

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 71

Quatrième édition — Fourth edition

1967

Coordination de l'isolement

Insulation co-ordination



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60071:1967

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 71

Quatrième édition — Fourth edition

1967

Coordination de l'isolement

Insulation co-ordination



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

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Introduction	6
SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION — OBJET	
Articles	
1 Domaine d'application	10
2 Objet	10
SECTION DEUX — DÉFINITIONS	
3 Tension nominale d'un réseau	10
4 Tension la plus élevée d'un réseau	10
5 Tension la plus élevée pour le matériel	10
6 Installation en situation exposée	10
7 Installation en situation non exposée	12
8 Isolation externe	12
9 Isolation interne	12
10 Isolation externe pour matériel d'intérieur	12
11 Isolation externe pour matériel d'extérieur	12
12 Réseau à neutre isolé	12
13 Réseau compensé par bobine d'extinction	12
14 Réseau à neutre à la terre	12
15 Facteur de mise à la terre	14
16 Facteur de surtension de manœuvre par rapport à la terre	14
17 Essais de type	14
18 Essai individuel	16
SECTION TROIS — PRINCIPES DE BASE DE LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT	
19 Coordination de l'isolement	16
20 Surtensions considérées	16
21 Essais diélectriques considérés	16
22 Niveau d'isolement	16
23 Niveau de protection au choc	18
SECTION QUATRE — NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS	
24 Remarques générales	18
25 Tableaux des niveaux d'isolement normalisés	20
SECTION CINQ — CONDITIONS D'ESSAIS	
26 Généralités	26
27 Essais de tenue au choc	28
28 Essai de tenue à fréquence industrielle par rapport à la masse	28

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Introduction	7
SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT	
Clause	
1 Scope	11
2 Object	11
SECTION TWO — DEFINITIONS	
3 The nominal voltage of a system	11
4 The highest voltage of a system	11
5 The highest voltage for equipment	11
6 An exposed installation	11
7 A non-exposed installation	13
8 External insulation	13
9 Internal insulation	13
10 Indoor insulation	13
11 Outdoor insulation	13
12 An isolated neutral system	13
13 A resonant earthed system	13
14 An earthed neutral system	13
15 Factor of earthing	15
16 Switching surge factor with respect to earth	15
17 A type test	15
18 A routine test	17
SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO-ORDINATION	
19 Insulation co-ordination	17
20 Overvoltages considered	17
21 Dielectric tests considered	17
22 Insulation level	17
23 Impulse protection level	19
SECTION FOUR — STANDARD INSULATION LEVELS	
24 General remarks	19
25 Tables of standard insulation levels	21
SECTION FIVE — GENERAL TESTING PROCEDURE	
26 General	27
27 Impulse voltage withstand tests	29
28 Power-frequency withstand test with respect to earth	29

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

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 cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 28 de la CEI Coordination de l'isolement. C'est la quatrième édition de la Publication 71 de la CEI Coordination de l'isolement, et elle remplace la troisième édition parue en 1960.

La présente recommandation se compose de l'édition originale et de modifications et compléments discutés lors des réunions tenues à Bucarest en 1962 et à Aix-les Bains en 1964. Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1965.

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

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Etats-Unis d'Amérique
Finlande
France
Israël

Italie
Japon
Pays-Bas
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Tchécoslovaquie
Turquie
Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INSULATION CO-ORDINATION

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No 28, Insulation Co-ordination. It is the fourth edition of IEC Publication 71, Insulation Co-ordination, and replaces the third edition which was published in 1960.

This Recommendation includes additions and modifications to the third edition which were discussed at meetings held in Bucharest in 1962 and in Aix-les-Bains in 1964. A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1965.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	South Africa
Canada	Sweden
Czechoslovakia	Switzerland
Denmark	Turkey
Finland	Union of Soviet Socialist Republics
France	United Kingdom
Germany	United States of America
Israel	Yugoslavia
Italy	

INTRODUCTION

Compléments et modifications apportés à la précédente édition

Les compléments et modifications apportés à la précédente édition n'en altèrent le caractère sur aucun point important. On notera surtout ce qui suit :

- 1 L'incorporation de la modification du tableau III des niveaux d'isolement pour tensions les plus élevées à partir de 100 kV, qui avait été publiée en décembre 1963 et l'addition à ce même tableau de nouvelles valeurs du niveau d'isolement pour les tensions les plus élevées à partir de 145 kV : ce sont, en particulier, les valeurs basses mentionnées comme faisant l'objet d'une tendance dans certains pays

La tendance s'étant confirmée depuis lors, il a été décidé à Aix-les-Bains d'introduire ces valeurs dans les tableaux en les complétant pour 362 kV et 525 kV. Certains Comités nationaux ont fait connaître que des niveaux encore plus bas ont été utilisés avec succès sur des transformateurs munis de dispositifs de protection convenables, mais l'introduction de ces niveaux dans les tableaux a été jugée prématurée.

En outre, pour les tensions les plus élevées 420 kV et 525 kV, il a été décidé d'inclure aussi des niveaux plus élevés que ceux qui figuraient dans l'édition précédente, de tels niveaux étant parfois justifiés pour l'appareillage.

- 2 La prolongation au-delà de 1 800 kV, jusqu'à 2 300 kV, de la liste des nombres normalisés espacés de 125 kV parmi lesquels doit être prise toute tension d'essai de tenue au choc, à l'exclusion des valeurs intermédiaires (paragraphe 25.2)

L'objet de cette prolongation est de fixer les valeurs parmi lesquelles devront être choisies les tensions d'essai au choc des matériels pour réseaux à tension la plus élevée 765 kV, tension qu'on commence à utiliser depuis quelques années mais qu'il a été jugé prématuré de faire figurer dans les tableaux.

- 3 L'addition d'une définition des facteurs de surtensions de manœuvre entre phase et terre (article 16) : cette définition ne s'imposait pas, car le terme n'est pas encore utilisé dans la présente édition, mais a été donnée pour préparer le proche avenir et guider le travail des divers Comités intéressés.

Emploi de la recommandation

La présente recommandation vise à formuler des recommandations générales communes aux divers matériels en ce qui concerne les conditions à satisfaire par leurs isolations. Chaque Comité de la CEI chargé d'un matériel particulier doit les prendre en considération en priorité et éviter de choisir pour son compte, sauf justification motivée par la nature ou le rôle particulier de ce matériel, des tensions ou des conditions d'essai différentes. Lorsqu'un tel choix se pose, il devra peser les avantages et inconvénients respectifs d'une adaptation étroite à l'objet et de l'acceptation de recommandations ayant fait l'objet d'un large accord international et dont la portée générale est conforme au fait physique que des appareils différents mais semblablement placés dans une installation sont soumis aux mêmes surtensions. La pluralité des combinaisons indiquées dans les tableaux de la recommandation donne d'ailleurs souvent une assez grande latitude de choix.

Insertion des pratiques de certains groupes de pays

Lorsqu'il s'est agi de préciser les conditions et valeurs numériques ayant le consentement d'un accord international, la majorité des pays s'est ralliée après discussion à des conditions et valeurs communes ; mais certains Comités nationaux avaient des pratiques particulières ayant le support d'un usage étendu et prolongé regardé comme satisfaisant. Ils ont estimé qu'il convenait d'en donner l'indication.

INTRODUCTION

Additions and modifications made to the earlier edition

The additions and modifications made to the earlier edition do not alter its general character in any major aspect. The outstanding items are:

- 1 The inclusion of changes to the table III of insulation levels for highest voltages of 100 kV and above which were published in December 1963 and the addition to the same table of new values of insulation level for highest voltages of 145 kV and above. These are, in particular, the reduced values mentioned as representing the tendency in some countries.

This tendency has since been confirmed, and it was therefore decided at Aix-les-Bains to introduce these values in the tables while completing them for 362 kV and 525 kV. Some National Committees have indicated that still lower levels have been used with success for transformers with suitably designed protective devices, but it is considered premature to introduce such levels in the tables.

Also, for highest voltages of 420 kV and 525 kV, it was decided to include levels above those included in the earlier edition.

- 2 The continuation beyond 1 800 kV, up to 2 300 kV, of the list of standard numbers in steps of 125 kV from which all values of impulse withstand test levels should be selected, to the exclusion of intermediate values (Sub-clause 25.2).

The aim of this extension is to settle the values from which the impulse withstand test levels should be selected for the equipment of networks for 765 kV highest voltage. This voltage has been coming into use for some years, but it is considered premature to include it in the tables.

- 3 The addition of a definition of overvoltage factors for switching overvoltages from phase to earth (Clause 16). This definition was not required, since the term is not used in the present edition; it has been included to prepare for the future, and as a guide to the work of the several Committees concerned.

Use of the Recommendation

This Recommendation attempts to formulate general recommendations applicable to most equipment in respect of the conditions to be met by the insulation. Each IEC Committee concerned with an item of equipment should give these first consideration, and should avoid choosing on its own account any different test voltages or conditions unless these are justified by the special nature or function of that equipment. When such a choice arises, it is necessary to weigh the respective advantages and disadvantages of a narrow adaptation to a particular case, and the acceptance of recommendations generally and internationally agreed, which are designed to take account of the physical fact that different equipments assembled in one installation are subject to the same overvoltages. Also, the number of combinations given in the tables of the Recommendation will often provide a sufficiently wide choice.

Inclusion of the practice of certain groups of countries

When it came to settling numerical values which would commend international support, the majority of countries agreed after discussion on common values. Certain National Committees had however practices which were supported by extensive and extended experience which was held to be satisfactory. They considered that it would be desirable to give an indication of their practice.

C'est ainsi que l'on a été conduit à indiquer, dans le présent texte, les pratiques de plusieurs groupes de pays, il faut viser à ce que ce ne soit là qu'une situation temporaire, et que tous les pays s'alignent un jour sur une réglementation unique reconnue comme la meilleure. Mais cette étape finale peut demander quelques transitions.

Guide d'application

Depuis la parution de la troisième édition de la Publication 71, le Guide d'Application, Publication 71A, a été édité et demeure en vigueur.

Ce guide complète la présente publication pour ce qui, bien qu'ayant reçu un assez large consentement international, est plutôt du domaine des conseils que des recommandations. On y trouve notamment

- Des indications sur les diverses catégories de surtensions et sur le choix des niveaux d'isolement dans les tableaux de la Publication 71
- Un tableau des distances dans l'air qui, selon certaines expériences, assurent dans les cas courants une tension donnée de tenue au choc
- Des remarques sur l'association de l'objet à protéger et de son dispositif de protection, selon que celui-ci est un parafofoudre ou un éclateur et avec dans le premier cas indication de la marge de sécurité estimée souhaitable entre niveaux de tenue et de protection
- Une annexe sur l'emploi des éclateurs comme dispositifs de protection

Travaux en cours

Les tensions de plus en plus élevées que l'on utilise obligent à considérer de plus en plus attentivement la coordination à l'égard des surtensions de manœuvre, alors que la publication actuelle reste encore basée essentiellement sur la coordination à l'égard des surtensions de foudre.

L'introduction de la coordination à l'égard des surtensions de manœuvre dans une future édition nécessitera d'importants travaux qui ont été pris en mains par le Comité d'Etudes N° 28 de la CEI lors de sa réunion de Tel Aviv en octobre 1966. Elle conduira à élaborer un essai spécial de tenue à ces surtensions et à fixer des valeurs des tensions d'essai.

Un tel essai, très désirable pour les matériels aux plus hautes tensions, sera vraisemblablement moins nécessaire aux tensions moins élevées, mais on ne peut préjuger encore du développement qu'il prendra. Son introduction conduira certainement à réexaminer les modalités de l'essai à fréquence industrielle. Enfin, comme les surtensions de manœuvre interviennent là où ne se pose pas le problème de la coordination à l'égard de la foudre, le domaine d'application de la recommandation demandera également à être revu.

Par ailleurs, les travaux du Comité d'Etudes N° 42 de la CEI pourront amener à réviser ou à compléter les indications de la section cinq sur les conditions d'essai.

Accordingly, the present text shows the practices of several groups of countries. This must be regarded as a temporary situation only, in due course all countries may align themselves on a single set of rules recognized as the best, but this final stage could require some intermediate steps.

The application guide

Since the appearance of the third edition of Publication 71, the Application Guide, Publication 71A has been issued and is still in force.

This guide is complementary to the present publication, in that although it has general agreement internationally it provides advice rather than recommendations. In particular, it provides

- Information on the different categories of overvoltages and on the choice of insulation levels from the tables of Publication 71
- A table of clearances in air which, for typical cases on the basis of experience, will withstand a given impulse voltage
- Comments on the combination of the equipment protected and its protective device, whether this be a lightning arrester or a co-ordinating spark gap. For the former, it sets out the margin of security that is considered desirable between the withstand level and the protective level.
- An appendix on the use of co-ordinating spark gaps as protective devices.

Future work

The higher voltages coming into service make it necessary to devote more attention to co-ordination with respect to switching overvoltages, although the present publication is still based essentially on co-ordination with respect to lightning overvoltages.

The introduction in a future edition of co-ordination with respect to switching overvoltages will require considerable work, which was begun by IEC Technical Committee No. 28 at its meeting in Tel Aviv in October, 1966. It will involve the introduction of a special test for switching overvoltage withstand, and deciding upon the values of the test voltages.

Such a test, most necessary for equipment for the highest voltages, is thought to be less so for lower voltages, but the course of development should not be prejudged. Its introduction will certainly require a re-examination of the methods and values of the power-frequency test. Lastly, since switching overvoltages can appear in cases where co-ordination in respect of lightning is no problem, the scope of the Recommendation will need to be revised accordingly.

In addition, the work of IEC Technical Committee No. 42 may lead to some revision or extension of Section Five, dealing with test conditions.

COORDINATION DE L'ISOLEMENT

SECTION UN — DOMAINE D'APPLICATION — OBJET

1 **Domaine d'application**

La présente recommandation s'applique à tous les matériels pour réseaux à courants alternatifs d'une tension nominale supérieure à 1 kV qui sont utilisés dans les installations en situation exposée (voir article 6)

Elle ne s'applique pas aux générateurs et machines tournantes (qui feront l'objet d'indications ultérieures), ni aux câbles souterrains et lignes aériennes

2 **Objet**

L'objet de la présente recommandation est de normaliser la spécification de l'isolement des divers matériels utilisés dans une installation donnée. Il appartient à chaque Comité chargé d'une catégorie de matériel de réglementer les conditions d'essai appropriées à ce matériel, mais les valeurs des tensions d'essais devront être conformes aux niveaux d'isollements normalisés spécifiés à la section quatre de la présente recommandation

Cette recommandation est complétée par un guide d'application, Publication 71A de la CFI Guide d'application

SECTION DEUX — DÉFINITIONS

Les définitions suivantes sont adoptées dans le cadre de la présente recommandation

3 **Tension nominale d'un réseau**

Valeur de la tension efficace entre phases par laquelle le réseau est dénommé

4 **Tension la plus élevée d'un réseau**

Valeur la plus élevée de la tension efficace entre phases qui peut se présenter à un instant et en un point du réseau quelconques dans les conditions d'exploitation normales. Cette valeur ne tient pas compte des variations temporaires de tension dues aux défauts ou aux déclenchements brusques entraînant la séparation de charges importantes

5 **Tension la plus élevée pour le matériel**

Tension la plus élevée pour laquelle le matériel d'un réseau est spécifié en ce qui concerne, notamment, son isolation. Cette tension doit être au moins égale à la tension la plus élevée du réseau auquel le matériel est destiné

Note — On trouvera une définition plus complète dans la Publication 38 de la CEI: Tensions normales de la CEI, dont on n'a retenu ici que ce qui concerne l'isolement

6 **Installation en situation exposée**

Installation dans laquelle le matériel est soumis à des sursensions d'origine atmosphérique

Note — Ces installations sont généralement connectées à des lignes aériennes, directement ou par une courte longueur de câble

INSULATION CO-ORDINATION

SECTION ONE — SCOPE AND OBJECT

1 Scope

This Recommendation applies to all equipment for a.c. systems, having nominal voltages above 1 kV, for use in exposed installations (see Clause 6)

It does not apply to generators and rotating machines (these types of equipment will be considered subsequently), nor to underground cables and overhead lines

2 Object

The object of the Recommendation is to standardize the specification of the insulation of the various items of equipment used in a given installation. Each equipment Committee is responsible for specifying a test procedure suitable for the equipment concerned, but the values of the test voltages should conform with the recommended scale of standardized insulation levels, Section Four of this Recommendation

The Recommendation is supplemented by an application guide, IEC Publication 71A, Application Guide

SECTION TWO — DEFINITIONS

The following definitions have been adopted for the purpose of this Recommendation

3 The nominal voltage of a system

The r.m.s. line-to-line voltage by which the system is designated

4 The highest voltage of a system

The highest r.m.s. line-to-line voltage which can be sustained under normal operating conditions at any time and at any point on the system. It excludes temporary voltage variations due to fault conditions and the sudden disconnection of large loads

5 The highest voltage for equipment

The highest voltage for which the equipment is designed regarding, especially, its insulation. This voltage shall be at least equal to the highest system voltage for which the equipment is intended

Note — A more complete definition is given in IEC Publication 38, Standard System Voltages; only that concerning insulation is given here

6 An exposed installation

An installation in which the equipment is subject to overvoltages of atmospheric origin

Note — Such installations are usually connected to overhead transmission lines, either directly, or through a short length of cable

7 Installation en situation non exposée

Installation dans laquelle le matériel n'est pas soumis à des surtensions d'origine atmosphérique

Note — Ces installations sont généralement connectées à un réseau de câbles souterrains *

8 Isolation externe

Isolation des parties externes d'un appareil qui comporte des distances de séparation dans l'air ou des surfaces isolantes dans l'air, soumises à la fois à une contrainte diélectrique et à l'influence de conditions atmosphériques ou d'agents externes tels que l'humidité, la poussière, les animaux, la pollution, etc

9 Isolation interne

Isolation des parties internes d'un appareil qui n'est pas soumise à l'influence de conditions atmosphériques ou d'agents externes tels que l'humidité, la poussière, les animaux, la pollution, etc

Exemple isolation immergée dans l'huile

Note — Tous les matériels, sauf ceux raccordés par boîtes à câbles, comportent à la fois une isolation interne et une isolation externe

10 Isolation externe pour matériel d'intérieur

Isolation externe d'appareils destinés à être utilisés à l'intérieur des bâtiments et par conséquent à l'abri des intempéries

11 Isolation externe pour matériel d'extérieur

Isolation externe d'appareils destinés à être utilisés à l'extérieur des bâtiments et pouvant en conséquence être soumis aux intempéries

12 Réseau à neutre isolé

Réseau dont le neutre n'a aucune connexion intentionnelle à la terre sauf à travers des appareils de signalisation, de mesure ou de protection, de très grande impédance

13 Réseau compensé par bobine d'extinction

Réseau dont le neutre est réuni à la terre par une bobine dont la réactance est de valeur telle que lors d'un défaut entre une phase du réseau et la terre, le courant inductif à fréquence industrielle qui circule entre le défaut et la bobine neutralise essentiellement la composante capacitive à fréquence fondamentale du courant de défaut

Note — Dans un réseau compensé par bobine d'extinction, le courant résiduel dans le défaut est limité de telle sorte que l'arc de défaut dans l'air s'éteigne spontanément

14 Réseau à neutre à la terre

Réseau dont le neutre est relié à la terre soit directement, soit par une résistance ou réactance de valeur assez faible pour réduire les oscillations transitoires et laisser passer le courant suffisant pour la protection sélective contre les défauts à la terre

- a) Un réseau triphasé à neutre effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de mise à la terre en cet emplacement qui ne dépasse pas 80 %

* Dans le cas d'une installation reliée au côté secondaire d'un transformateur, dont le primaire est relié à une installation en situation exposée, la coordination de l'isolement demande examen particulier

7 A non-exposed installation

An installation in which the equipment is not subject to overvoltages of atmospheric origin

Note — Such installations are usually connected to cable networks *

8 External insulation

The insulation of the external part of equipment, consisting of gaps through air or insulating surfaces in air, and subject at the same time to dielectric stresses and the effect of atmospheric and other external conditions such as humidity, dust, vermin, pollution, etc

9 Internal insulation

The insulation of the internal parts of equipment which is not subject to the effect of atmospheric and other external conditions such as humidity, dust, vermin, pollution, etc

E.g. Oil-immersed insulation

Note — All equipments, except those connected by cable boxes, have both internal and external insulation

10 Indoor insulation

External insulation which is designed to operate inside buildings and consequently not exposed to the weather

11 Outdoor insulation

External insulation which is designed to operate outside buildings and is consequently exposed to the weather

12 An isolated neutral system

A system which has no intentional connection to earth except through indicating, measuring, or protective devices of very high impedance

13 A resonant earthed system (a system earthed through an arc-suppression coil)

A system earthed through a reactor, the reactance being of such value that during a single phase-to-earth fault, the power-frequency inductive current passed by this reactor substantially neutralizes the power-frequency capacitance component of the earth-fault current

Note — With resonant earthing of a system, the residual current in the fault is limited to such an extent that an arcing fault in air is self extinguishing

14 An earthed neutral system

A system in which the neutral is connected to earth, either solidly, or through a resistance or reactance of low enough value to reduce materially transient oscillations and to give a current sufficient for selective earth fault protection

a) A three-phase system with effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by a factor of earthing at this point which does not exceed 80%

* In the case of an installation connected to the secondary side of a transformer the primary of which is in an exposed situation, the insulation co-ordination requires special consideration

Note — Cette condition est approximativement réalisée quand le rapport de la réactance homopolaire à la réactance directe est inférieur à 3 et le rapport de la résistance homopolaire à la réactance directe inférieur à 1 pour toutes les configurations du réseau

- b) Un réseau triphasé à neutre non effectivement à la terre en un emplacement déterminé est un réseau caractérisé par un facteur de mise à la terre en cet emplacement qui peut dépasser 80 %

15 Facteur de mise à la terre

Le facteur de mise à la terre en un emplacement déterminé d'un réseau triphasé (généralement le point d'installation d'un matériel), et pour une configuration donnée du réseau, est le rapport, exprimé en pour-cent, de la tension efficace la plus élevée à la fréquence du réseau entre une phase saine et la terre à cet emplacement pendant un défaut à la terre (affectant une ou plusieurs phases en un point quelconque du réseau) à la tension efficace entre phases à la fréquence du réseau qui serait obtenue au même emplacement avec disparition du défaut

- Notes 1* — Ce facteur est un simple rapport numérique qui caractérise de façon générale les conditions de mise à la terre d'un réseau, vues de l'emplacement considéré, indépendamment de la valeur particulière de la tension de service du réseau en cet emplacement
- 2 — Il est calculé en fonction des impédances du réseau pour les différents systèmes de composantes symétriques vues de l'emplacement considéré, en utilisant pour les générateurs les réactances subtransitoires. La règle pratique donnée à la note de l'article 14 résulte d'un tel calcul.
- 3 — Ce coefficient intervient dans la présente recommandation pour le choix du niveau d'isolement du matériel à installer à l'emplacement considéré, notamment dans le cas de réseaux dont la tension la plus élevée pour le matériel est égale ou supérieure à 100 kV (voir notes du paragraphe 25.2)

16 Facteur de surtension de manœuvre par rapport à la terre

Rapport, en un emplacement donné d'un réseau, entre la valeur de crête de la tension par rapport à la terre produite par la manœuvre et la valeur de crête de la tension du réseau entre phase et neutre juste avant la manœuvre, déduite de la tension entre phases en multipliant celle-ci par $\sqrt{2}/\sqrt{3}$

- Notes 1* — Les facteurs de surtensions de manœuvre permettent de déduire les valeurs des surtensions en kilovolts. Ils sont commodes pour comparer les comportements de réseaux ayant des tensions nominales différentes, et pour caractériser certaines conditions relatives à l'isolation ou au comportement des matériels
- 2 — Les surtensions de manœuvre dépendent non seulement du type d'appareil d'interruption, mais aussi de la configuration du réseau et de l'intervention éventuelle des dispositifs de protection contre les surtensions. Diverses circonstances non contrôlées peuvent aussi intervenir, notamment dans la séquence des opérations dans les diverses phases, qui introduisent un élément de hasard dans la valeur de crête de la surtension
- 3 — Les surtensions de manœuvre peuvent varier en fonction de la tension préexistante selon une loi autre que de simple proportionnalité, de sorte que les facteurs de surtension sont influencés par la valeur de la tension du réseau à l'emplacement considéré juste avant la manœuvre. La tension préexistante doit donc être indiquée.
- Dans le cas d'une manœuvre de fermeture, il s'agit de la tension mesurée du côté de la source. Dans le cas d'une manœuvre provoquée par un défaut, il s'agit, comme dans la définition du facteur de mise à la terre, de la tension qui serait obtenue au même emplacement avec disparition du défaut
- 4 — Si l'on n'est pas à même de connaître par des mesures la tension du réseau juste avant la manœuvre, les valeurs de crête des surtensions mesurées seront rapportées à une valeur obtenue en multipliant par $\sqrt{2}/\sqrt{3}$ la tension la plus élevée du réseau; cette valeur devra être indiquée expressément
- 5 — Les facteurs de surtensions de manœuvre ne caractérisent que l'amplitude des surtensions et non leurs formes d'onde ni leurs durées: celles-ci interviennent aussi dans la tenue des isolations aux surtensions de manœuvre

17 Essais de type

Essai exécuté sur un seul appareil d'un même modèle. Cet essai est exécuté en vue de démontrer que tous les appareils de la spécification considérée et ayant les mêmes détails essentiels seraient capables de supporter le même essai. Il n'est, en général, pas répété à chaque fourniture

Note — This condition is obtained approximately when, for all system configurations, the ratio of zero-sequence reactance to the positive-sequence reactance is less than three and the ratio of zero-sequence resistance to positive-sequence reactance is less than one

- b) A three-phase system with non-effectively earthed neutral at a given location is a system characterized by a factor of earthing at this point that may exceed 80 %

15 Factor of earthing

The factor of earthing at a selected location of a three-phase system (generally the point of installation of an equipment), for a given system layout, is the ratio, expressed as a percentage, of the highest 1 m s line-to-earth power-frequency voltage on a sound phase at the selected location during a fault to earth (affecting one or more phases at any point), to the line-to-line 1 m s power-frequency voltage which would be obtained at the selected location with the fault removed

Notes 1 — This factor is a pure numerical ratio and characterizes in general terms the earthing conditions of a system as viewed from the selected location, independently of the actual operating values of the voltage at that location

- 2 — The factors of earthing are calculated from the phase-sequence impedance components of the system as viewed from the selected location, using for the machines the subtransient reactances. The practical rule given in the Note of Clause 14 results from such a calculation
- 3 — This factor is used in this Recommendation for the choice of the insulation level of the equipment to be installed at a selected location, particularly in the case of systems in which the highest voltage for equipment is 100 kV or more (see Notes of Sub-clause 25.2)

16 Switching surge factor with respect to earth

The switching surge factor with respect to earth is the ratio, at a given point in a system, of the peak value of the surge to earth produced by the switching operation, to the peak value of the phase to neutral system voltage immediately before the switching operation, as obtained from the phase to phase voltage by multiplying that voltage by $\sqrt{2}/\sqrt{3}$

Notes 1 — Switching surge factors enable the overvoltages expressed in kilovolts to be deduced. They are convenient for comparison of the performance of systems with different nominal voltages, and for characterizing some conditions related to the insulation and performance of equipment

- 2 — The switching surges depend not only on the type of switching devices, but also on the system configuration and the possible operation of the surge protective devices. Various uncontrolled circumstances, such as the sequence of switching operations in the three phases, may also have an influence and introduce an element of probability in the peak value of the surge

- 3 — The switching surges may vary with the pre-existing voltage according to a law other than that of straight proportionality, so that the switching surge factors are influenced by the value of the system voltage at the considered location just before the switching operation. This value should therefore be indicated

In the case of a closing operation, the pre-existing voltage should be measured on the source side. In the case of a switching operation in fault conditions, the voltage is, as in the definition of the factor of earthing, that which would be obtained at the selected location with the fault removed

- 4 — When there are no possibilities of measuring the system voltage just prior to the switching operation, the peak values of the overvoltages shall be related to a value obtained by multiplying the highest system voltage by $\sqrt{2}/\sqrt{3}$ and this should be expressly stated

- 5 — The switching surge factors only characterize the amplitude of the surges, and not their wave-forms or their duration: the latter also influence the behaviour of insulation under switching surge conditions

17 A type test

A test of one piece of equipment intended to show that all pieces of equipment made to the same specifications and having the same essential details would pass an identical test, it is usually not repeated on different deliveries

18 Essai individuel

Essai appliqué à tous les appareils d'une série

Note — Les définitions relatives aux tensions d'essais et aux niveaux d'isolement et de protection sont données dans la section trois ci-après, articles 21 à 23

SECTION TROIS — PRINCIPES DE BASE DE LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT

19 Coordination de l'isolement

On entend par coordination de l'isolement l'ensemble des dispositions prises en vue d'éviter que les surtensions ne causent des dommages au matériel électrique et de localiser les amorçages (lorsqu'il est impossible de les empêcher économiquement) en des points où ils ne peuvent pas causer de tels dommages. On y parvient en établissant les corrélations nécessaires entre les conditions de tenue de l'isolation des matériels électriques et les valeurs des surtensions auxquelles ces matériels peuvent être soumis en service, compte tenu des caractéristiques des dispositifs de protection. Ces conditions sont essentiellement caractérisées dans cette recommandation respectivement par un niveau de tenue au choc et un niveau de protection au choc.

20 Surtensions considérées

Ces surtensions peuvent être d'origine atmosphérique ou être engendrées dans le réseau lui-même.

Les valeurs les plus élevées atteintes en service par les surtensions sont fixées, soit par leurs circonstances de production et les structures du réseau, soit par les caractéristiques des dispositifs de protection. Dans le cas des surtensions de foudre, la valeur de crête peut être limitée par des dispositifs de protection. Mais, dans le cas des surtensions de manœuvre, les dispositifs de protection peuvent ne pas être spécialement prévus pour intervenir.

21 Essais diélectriques considérés

Les essais diélectriques considérés par les présentes recommandations sont des essais de choc et des essais à fréquence industrielle *.

La tension de tenue au choc d'un matériel est la valeur de crête de la tension de choc en onde pleine de forme normalisée que le matériel doit pouvoir supporter dans des conditions spécifiées.

La tension de tenue à fréquence industrielle d'un matériel est la valeur efficace de la tension alternative à fréquence industrielle appliquée pendant 1 minute que le matériel doit pouvoir supporter dans des conditions spécifiées.

Note — Ces définitions sont précisées à la section cinq relative aux conditions d'essai, dans les articles 27 et 28.

22 Niveau d'isolement

Le niveau d'isolement d'un matériel est défini, dans la situation présente, comme l'énoncé des valeurs de sa tension de tenue au choc et de sa tension de tenue à fréquence industrielle.

* Il est généralement admis que l'essai à fréquence industrielle ne caractérise pas toujours adéquatement le comportement d'un matériel pour les surtensions de manœuvres. Celles-ci demandent une considération spéciale pour les réseaux à tension très élevée, car elles tendent alors à jouer un rôle prédominant dans la conception des installations. Un essai de tenue aux surtensions de manœuvre est à l'étude.

18 A routine test

A test to which each piece of equipment is subjected

Note — Definitions related to tests withstand voltages and insulating protection levels are given hereinafter in Section Three, Clauses 21 to 23

SECTION THREE — BASIC PRINCIPLES OF INSULATION CO-ORDINATION

19 Insulation co-ordination

Insulation co-ordination consists of the steps taken to prevent damage to electrical equipment due to overvoltages and to localize flashovers (when they cannot be economically prevented) to points where they will cause no damage. It is accomplished by establishing the necessary correlations between the withstand conditions of the insulation of electrical equipment and the overvoltage values to which the equipment may be subjected in operation, taking into account the characteristics of the protective devices. These conditions are essentially characterized in this Recommendation by an impulse withstand level and an impulse protection level respectively.

20 Overvoltages considered

These may be either overvoltages of atmospheric origin or generated within the system.

The highest values attained by the overvoltages may be determined either by the circumstances of their origin and the structure of the system, or by the characteristics of the protective devices. In the case of lightning surges, the peak values of the overvoltages can be limited by protective devices. But these may not have been specially designed to operate under switching surge conditions.

21 Dielectric tests considered

The dielectric tests considered in this Recommendation are impulse tests and power-frequency tests.*

The impulse withstand voltage of an equipment is the crest value of the impulse voltage of standard wave-form which the equipment is required to withstand during tests made under specified conditions.

The power-frequency withstand voltage of an equipment is the r.m.s. value of the one-minute power-frequency voltage which the equipment is required to withstand during tests made under specified conditions.

Note — More precise definitions related to general testing procedure will be found in Section Five, Clauses 27 and 28.

22 Insulation level

The insulation level of an equipment is defined, at the present stage, as the statement of the values of its impulse and power-frequency withstand voltages.

* It is generally understood that the power frequency test does not always characterize adequately the behaviour of an equipment under switching surge conditions. These require special consideration for extra-high voltage systems in which they tend to become a major element in the design of the installations. A switching impulse test is under study.

23 Niveau de protection au choc

Le niveau de protection au choc d'un dispositif de protection est la valeur de crête la plus élevée de la tension qui peut exister entre ses bornes lors de l'application d'une onde de choc de forme normalisée, dans des conditions spécifiées

Note — Les valeurs normalisées des niveaux d'isolement des matériels font l'objet de la section suivante. On trouvera dans la recommandation relative aux parafoudres, Publication 99-1A de la CEI: Complément à la Publication 99-1, Recommandations pour les parafoudres, Première partie: Parafoudres à résistance variable, les indications sur les niveaux de protection au choc de ces dispositifs de protection

Les niveaux d'isolement indiqués dans la présente recommandation ont été déterminés en vue de permettre leur corrélation avec les niveaux de protection que peuvent assurer les dispositifs de protection contre les surtensions que l'on trouve sur le marché

On trouvera à la section cinq des indications sur la réalisation des essais

SECTION QUATRE — NIVEAUX D'ISOLEMENT NORMALISÉS

24 Remarques générales

- a) La présente recommandation fixe les niveaux d'isolement associés aux différentes valeurs normalisées de la tension la plus élevée pour le matériel (section deux, article 5), dans des conditions d'essais normalisées

Des tableaux distincts sont donnés pour les tensions les plus élevées en dessous de 100 kV (tableaux I et II, pages 20 et 22) et à partir de 100 kV (tableau III, page 24)

- b) La façon d'utiliser les tableaux peut différer selon les pays et selon qu'il s'agit des tensions de tenue au choc ou à fréquence industrielle, comme il est spécifié ci-après au paragraphe 24.2 a) et b) et dans les notes de l'article 25. Le mode d'exécution des essais peut aussi différer selon les pays et selon qu'il s'agit des essais de tenue au choc ou à fréquence industrielle, comme il est spécifié à la section cinq

24.1 Choix de la tension de tenue au choc

- a) Les tableaux indiquent, en regard de chaque échelon normalisé de la tension la plus élevée pour le matériel, une ou plusieurs valeurs de la tension de tenue au choc. Cette ou ces valeurs sont adaptées aux réseaux normaux
- b) La ou des raisons spéciales (installations plus ou moins exposées à la foudre ou à la pollution des surfaces isolantes dans l'air, ou plus ou moins efficacement protégées, etc.) conduisent à choisir la tension de tenue au choc en dehors des valeurs ainsi indiquées, il est recommandé, dans un but de normalisation, de la choisir parmi les autres valeurs qui figurent dans le tableau, à l'exclusion de valeurs intermédiaires

24.2 Choix de la tension de tenue à fréquence industrielle par rapport à la masse

- a) Dans la pratique courante d'un groupe de pays européens, l'association d'une tension de tenue à fréquence industrielle avec la tension de tenue au choc qui figure sur la même ligne du tableau est d'application générale pour tous les types de matériels
- b) Dans la pratique courante des Etats-Unis, du Canada et de l'U.R.S.S., cette association ne vaut que pour l'isolation interne des transformateurs immergés, et les tensions de tenue à fréquence industrielle des autres matériels peuvent avoir des valeurs différentes de celles qui figurent dans le tableau

23 Impulse protection level

The impulse protection level of a protective device is the highest voltage (crest value) which appears at its terminals when an impulse voltage of standard wave-form is applied under specified conditions

Note — The standard values of the insulation level will be found in Section Four. Information on the impulse protection levels of lightning arresters can be obtained from IEC Publication 99-1A, Supplement to Publication 99-1, Recommendations for Lightning Arresters, Part 1: Non-linear Resistor Type Arresters

Insulation withstand voltages given in this Recommendation have been determined with a view to obtaining correlation with the protection levels of the over-voltage protective devices which are commercially available

Information on the testing procedure will be found in Section Five

SECTION FOUR — STANDARD INSULATION LEVELS

24 General remarks

- a) This Recommendation specifies the standard insulation levels associated with the standard values of the highest voltage for equipment (Section Two, Clause 5), in standardized test conditions

Separate tables are given for the highest voltages below 100 kV (Tables I and II, pages 21 and 23), and from 100 kV upwards (Table III, page 25)

- b) Utilization of the tables may differ according to the countries and according to whether impulse or power-frequency tests are considered, as specified in Sub-clause 24.2 a) and b) and in the Notes of Clause 25. Test procedure may also differ according to the countries and according to whether impulse or power-frequency tests are considered, as stated in Section Five

24.1 Choice of the impulse withstand voltage

- a) The tables associate one or more values of the impulse withstand voltage to each standard value of the highest voltage for equipment. These values are suitable for normal systems
- b) If for special reasons (installations more or less exposed to lightning, more or less exposed to atmospheric contamination, or more or less effectively protected, etc.), it is considered appropriate to choose an impulse withstand voltage above or below the values listed in the table for the given highest voltage for equipment, it is recommended that, in order to promote standardization, this withstand voltage be selected from the standardized values which appear in the table, excluding intermediate values

24.2 Choice of the power-frequency withstand voltage with respect to earth

- a) In the current practice of a group of European countries, the association of a power-frequency withstand voltage with respect to earth with the impulse withstand voltage which is situated on the same line in the table is of general application for all types of equipment
- b) In the current practice of the U S A, Canada and the U S S R, this association is only valid for the internal insulation of oil-immersed transformers and the power-frequency withstand voltages of other equipment may have values different from those in the table

24 3 Essais spéciaux à certains matériels

Les tableaux ne visent pas certains essais spéciaux à des matériels particuliers, comme par exemple le contrôle de la tenue des sectionneurs sur distance d'ouverture. Les indications à ce sujet sont à rechercher dans les recommandations de la CEI propres à ces matériels.

25 Tableaux des niveaux d'isolement normalisés

25 1 Gamme des tensions les plus élevées pour le matériel au-dessous de 100 kV

Dans cette gamme il est indiqué deux séries dites séries I et série II correspondant l'une et l'autre à des valeurs suivant lesquelles de nombreux matériels ont été et sont actuellement réalisés.

Il est recommandé à chaque pays d'utiliser seulement une de ces deux séries.

TABLEAU I

Série I (basée sur la pratique courante d'un groupe de pays européens)

Tension la plus élevée pour le matériel kV eff	— Tenue au choc — Tension d'essai en onde pleine normalisée polarités positive et négative kV crête	— Tenue à fréquence industrielle — Tension d'essai dans les conditions normalisées kV eff	
		Liste 1	Liste 2
3,6 7,2	45 60	16 22	21 27
12 17,5 24	75 95 125	28 38 50	35 45 55
36 52 72,5	170 250 325	70 95 140	75 105 140

Notes 1 — Pour chaque valeur de la tension de tenue au choc, deux valeurs associables de la tension de tenue à fréquence industrielle 1 minute sont données. Les tensions de la liste 2 sont légèrement supérieures à celles de la liste 1, sauf sur la dernière ligne. Les différents comités chargés des matériels particuliers ont à choisir entre les valeurs de ces deux listes.

2 — Dans la pratique courante en U R S S, les tensions d'essai de tenue au choc sont voisines de celles de la série I; les tensions d'essai de tenue à fréquence industrielle pour l'isolation interne des transformateurs immergés dans l'huile sont voisines de celles de la liste 2.

3 — L'objet des valeurs de la liste 2 n'est pas de résoudre le problème de la pollution atmosphérique des isolations externes: un meilleur comportement à cet égard n'est pas lié à la simple augmentation de la tension d'essai. La question est à l'étude.

24.3 Special tests required for certain equipments

The tables do not cover special tests which may be required for certain types of equipment, such as withstand test of isolators (disconnectors) between open contacts. Information on such tests is to be found in the IEC Recommendations for these types of equipment.

25 Tables of standard insulation levels

25.1 Range of highest voltages for equipment below 100 kV

In this range of voltages, two series are indicated, Series I and Series II, both corresponding to values according to which many equipments have been and are at present designed.

It is recommended that only one of the two series be used in any one country.

TABLE I

Series I (based on current practice of a group of European countries)

Highest voltage for equipment kV 1 m s	— Impulse withstand — Test voltage with standard full wave positive and negative polarity kV peak	— Power frequency withstand — Test voltage under standard conditions kV 1 m s	
		List 1	List 2
3.6 7.2	45 60	16 22	21 27
12 17.5 24	75 95 125	28 38 50	35 45 55
36 52 72.5	170 250 325	70 95 140	75 105 140

Notes 1 — For each value of the impulse withstand test voltage, two associateable values of the 1 minute power frequency withstand voltage are given. Voltages of List 2 are slightly higher than those of List 1, except on the last line. The committees in charge of each type of equipment should choose between the values of these two lists.

2 — In the current practice of the U.S.S.R., the impulse test voltages are close to those of Series I; the power-frequency test voltages for the internal insulation of oil-immersed transformers are close to those of List 2.

3 — The values of List 2 are not intended as a solution to the problem of atmospheric pollution of external insulations; better performance in this respect cannot be obtained merely by increasing the test voltage. This question is under consideration.

TABEAU II

Série II (basée sur la pratique courante aux Etats-Unis et au Canada)

Tension la plus élevée pour le matériel entre phases kV eff	— Tenue au choc — Tension d'essai en onde pleine normalisée, polarités positive et négative kV crête		— Tenue à fréquence industrielle — Tension d'essai dans les conditions normalisées kV eff
	Appareils de distribution jusqu'à 500 kVA	Appareils de plus de 500 kVA	
2,75	45	60	15
5,5	60	75	19
9,52	75	95	26
15,5	95	110	34
25,8	150		50
38	200		70
48,3	250		95
72,5	350		140

Notes 1 — Ces valeurs ne sont applicables qu'à l'isolation interne des transformateurs immergés dans l'huile. Pour les autres matériels les valeurs des tensions d'essai, tant au choc qu'à fréquence industrielle, sont indiquées dans les règles applicables à ces matériels.

2 — Les transformateurs monophasés pour tension la plus élevée entre bornes de 9,52 kV et au-dessous, sont établis pour les connexions étoile et triangle et isolés pour la tension d'essai correspondant à la connexion étoile. Les tensions d'essai de ces transformateurs quand ils sont couplés en triangle sont par conséquent plus élevées d'un échelon que celles correspondant à la tension la plus élevée pour le matériel.

TABLE II

Series II (based on current practice in the U S A and Canada)

Highest voltage for equipment line-to-line kV 1 m s	— Impulse withstand — Test voltage with standard full wave positive and negative polarity kV peak		— Power-frequency withstand — Test voltage under standard conditions kV 1 m s
	Distribution 500 kVA and below	Power above 500 kVA	
2 75	45	60	15
5 5	60	75	19
9 52	75	95	26
15 5	95	110	34
25 8	150		50
38	200		70
48 3	250		95
72 5	350		140

Notes 1 — These values are only applicable to the internal insulation of oil-immersed transformers. For other types of equipment the impulse and power-frequency test values should be obtained from the pertinent standards for those types of equipment.

2 — Single-phase transformers for highest voltage rating between terminals of 9 52 kV and below are designed for both star and delta connections and are insulated for the voltage corresponding to the star connection. The test voltages for such transformers when operated delta connected are therefore one step higher than needed for their highest voltage for equipment.

25.2 Gamme des tensions les plus élevées pour le matériel à partir de 100 kV

Les valeurs de la tension d'essai de tenue au choc en kilovolts sont à prendre dans la suite des nombres normalisés 380 - 450 - 550 - 650 - 750 - 825 - 900 - 1 050 - 1 175 - 1 300 - 1 425 - 1 550 - 1 675 - 1 800 - 1 925 - 2 050 - 2 175 - 2 300, à l'exclusion des valeurs intermédiaires

Le tableau ci-dessous donne, pour chaque valeur de la tension la plus élevée pour le matériel, les valeurs normalisées du niveau d'isolement

TABLEAU III

Tension la plus élevée pour le matériel kV eff	— Tenue au choc — Tension d'essai en onde pleine normalisée polarités positive et négative		— Tenue à fréquence industrielle — Tension d'essai par rapport à la masse dans les conditions normalisées *	
	Plein isolement kV crête	Isolements réduits kV crête	Plein isolement kV eff	Isolements réduits kV eff
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550 450	275	230 185
170	750	650 550	325	275 230
245	1 050	900 825 750	460	395 360 325
300		1 175 1 050 900		510 460 395
362		1 300 1 175 1 050		570 510 460
420		1 675 1 550 1 425 1 300		740 680 630 570
525		1 800 1 675 1 550 1 425		790 740 680 630

* Voir dans les remarques générales, paragraphe 24.2 a) et b), les pratiques de certains groupes de pays

25.2 Range of highest voltages for equipment from 100 kV upwards

The values of impulse withstand test voltage in kilovolts shall be chosen from the following series of standard values, intermediate values being excluded 380 - 450 - 550 - 650 - 750 - 825 - 900 - 1 050 - 1 175 - 1 300 - 1 425 - 1 550 - 1 675 - 1 800 - 1 925 - 2 050 - 2 175 - 2 300

The table below gives the standardized values of insulation levels for each value of the highest voltage for equipment

TABLE III

Highest voltage for equipment kV 1 m s	— Impulse withstand — Test voltage with standard full wave positive and negative polarity		— Power-frequency withstand — Test voltage with respect to earth under standard conditions *	
	Full insulation kV crest	Reduced insulations kV crest	Full insulation kV 1 m s	Reduced insulations kV 1 m s
100	450	380	185	150
123	550	450	230	185
145	650	550 450	275	230 185
170	750	650 550	325	275 230
245	1 050	900 825 750	460	395 360 325
300		1 175 1 050 900		510 460 395
362		1 300 1 175 1 050		570 510 460
420		1 675 1 550 1 425 1 300		740 680 630 570
525		1 800 1 675 1 550 1 425		790 740 680 630

* See the general remarks in Sub-clause 24.2 a) and b) concerning the practice of various groups of countries

Notes 1 — Pour les matériels placés dans des réseaux à neutre isolé ou compensés par bobines d'extinction, ou dans des emplacements de réseaux où le neutre n'est pas effectivement mis à la terre, les valeurs « plein isolement » sont recommandées

2 — On considère que de telles situations ne se rencontrent pas dans le cas des matériels pour tension la plus élevée égale ou supérieure à 300 kV; il n'est alors pas indiqué de valeurs « plein isolement »

3 — A partir de 145 kV il est indiqué deux ou plusieurs niveaux « isolement réduit »

Le choix d'un niveau « isolement réduit » suppose que le matériel est adéquatement protégé contre les surtensions

4 — Plusieurs niveaux d'isolement peuvent coexister dans un même réseau, qu'il s'agisse d'installations situées à des emplacements différents du réseau, ou des divers matériels appartenant à une même installation. Le choix est à faire selon le degré de sévérité orageuse, la nature et les caractéristiques des dispositifs de protection, l'importance des surtensions de manœuvre, l'éloignement entre le matériel considéré et les dispositifs de protection, l'opportunité de tenir compte de cette manière de l'influence des conditions atmosphériques sur les isolations externes, etc.¹⁾

5 — La série des nombres normalisés parmi lesquels doit être choisie la tension de tenue au choc va plus loin vers le haut que les valeurs qui figurent dans le tableau. Certains nombres supérieurs à ceux du tableau peuvent trouver un emploi dans des cas spéciaux, par exemple pour des matériels destinés à des réseaux aux premiers stades de leur développement. En outre, ces nombres sont à utiliser pour les tensions les plus élevées pour le matériel supérieures à celles qui figurent dans le tableau

SECTION CINQ — CONDITIONS D'ESSAIS

26 Généralités

Les essais de tenue au choc et à fréquence industrielle ont pour objet de vérifier les tensions de tenue (voir section trois, article 21) qui constituent le niveau d'isolement du matériel. Cette vérification implique que le matériel doit supporter les essais sans contournement total ou partiel, perforation ou détérioration, les essais étant effectués dans des conditions spécifiées.

Pour les divers genres de matériel, il est du domaine du Comité d'Etudes N° 42 de la CEI ou de chaque Comité d'Etudes compétent de spécifier les méthodes appropriées de détection des défauts et les critères de dommages causés à l'isolation au cours des essais.

Les essais doivent se conformer autant que possible aux directives suivantes, étant entendu que de légères modifications sont permises pour les adapter aux caractéristiques particulières du genre de matériel considéré, pourvu que les niveaux d'isolement normalisés soient respectés.

¹⁾ C'est ainsi que, lorsqu'on utilise les parafoudres à résistance non linéaire pour la protection du matériel:

- a) La tension nominale admise pour les parafoudres demande une considération particulière, leur niveau de protection étant pratiquement proportionnel à cette tension nominale. Il est généralement considéré comme satisfaisant d'utiliser un parafoudre de la tension normalisée immédiatement supérieure au produit de la tension la plus élevée du réseau (telle que définie à l'article 4, section deux) par le facteur de mise à terre à son emplacement.

Mais l'attention est attirée sur ce que la tension la plus élevée du réseau, ainsi définie, ne comprend pas certaines surélévations temporaires qui peuvent apparaître au point considéré dans des conditions anormales qui sont exclues de l'article 4, telles que celles dues à la coupure brusque de charges importantes. Si l'on doit envisager le fonctionnement du parafoudre dans de telles conditions, on pourra être conduit à utiliser un parafoudre de tension nominale plus élevée, et à choisir en conséquence le niveau de tenue du matériel à protéger.

- b) Une réduction du rapport du niveau de protection d'un parafoudre à sa tension nominale (ce qui est le sens dans lequel progresse la technique) permet, pour les mêmes conditions de réseau, soit d'obtenir une marge de sécurité plus grande, soit de choisir un niveau d'isolement plus réduit pour le matériel à protéger.