de l'huile régénérée seront vérifiées après addition éventuelle d'inhibiteur.

Il est toujours recommandé d'exécuter un essai en laboratoire avant de procéder à la régénération d'une huile en service pour s'assurer que le traitement est approprié.

Note. — Les règles générales pour le traitement de l'huile par différents procédés sont données dans l'annexe B. Un guide relatif à la régénération a été publié *.

6. Critères

Les valeurs des limites permises, pour les différents critères, citées dans les annexes A1 et A2, sont données à titre indicatif et doivent être interprétées en fonction de la nature et de l'importance du matériel. Ainsi, suivant le type et les dimensions du matériel, on exécutera l'ensemble ou seulement une partie des essais prévus dans les annexes A1 et A2.

On peut considérer, en règle générale, que plusieurs caractéristiques doivent être défavorables pour justifier le rejet d'une huile sauf, bien sûr, si la rigidité électrique est inférieure aux limites données. Dans ce cas, quelles que soient les valeurs des autres caractéristiques, une intervention adéquate s'impose.

7. Méthodes d'essai

7.1 Echantillonnage

A l'étude par la CEI.

7.2 Rigidité électrique

Voir la Publication 156 de la CEI: Méthode pour la détermination de la rigidité électrique des huiles isolantes.

7.3 Teneur en eau

Voir la Recommandation ISO R 760.

Note. — La température de l'huile et les conditions d'utilisation du transformateur au moment du prélèvement doivent être indiquées (voir la méthode d'échantillonnage de la CEI).

7.4 Facteur de dissipation diélectrique

Voir la Publication 250 de la CEI: Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises), et la Publication 247 de la CEI: Cellules recommandées pour la mesure de la résistivité des liquides isolants et technique de nettoyage des cellules.

Mesure à effectuer à 90 °C et à fréquence industrielle.

* Voir « IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment », Inst. of Electrical and Electronics Engineers — mars 1969 (IEEE N° 64).

If the oil has been reclaimed, its characteristics should be checked and, if necessary, its oxidation stability should be reinforced by addition of inhibitor.

The characteristics of reclaimed oil should be verified after addition of inhibitor, if this is applicable.

It is always advisable also to carry out a laboratory test before reclamation of the used oil in order to ensure that the treatment is appropriate.

Note. — General procedure for reconditioning of oil by several processes is given in Appendix B. A guide of reclaiming has been published.*

6. Criteria

The values of permissible limits for the different criteria listed in Appendices A1 and A2 are given for guidance only and they should be interpreted in terms of the type and size of the apparatus. Depending on such type and size, not all of the tests given in these Appendices need to be done.

As a general rule, several characteristics have to be unfavourable in order to justify rejection of an oil unless, of course, the electric strength is below the limits given. In such a case, irrespective of the values of the other characteristics, appropriate action is essential.

7. Test methods

7.1 Sampling

Under consideration by IEC.

7.2 Electric strength

See IEC Publication 156: Method for the Determination of the Electric Strength of Insulating Oils.

7.3 Water content

See ISO Recommendation R 760.

Note. — Temperature of the oil and transformer operating conditions must be noted at the time of sampling (see IEC sampling method).

7.4 Dielectric dissipation factor

See IEC Publication 250: Recommended Methods for the Determination of the Permittivity and Dielectric Dissipation Factor of Electrical Insulating Materials at Power, Audio and Radio Frequencies Including Metre Wavelengths, and IEC Publication 247: Recommended Test Cells for Measuring the Resistivity of Insulating Liquids and Methods of Cleaning the Cells.

Carry out the measurement at 90 °C and power frequency.

* See “IEEE Guide for Acceptance and Maintenance of Insulating Oil in Equipment”. Inst. of Electrical and Electronics Engineers — March 1969 (IEEE No. 64).

7.5 Résistivité

Voir la Publication 93 de la CEI: Méthodes recommandées pour la mesure des résistivités transversales et superficielles d'un matériau isolant électrique, et la Publication 247 de la CEI.

Effectuer la mesure à 90 °C après qu'un gradient de potentiel continu de 250 V/mm a été appliqué durant une minute.

Note. — Une autre température peut être choisie. (Voir relation « résistivité-température », figure 1, page 32.)

7.6 Indice de neutralisation

Voir la Publication 296 de la CEI, article 11.

7.7 Sédiment et dépôt précipitable

7.7.1 Domaine d'application

Cette méthode décrit la détermination du sédiment et du dépôt précipitable dans les huiles isolantes en service.

Sédiment: toute substance solide insoluble dans l'huile après dilution dans le n-heptane et dans le mélange de solvants mentionné ci-dessous.

Dépôt précipitable: produits de détérioration de l'huile ou polluants ou les deux, qui deviennent insolubles par dilution de l'huile avec le n-heptane dans les conditions présentes, mais qui sont solubles dans le mélange de solvants mentionné ci-dessous.

7.7.2 Procédure

Agiter vigoureusement l'échantillon d'huile usagée dans son récipient d'origine jusqu'à ce que tout le sédiment soit en suspension homogène.

Peser environ 10 g d'huile à plus ou moins 0,1 g près, dans une fiole conique avec bouchon, et introduire un volume de n-heptane correspondant à 10 ml pour chaque gramme d'huile pesée.

Bien mélanger l'échantillon et le solvant et laisser reposer dans la fiole conique, à l'obscurité, durant 18 à 24 heures.

S'il apparaît un dépôt solide, filtrer sous vide la solution dans un creuset en verre fritté de porosité 4; rincer la fiole avec du n-heptane neuf pour transférer complètement le précipité dans le creuset. Laver le creuset et le précipité avec l'heptane jusqu'à élimination de l'huile.

Laisser évaporer l'heptane et ensuite sécher le creuset à l'étuve à 100-110 °C durant une heure, refroidir dans le dessiccateur et peser; calculer l'augmentation de masse du creuset en pourcentage de la masse de la prise d'huile. Noter cette valeur « A » qui représente la somme des produits insolubles (sédiment) et du dépôt précipitable.

Dissoudre le dépôt précipité présent dans le creuset par traitement avec la quantité minimale d'un mélange, en parts égales, de toluène, d'acétone et d'alcool (l'éthanol ou l'isopropanol peuvent être utilisés; dans les deux cas une pureté de 95 % est suffisante), à environ 50 °C jusqu'à ce que plus rien ne se dissolve, et recueillir les filtrats dans un flacon taré. Éliminer le solvant par distillation; un examen visuel du résidu dans le flacon peut, à ce stade, indiquer si un résidu (c'est-à-dire du dépôt précipitable) est présent.

Ceci peut suffire; si cependant la détermination doit être quantitative, sécher la fiole à l'étuve à 100-110 °C durant une heure, refroidir dans un dessiccateur et peser. Calculer la masse du résidu dans la fiole en pourcentage de la masse de la prise d'huile.

Appeler cette valeur « B ».

La différence « A - B », si elle existe, représentera le « sédiment » présent dans l'huile.

7.5 *Resistivity*

See IEC Publications 93: Recommended Methods of Test for Volume and Surface Resistivities of Electrical Insulating Materials, and IEC Publication 247.

Carry out the measurement at 90 °C after a d.c. voltage gradient of 250 V/mm has been applied for one minute.

Note. — Another temperature may be chosen. (See relationship “resistivity-temperature”, Figure 1, page 32.)

7.6 *Neutralization value*

See IEC Publication 296, Clause 11.

7.7 *Sediment and precipitable sludge*

7.7.1 *Scope*

This method covers the determination of sediment and of precipitable sludge in used insulating oils.

Sediment: any solid substance which is insoluble in the oil after dilution with n-heptane and in the solvent mixture mentioned below.

Precipitable sludge: oil deterioration products or contaminants, or both, which become insoluble upon dilution of the oil with n-heptane under prescribed conditions but which are soluble in the hereunder-mentioned solvent mixture.

7.7.2 *Procedure*

Thoroughly agitate the sample of used oil in the original container until any sediment is homogeneously suspended in the oil.

Weigh approximately 10 g of oil to the nearest 0,1 g, in a stoppered conical flask and introduce a volume of n-heptane corresponding to 10 ml for each gramme of oil taken.

Thoroughly mix the sample and solvent and allow to stand in the glass flask, in the dark, for 18-24 hours.

If a solid deposit is observable, filter the solution through a tared Grade 4 sintered glass crucible with the assistance of vacuum, rinsing the flask with fresh n-heptane to ensure complete transfer of the precipitate to the crucible. Wash the crucible and precipitate with heptane until free from oil.

Allow any heptane to evaporate and then dry the crucible in an oven at 100-110 °C for one hour, cool in a desiccator and weigh; calculate the increase in weight of the crucible as a percentage of the weight of oil taken. Denote this value, representing the total of insoluble material such as a sediment and precipitable sludge, as “A”.

Dissolve the precipitated sludge in the crucible by treatment with the minimum quantity of a mixture of equal parts of toluene, acetone and alcohol (either ethanol or isopropanol may be used, a purity of 95% being satisfactory in either case), at approximately 50 °C, until no more will dissolve, and collect the washings in an accurately tared flask. Distil off the solvent; visual examination of the flask content at this stage will show whether any residue (i.e. precipitable sludge in the oil) is present.

This may suffice; if however a quantitative value is required, dry the flask in an oven at 100-110 °C for one hour, cool in a desiccator and weigh. Calculate the weight of residue in the flask as a percentage of the weight of oil taken.

Denote such value as “B”.

The difference “A – B”, if any, will represent “sediment” in the oil.

7.8 *Point d'éclair (vase clos)*

Voir la Publication 296A de la CEI: Premier complément à la Publication 296 (page 24).
Essai sur site: le matériel adéquat se trouve dans le commerce.

7.9 *Tension interfaciale*

Voir la Publication 296 de la CEI, annexe.
Essai sur site: la tension interfaciale des huiles isolantes d'origine pétrolière vis-à-vis de l'eau peut être déterminée plus facilement sur place par la méthode « Poids de la goutte » *.

7.10 *Gaz dissous*

A l'étude.

7.11 *Couleur*

Toute échelle nationale normalisée, pour produits pétroliers, peut être utilisée.
Voir la Recommandation ISO IS 2049.

7.12 *Aspect*

Voir la Publication 296 de la CEI, article 6.

7.13 *Stabilité à l'oxydation*

Huiles non inhibées: voir la Publication 74 de la CEI: Méthode pour évaluer la stabilité à l'oxydation des huiles isolantes.
Huiles inhibées: à l'étude.

7.14 *Compatibilité*

Les caractéristiques principales, y compris la stabilité à l'oxydation, sont mesurées sur un mélange de l'huile neuve et de l'huile usagée. Le rapport de ce mélange est le même que celui effectivement choisi en pratique. Si ce rapport n'est pas connu en laboratoire, les essais seront effectués sur un mélange contenant une partie d'huile neuve et une partie d'huile usagée.

7.15 *Autres essais sur site*

Voir référence citée en note au bas de la page 14.

* Comme exemple, une description de cette méthode est donnée dans la méthode ASTM D 2285-68.

7.8 *Flash point (closed cup)*

See IEC Publication 296A: First supplement to Publication 296 (page 25).

Field test: suitable equipment is commercially available.

7.9 *Interfacial tension*

See IEC Publication 296, Appendix.

Field test: interfacial tension of electrical insulating oils of petroleum origin against water may be determined more easily in the field by the drop-weight method.*

7.10 *Dissolved gas*

Under consideration.

7.11 *Colour*

Any applicable National Standard for petroleum products may be used.

See ISO Recommendation IS 2049.

7.12 *Appearance*

See IEC Publication 296, Clause 6.

7.13 *Oxidation stability*

Uninhibited oils: see IEC Publication 74: Method for Assessing the Oxidation Stability of Insulating Oils.

Inhibited oils: under consideration.

7.14 *Compatibility*

The main characteristics including oxidation stability are determined on a mixture of the new oil and the used oil. The ratio of this mixture is the same as that effectively chosen in practice. If this ratio is not known at the laboratory, tests are to be made with a mixture containing one part of new oil and one part of used oil.

7.15 *Other field tests*

See reference in footnote, page 15.

* As example a description of this method is given in ASTM Method D 2285-68.

ANNEXE A1

APPLICATION ET INTERPRÉTATION DES ESSAIS SUR LES HUILES POUR TRANSFORMATEURS (Y COMPRIS LES CUVES DE SÉLECTEURS DE CHARGEURS DE PRISE EN CHARGE)

Remarques préliminaires:						
1) Vu le faible volume d'huile, l'échantillonnage d'huile des transformateurs de mesure (T. M.) peut être préjudiciable pour la vie future du matériel. C'est pourquoi le prélèvement d'huile de T. M. ne devra être fait que dans des cas exceptionnels et seulement après avoir pris l'avis du constructeur. 2) L'application complète de ces recommandations aux cas des transformateurs de petite puissance ou de faible tension (< 1 MVA ou < 36 kV) n'est techniquement nécessaire que dans les cas où l'on demande une grande sécurité de fonctionnement. Ceci ne sera pas normalement économique. Dans la majorité des cas, on pourra se limiter à des essais plus simples effectués sur place et la fréquence de ces essais sera déterminée en fonction de la sécurité de fonctionnement demandée. L'inspection de l'huile des transformateurs sur poteaux ne peut être considérée comme économique.						
Caractéristiques	Tension du matériel	Méthode d'essai	Lieu d'essai S: sur site L: au labo	Fréquence d'essai initiale suggérée a)	Limite permise	Intervention si la valeur limite est dépassée (voir article 5)
Tension disruptive	> 170 kV ^{b)} 70-170 kV < 70 kV	CEI 156	S ou L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 mois et après 2 ans	> 50 kV > 40 kV > 30 kV	Traitement
Teneur en eau	> 170 kV < 170 kV	ISO R 760	L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 mois et après 3 ans	< 20 mg/l < 30 mg/l	Traitement
Facteur de dissipation diélectrique	Toutes tensions	CEI 247 et 250	L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 ans	< 0,2-2,0 ° (90 °C)	Régénération ou remplacement
Résistivité	Toutes tensions	CEI 93 et 247	S ou L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 mois et après 3 ans	1,0 G Ω . m (90 °C) ^{e)}	Traitement ou régénération (ou remplacement) ^{e)}
Indice de neutralisation	Toutes tensions	CEI 296 (article 11)	S ou L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 ans	< 0,5 mg KOH / g huile	Régénération ou remplacement
Sédiment et/ou dépôt précipitable	Toutes tensions	Voir paragraphe 7.7	L		Non décelable	Traitement si sédiment
Point d'éclair		CEI 296A (page 24) Voir paragraphe 7.8	L	Immédiatement avant mise en charge, ensuite après 3 ans	Diminution max. de 15 °C	Régénération (ou remplacement) si dépôt précipitable
Tension interfaciale		CEI 296 (annexe) « Poids de la goutte »	S		> 15 × 10 ⁻³ Nm ⁻¹	Trouver les causes, ensuite régénération ou remplacement
Teneur en gaz	> 170 kV	A l'étude (CEI)	A l'étude	A l'étude	Régénération ou remplacement	Régénération ou remplacement
					A l'étude	A l'étude

a) Les fréquences ultérieures peuvent varier en fonction des résultats d'essai (évolution du vieillissement) et des changements dans les conditions de service.

b) Pour le matériel à tension > 420 kV, des valeurs limites supérieures peuvent être exigées (voir instructions spéciales du constructeur).

c) La limite à adopter dans cet intervalle dépend du type de matériel et des instructions données par le constructeur.

d) Les valeurs correspondantes pour d'autres températures sont données à la figure 1, page 32.

e) Traitement si la valeur du facteur de dissipation le permet, régénération (ou remplacement) dans le cas contraire.

APPENDIX A1

APPLICATION AND INTERPRETATION OF TESTS ON OIL IN TRANSFORMERS (INCLUDING SELECTOR TANKS OF ON-LOAD TAP CHANGERS)

— 21 —

Preliminary remarks:

- 1) Because of the small oil content, oil sampling from instrument transformers (IT) may be dangerous to further life of apparatus. Therefore, sampling from IT shall be done only in exceptional cases and only after having contacted the manufacturer.
- 2) The full application of these recommendations to small transformers up to 1 MVA or < 36 kV will be technically necessary only in cases where high reliability is required. It will normally be uneconomic. In most cases, it could be limited to the simpler field tests and the frequency of tests will be determined with relation to the reliability required. Inspection of oil in pole-mounted transformers is assumed to be uneconomic.

Characteristic	Equipment voltage	Test method	Test venue F: Field L: Laboratory	Suggested initial frequency of tests ^{a)}	Permissible limit	Action if outside permissible limit (see Clause 5)
Breakdown voltage	> 170 kV ^{b)} 70-170 kV < 70 kV	IEC 156	F or L	Immediately prior to energizing, then after 3 months and after 2 years	> 50 kV > 40 kV > 30 kV	Reconditioning
Water content	> 170 kV < 170 kV All voltages	ISO R 760 IEC 247 IEC 250	L	Immediately prior to energizing, then after 3 months and after 3 years Immediately prior to energizing, then after 3 years	< 20 mg/l < 30 mg/l < 0.2-2.0 ^{c)} (90 °C)	Reconditioning Reclaiming or replacement
Dielectric dissipation factor	All voltages	IEC 93 and 247	F or L	Immediately prior to energizing, then after 3 months and after 3 years	1.0 GΩ . m (90 °C) ^{d)} ^{e)}	Reconditioning or reclaiming (or replacement) ^{e)} Reclaiming or replacement
Resistivity	All voltages	IEC 296 (clause 11) See Sub-clause 7.7	L	Immediately prior to energizing, then after 3 years	< 0.5 mg KOH / g oil Non-detectable	Reconditioning if sediment Reclaiming (or replacement) if precipitable sludge
Neutralization value	All voltages	IEC 296A (page 25) see Sub-clause 7.8	L	Immediately prior to energizing, then after 3 years	Max. decrease: 15 °C $> 15 \times 10^{-3} \text{ Nm}^{-1}$	Check causes followed by reclaiming or replacement
Sediment and/or precipitable sludge		IEC 296 (Appendix) Drop-weight method	F			Reclaiming or replacement
Flash point		Under consideration (IEC)	F			
Interfacial tension			Under consideration	Under consideration		Under consideration
Gas content	> 170 kV					

- ^{a)} Subsequent intervals may vary depending on previous test results (progress of ageing) and on changed service conditions.
- ^{b)} Higher limits may be required for equipment voltage > 420 kV (see special instructions given by the manufacturer).
- ^{c)} Limit to be adopted within this range depends on the type of equipment and on instructions from the manufacturer.
- ^{d)} Corresponding values for other temperatures of test are given in Figure 1, page 32.
- ^{e)} Reconditioning if the value of the dissipation factor permits, reclaiming (or replacement) if not.

ANNEXE A2

INTERPRÉTATION DES ESSAIS SUR L'HUILE DES APPAREILLAGES DE COUPURE ET APPAREILLAGES ASSOCIÉS *

Caractéristique mesurée:	Rigidité électrique	
Méthode d'essai:	CEI 156	
Lieu d'essai:	Sur le site ou au laboratoire	
	<i>Tension de l'appareillage</i>	<i>Tension disruptive requise</i>
Valeur permise:	≥ 170 kV < 170 kV	> 30 kV > 20 kV
Fréquence d'essai:	Voir recommandation du fabricant.	
Intervention si la valeur limite est dépassée:	Traitement ou régénération de l'huile.	

* A l'exclusion des changeurs de prise en charge pour les transformateurs de puissance.

APPENDIX A2

INTERPRETATION OF TESTS ON OIL IN SWITCHGEAR AND ASSOCIATED APPARATUS *

Characteristic measured:	Electric strength	
Test method:	IEC 156	
Test venue:	Field or laboratory	
	<i>Equipment voltage</i>	<i>Breakdown voltage required</i>
Permissible limit:	≥ 170 kV	> 30 kV
	< 170 kV	> 20 kV
Frequency of test:	See manufacturer's specification	
Action if outside permissible limit:	Reconditioning or replacement of the oil	

* Excluding tap change equipment of power transformers.

ANNEXE B

PROCÉDÉS GÉNÉRAUX POUR LA MANUTENTION, LE TRAITEMENT ET LE REMPLACEMENT DE L'HUILE

B1. **Domaine d'application**

Le but de cette annexe est de donner les principes généraux qui peuvent être appliqués pour la manutention, le traitement et le remplacement des huiles isolantes. Les règles générales de maintenance à suivre peuvent être trouvées soit dans les publications de la CEI des Comités traitant un type déterminé de matériel, soit dans les instructions du constructeur.

On décrit les principales précautions à prendre pour la manutention, le remplacement et les traitements destinés à améliorer les caractéristiques des huiles.

Il existe deux types de procédé d'épuration :

a) Le Traitement :

Il s'agit d'un procédé susceptible d'éliminer de l'huile, en utilisant seulement des moyens physiques, les particules solides et de diminuer la teneur en eau jusqu'à un niveau acceptable.

b) La Régénération :

Il s'agit d'un procédé susceptible d'éliminer de l'huile tout contaminant, insoluble ou dissous, pour obtenir, en fin de procédé, une huile dont les caractéristiques sont semblables à celles d'une huile neuve.

Dans cette annexe, on examinera seulement le cas du « Traitement ». L'application de la « Régénération » de l'huile dépend de facteurs économiques et locaux qui ne sont pas considérés dans ce document.

Si la « Régénération » de l'huile est considérée comme avantageuse, des recommandations peuvent être trouvées dans des documents adéquats (voir la note au bas de la page 14).

B2. **Manutention**

Pour être assuré d'un bon résultat, il est essentiel de prendre un soin extrême pour la manutention de l'huile avant remplissage du matériel. Les fûts utilisés pour le transport et le stockage devront être gardés sous une bâche. En pratique, compte tenu de la contamination des récipients, il est difficile de maintenir la pureté de l'huile si on la transvase d'un récipient dans un autre, et une fois qu'un récipient a été rempli avec une huile humide, il est difficile de le nettoyer. L'appareillage pour la manutention de l'huile (tuyauterie et pompes) doit être conservé propre et à l'abri de l'humidité. Avant utilisation, cet appareillage sera examiné soigneusement pour s'assurer qu'il n'y a ni poussière ni humidité et il sera rincé avec de l'huile propre.

Quand l'huile est stockée en fûts, ceux-ci seront placés dans une position telle que le niveau de l'huile sera supérieur à toutes les ouvertures pour empêcher toute entrée d'humidité durant le stockage. Cependant, il est connu que le stockage de l'huile en fûts n'est pas toujours satisfaisant et qu'un traitement est généralement recommandé avant utilisation dans le matériel électrique. Ceci s'applique également aux huiles en fûts qui ont été déformés ou ont subi d'autres dommages durant le transport et le stockage.

APPENDIX B

GENERAL PROCEDURE FOR HANDLING, RECONDITIONING AND REPLACING OIL

B1. Scope

The scope of this appendix is to give general principles that can be applied to handling, reconditioning and replacing of insulating oils. The general maintenance rules to be followed may be found either in IEC publications issued by those Committees dealing with a given type of equipment, or in manufacturer's instructions.

The main precautions to take in handling, replacing and for processing to improve characteristics of the oil are described.

There are two types of cleaning processes:

a) *Reconditioning:*

This involves a process to eliminate, only by physical means, solid particles from the oil and to decrease water content to an acceptable level.

b) *Reclaiming:*

This involves a process to eliminate from the oil all contaminants, insoluble and dissolved, to obtain, at the end of the process, an oil with similar characteristics to those chosen for the new product.

In this appendix, only the case of "Reconditioning" will be examined. The applicability of the "Reclaiming" of the oil depends on economic and local factors which are not considered in this document.

If "Reclaiming" is considered to be desirable, recommendations may be found in a suitable document (see footnote, page 15).

B2. Handling

To ensure satisfactory service, the utmost care in handling the oil before filling into the equipment is essential. Drums used for transport and storage should be kept under cover. In practice, owing to contamination in the containers, difficulty may be experienced in maintaining the purity of the oil when it is transferred from one vessel to another, and once a vessel or drum has been filled with moist oil, it is difficult to clean. Oil-handling equipment (pipework, pumps) should be kept clean and free from moisture. Before use, this equipment should be carefully inspected to ensure that it is free from dirt and water, and flushed with clean oil.

When oil is stored in drums, these should be placed in such a position that there is a head of oil on the bung or plug to prevent the entry of water during storage. However, it is recognized that storage of oil in drums is not always satisfactory, and transfer of such oil to electrical equipment through a suitable treatment plant is recommended. This also applies to oil in drums which have been bent or otherwise damaged in transit or storage.

B3. **Traitement ***

B3.1 *Considérations générales*

Les moyens physiques utilisés pour éliminer l'eau et les particules solides de l'huile sont appelés à différents types de filtres, de centrifugeuses et de déshydrateurs sous vide.

Le meilleur choix de la température pour l'épuration dépend des circonstances. Si on utilise un traitement sous vide pour éliminer l'eau, les températures jusqu'à 80 °C sont avantageuses; si on n'utilise pas le vide, il est souhaitable de limiter la température à 60 °C afin d'empêcher toute oxydation. Si on a l'intention de réduire les dépôts précipitables (ou l'eau libre sans traitement sous vide), il est avantageux d'opérer à froid.

B3.2 *Procédés de traitement*

B3.2.1 *Filtres*

Les appareillages de filtration sont généralement basés sur le principe du passage forcé de l'huile sous pression sur un matériau absorbant comme le papier. Les filtres de ce type sont susceptibles d'éliminer les polluants en suspension, mais ils ne peuvent éliminer ces polluants lorsqu'ils sont dissous ou à l'état colloïdal. Ces appareillages ne peuvent éliminer l'air et, en fait, ils tendent à aérer l'huile. L'aptitude pour un filtre d'éliminer l'eau est fonction de l'état de siccité de l'élément filtrant. Si on filtre une huile contenant de l'eau, l'élément filtrant se met rapidement en équilibre avec l'eau contenue dans l'huile. Une indication continue de la teneur en eau de l'huile traitée est très utile pour suivre l'efficacité du procédé.

B3.2.2 *Centrifugeuses*

La centrifugation en continu offre un autre moyen de séparer les polluants en suspension. En général, la centrifugeuse peut traiter une concentration de polluants plus importante que les filtres conventionnels, mais elle ne peut éliminer certains polluants aussi complètement que les filtres. Par conséquent, la centrifugeuse est généralement utilisée pour une épuration grossière en vue de grandes quantités d'huile contaminées sont à traiter.

Souvent, la sortie de la centrifugeuse est raccordée à un filtre pour l'épuration finale.

B3.2.3 *Déshydrateurs sous vide*

Le déshydrateur sous vide est un appareillage efficace pour réduire à des valeurs très basses les teneurs en gaz et en eau de l'huile isolante. Il existe deux types de déshydrateurs sous vide, tous deux fonctionnant à température élevée durant une courte période. Dans un cas, le traitement est effectué par pulvérisation de l'huile dans une chambre sous vide; dans l'autre, l'huile est amenée à s'écouler sur une série de chicanes placées dans une chambre sous vide, formant ainsi des films minces.

Si l'huile contient des matières solides, il est préférable de la filtrer avant le traitement sous vide.

L'opération dans les déshydrateurs sous vide est continue. En plus de l'élimination d'eau, les déshydrateurs sous vide peuvent dégazer l'huile et éliminer les acides les plus volatils.

* Voir référence citée en note au bas de la page 14.