

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 A

Première édition — First edition

1962

**Supplément à la Publication 71 :
Recommandations pour la coordination de l'isolement**

Guide d'application

**Supplement to Publication 71 :
Recommendations for insulation co-ordination**

Application Guide



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

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 A

Première édition — First edition

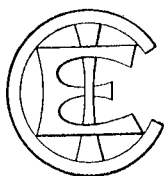
1962

**Supplément à la Publication 71 :
Recommandations pour la coordination de l'isolement**

Guide d'application

**Supplement to Publication 71 :
Recommendations for insulation co-ordination**

Application Guide



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION GÉNÉRALE	6
SECTION UN — OBJET, NOTATIONS	6
SECTION DEUX — LES DIVERSES CATÉGORIES DE SURTENSIONS	8
SECTION TROIS — REMARQUES SUR LES NIVEAUX D'ISOLEMENT DES MATÉRIELS	14
SECTION QUATRE — REMARQUES SUR LES DISPOSITIFS DE LIMITATION DES SURTENSIONS	18
SECTION CINQ — L'ASSOCIATION DU DISPOSITIF DE PROTECTION AVEC L'OBJET A PROTÉGER	20
SECTION SIX — DISTANCES A TRAVERS UN INTERVALLE D'AIR ENTRE PIÈCES CONDUCTRICES SOUS TENSION ET MASSE, EN VUE D'OBTENIR UNE TENSION DE TENUE AU CHOC A SEC SPÉCIFIÉE	26
<i>Annexe A</i> — EMPLOI DES ÉCLATEURS COMME DISPOSITIF DE PROTECTION	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
GENERAL INTRODUCTION	7
SECTION ONE — OBJECT, NOTATIONS	7
SECTION TWO — THE VARIOUS TYPES OF OVERVOLTAGES	9
SECTION THREE — CONSIDERATIONS ON THE INSULATION WITHSTAND LEVELS OF THE EQUIPMENT	15
SECTION FOUR — CONSIDERATIONS ON THE PROTECTIVE DEVICES AGAINST OVERVOLTAGES	19
SECTION FIVE — THE CORRELATION BETWEEN THE APPARATUS TO BE PROTECTED AND THE PROTECTIVE DEVICE	21
SECTION SIX — CLEARANCES IN AIR BETWEEN LIVE CONDUCTIVE PARTS AND EARTHED STRUCTURES TO OBTAIN A SPECIFIED IMPULSE WITHSTAND VOLTAGE FOR DRY CONDITIONS	27
Appendix A — USE OF SPARK GAPS AS A PROTECTIVE DEVICE	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SUPPLÉMENT A LA PUBLICATION 71:
RECOMMANDATIONS POUR LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT**

Guide d'application

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I 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 C E I 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 publication a été établie par le Comité d'Etudes N° 28, Coordination de l'isolement. Les travaux relatifs au guide d'application débutèrent lors de la réunion tenue à Philadelphie en 1954; des discussions de cette question eurent lieu lors de réunions tenues à Munich en 1956, à Stockholm en 1958 et à Madrid en 1959.

A la suite de la réunion de Madrid, les parties du projet concernant les parafoudres furent établies en collaboration avec le Comité d'Etudes N° 37, Parafoudres.

Un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en septembre 1960.

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

Allemagne	Pays-Bas
Autriche	Portugal
Belgique	Roumanie
Danemark	Royaume-Uni
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
Finlande	Tchécoslovaquie
France	Turquie
Hongrie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Inde	Union Sud-Africaine
Italie	Yougoslavie
Norvège	

Lors de la mise au point du texte en vue de sa publication, il a été tenu compte des observations d'ordre rédactionnel soumises au cours de la période de vote, les modifications apportées n'affectent pas le sens du texte original. Les observations donnant lieu à des controverses seront traitées lors de réunions ultérieures du Comité d'Etudes N° 28.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SUPPLEMENT TO PUBLICATION 71: RECOMMENDATIONS FOR INSULATION CO-ORDINATION

Application Guide

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 publication was prepared by Technical Committee No 28, Insulation Co-ordination. Work was initiated at the meeting held in Philadelphia in 1954, and subsequently discussions took place at meetings held in Munich in 1956, in Stockholm in 1958 and in Madrid in 1959.

Following the meeting held in Madrid, those parts of the draft that concern lightning arresters were prepared in collaboration with Technical Committee No 37, Lightning Arresters.

A final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in September 1960.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Austria
Belgium
Czechoslovakia
Denmark
Finland
France
Germany
Hungary
India
Italy
Netherlands

Norway
Portugal
Romania
Switzerland
Turkey
Union of South Africa
Union of Soviet Socialist Republics
United Kingdom
United States of America
Yugoslavia

Editorial comments submitted during the voting period have been taken into account in preparing the text for publication, any such changes made do not affect the sense of the original. Controversial comments will be dealt with in later meetings of Technical Committee No 28.

SUPPLÉMENT A LA PUBLICATION 71: RECOMMANDATIONS POUR LA COORDINATION DE L'ISOLEMENT

Guide d'application

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La présente publication constitue un guide pour la coordination de l'isolement des matériels électriques dans les postes, et pour l'application des dispositifs de protection contre les risques de tensions anormales d'origine diverses, par la coordination appropriée entre les niveaux des dispositifs de protection et de tenue de l'isolation des matériels à protéger.

Il s'agit là d'un sujet étendu, comportant de nombreuses ramifications. Il faudrait un gros volume pour considérer en détail tous les cas possibles. Ce n'est pas le but de ce guide, qui se limite à discuter les cas les plus essentiels et à orienter vers des solutions appropriées et économiques. Les cas plus complexes, par exemple celui des grands postes comprenant des matériels coûteux avec un certain nombre de câbles et de lignes, méritent évidemment étude particulière par des ingénieurs expérimentés.

Ce guide est divisé en plusieurs sections qui traitent les divers aspects du problème. Dans l'état actuel de la technique, une protection complète contre tout dommage dû aux sursensions est certainement réalisable. Cependant, de telles dispositions peuvent être très coûteuses et ne pas représenter par suite une solution industriellement satisfaisante. Des dispositions appropriées aux cas normaux, susceptibles d'apporter des solutions économiques, sont indiquées, elles sont basées sur des études théoriques, des résultats d'essais, et sur l'expérience.

La présente publication est essentiellement établie pour l'usage:

- des ingénieurs des différents comités spécialisés de la C E I afin de leur permettre de se référer, dans la préparation des parties de leurs recommandations qui concernent les conditions d'emploi des diverses catégories de matériel, aux principes de la coordination des isollements, établis par le Comité d'Etudes N° 28 en tant que chargé des questions d'isolation et de coordination
- des ingénieurs de réseaux qui ne sont pas spécialisés dans les problèmes de coordination des isollements, pour attirer leur attention sur toutes les questions à considérer et indiquer des solutions de première approximation, étant entendu que la recherche de la solution la plus économique peut demander dans chaque cas des études plus complètes.

SECTION UN — OBJET, NOTATIONS

1.1 Objet et référence aux Publications de la C E I existantes

La notion de la coordination, dont les principes de base sont exposés dans la Publication 71 (1960), page 14, consiste à définir la tenue des matériels à l'égard des sursensions, et à s'assurer que les niveaux de tenue de ces matériels présentent, par rapport aux niveaux de protection des dispositifs de protection associés, une marge appropriée ayant la sanction de l'expérience.

Diverses publications de la C E I apportent des précisions qui se rapportent respectivement aux niveaux de tenue et aux niveaux de protection considérés séparément. C'est ainsi que:

- a) pour ce qui concerne les niveaux de tenue, la Publication 71 (1960) donne le tableau des valeurs normalisées pour la tenue au choc et à fréquence industrielle. Ces recommandations ont été établies

SUPPLEMENT TO PUBLICATION 71: RECOMMENDATIONS FOR INSULATION CO-ORDINATION

Application Guide

GENERAL INTRODUCTION

The present publication provides some guidance in the co-ordination of insulation of electrical equipment in stations and in the application of protective devices intended to safeguard the apparatus against the hazards of abnormal voltages of various origins, by the proper co-ordination of protective devices with the apparatus to be protected

The subject is a broad one, with many ramifications. It would require a volume of considerable bulk to consider all possible cases in detail. This guide does not propose to do this, but it discusses the more basic cases and provides direction toward proper and economical solutions. The more complex cases, such as for example large stations to which costly apparatus and a number of lines or cables are connected, no doubt merit special study by experienced engineers.

This guide is divided into several sections dealing with different aspects of the problem. In the present state of the art, complete protection against damage from overvoltage undoubtedly can be provided. However, this may be extremely costly and therefore not good engineering. Procedures for normal cases are given which are expected to provide economical solutions. These are based on theoretical studies, on the results of tests, and on experience.

This publication has, in its essentials, been prepared for the use:

- of the members of the specialized I E C Committees to provide for their reference, in preparing any documents dealing with the conditions of use of the various kinds of apparatus, to principles established in Technical Committee No 28 as the Committee concerned with questions of insulation and co-ordination
- of power system engineers without special knowledge of insulation co-ordination problems, to draw their attention to the points which must be taken into account and to offer approximate solutions, noting that the most economical solution in each case may require more detailed consideration and calculation

SECTION ONE — OBJECT, NOTATIONS

1.1 Object and reference to existing I E C Publications

The notion of insulation co-ordination, the basic principles of which are stated in I E C Publication 71 (1960), page 15, consists in stating the insulation strength of the equipment with regard to overvoltages, and in checking that the withstand level of the equipment has the required margin as based on experience with regard to the protective level of the associated protective device.

Different I E C Publications give recommendations which deal respectively with the withstand and protective levels considered separately. Thus:

- a) *for the withstand levels*, Publication 71 (1960) gives the table of the standard impulse and power-frequency values. These recommendations were established, following international discussions,

à la suite de discussions internationales, souvent sur une base de compromis, en s'attachant à une rédaction aussi concise et d'application aussi générale que possible. Elles laissent le choix entre diverses variantes, sans préciser autrement que d'une façon très brève leur cas d'application respectif.

- b) *pour ce qui concerne les niveaux de protection*, la Publication 99 de la C E I donne dans sa première partie (Publication 99-1) les caractéristiques au choc des parafoudres à résistance variable, et dans sa deuxième partie (Publication 99-2) celles des parafoudres à expulsion. (Les niveaux de protection au choc de certains modèles de parafoudres peuvent être inférieurs aux valeurs maximales indiquées dans ces documents.)

Il n'existe pas de recommandation de la C E I relative à l'emploi des éclateurs de protection qui sont utilisés dans certains cas pour la limitation des surtensions. Ces dispositifs de protection ne sont pas à considérer comme des appareils séparés, faisant l'objet de recommandations particulières de la C E I ; ils sont généralement constitués par de simples tiges de métal dont l'écartement peut être ajusté sur place selon les conditions à satisfaire.

Enfin, la relation à observer entre les niveaux de tenue et de protection n'est pas indiquée dans ces publications.

Aussi est-il apparu utile, de l'avis général, de compléter les recommandations particulières ci-dessus en y ajoutant divers commentaires et explications attirant l'attention sur les points demandant examen particulier, et mentionnant les exigences reconnues nécessaires par une expérience et des pratiques généralement reconnues; le fait de sanctionner ces pratiques dans un document international ne leur confère pas un caractère impératif; ce document reste sur le plan des simples conseils dont il est prudent de ne pas s'écarter sans raison valable, et qui peuvent aider ceux qui ont la responsabilité de leur application dans les réseaux.

1.2 Symboles utilisés dans le présent texte

U_m = tension efficace la plus élevée du réseau entre phases, au sens de la définition 2, page 10, de la Publication 71 (1960) de la C E I

N_t = niveau de tenue au choc d'un matériel

N_p = niveau de protection au choc d'un dispositif de protection

U_i = tension d'amorçage 100 % d'un éclateur à l'onde de tension pleine normalisée pour la polarité qui donne la tension d'amorçage la plus élevée

U_a = tension d'amorçage d'un éclateur à fréquence industrielle à sec, en valeur de crête

d = distance entre les électrodes d'un éclateur (distance d'amorçage)

SECTION DEUX — LES DIVERSES CATÉGORIES DE SURTENSIONS

2.1 Généralités

Le matériel d'un poste doit pouvoir supporter:

- les surtensions d'ondes de choc dues aux perturbations atmosphériques;
- les surélévations de tension à la fréquence du réseau,
- les surtensions de manœuvres;
- les surtensions transitoires qui peuvent apparaître lors de l'établissement ou de l'extinction d'un arc à la terre, et les surtensions par résonance sur harmoniques et par ferro-résonance.

often on a compromise basis with a wording as concise and of as general an application as possible. They leave the choice open to various alternatives and can only very briefly indicate their respective cases of application.

- b) *for the protective levels*, Part 1 of IEC Publication 99 (Publication 99-1) gives the impulse characteristics of non-linear resistor type lightning arresters and Part 2 (Publication 99-2) gives those for expulsion-type lightning arresters. (Impulse levels of specific arresters may be lower than the maximum values given in that publication.)

There is no IEC Recommendation for protective spark-gaps which are used in some cases for the limitation of overvoltages: these protective devices are not a separate apparatus with corresponding IEC Recommendations, they consist generally of simple metallic rods which can be adjusted on the site according to the requirements.

Also, the relation to be observed between the protective level and withstand level is not indicated in the above publications.

Consequently, it appears useful, in the general consensus, to supplement the above recommendations by various explanations and comments, calling attention to the points requiring close consideration and mentioning the requirements found necessary in generally recognized experience and practice, the recognition of these practices in an international document does not confer on them a compulsory character, but does provide indications from which one should not depart without some specific reason and may assist those responsible in their application to systems.

1.2 Symbols used in the text

- U_m = highest r.m.s. value of the phase-to-phase system voltage, according to definition 2, page 11, of IEC Publication 71 (1960)
- N_t = impulse withstand level of an apparatus
- N_p = impulse protective level of a surge protective device
- U_i = lowest voltage corresponding to 100% sparkover of a gap with the standard full wave, for the polarity which gives the higher sparkover value
- U_a = power-frequency sparkover voltage of a gap, in dry conditions, peak value
- d = distance between the electrodes of a gap (sparkover distance)

SECTION TWO — THE VARIOUS TYPES OF OVERVOLTAGES

2.1 General

The high-voltage equipment of a station should withstand:

- surges of atmospheric origin;
- overvoltages at system frequency,
- switching surges,
- transient overvoltages, which may be caused by the appearance or the extinction of an arcing fault to ground, and overvoltages caused by the resonance of harmonics and ferro-resonance

2.2 Surtensions d'ondes de choc d'origine atmosphérique

L'amplitude, la raideur et le nombre des surtensions atmosphériques propagées le long des lignes jusqu'au poste, ou atteignant le poste même, dépendent des éléments suivants caractérisant la constitution du réseau et la configuration du poste:

- tension d'amoçage à la terre des lignes aboutissant au poste, les surtensions transmises dans les postes croissent en même temps que cette tension d'amoçage
- modification de l'impédance d'onde, et par suite de l'amplitude des ondes de choc qui atteignent le poste par suite du nombre plus ou moins grand de lignes ou de câbles connectés aux barres du poste. Par exemple, quand une seule ligne est connectée directement à l'appareil, l'amplitude de l'onde qui l'atteint est réfléchiée et peut atteindre jusqu'au double de l'amplitude de l'onde incidente, quand plus de deux lignes sont connectées, l'amplitude de l'onde atteignant le jeu de barres est moindre que celle de l'onde incidente
- câbles armés (avec armature à la terre) qui sont en série avec la ligne ou disposés entre les barres du poste et l'appareil à protéger (un câble court réduit surtout la raideur de la plupart des ondes arrivant au poste, un câble dont la longueur est de quelques kilomètres réduit aussi assez efficacement l'amplitude)
- fils de garde sur les lignes au delà du poste et leur prolongement éventuel sur le poste, tiges paratonnerre au-dessus du poste (l'amplitude et le nombre des surtensions peuvent être effectivement réduits par ces dispositifs, notamment dans le cas des réseaux à très haute tension, si les fils de garde ne s'étendent qu'à une distance limitée du poste, ils sont efficaces contre les coups de foudre rapprochés, qui sont les plus dangereux). Ceci suppose que les fils de garde ou tiges paratonnerre sont suffisamment bien disposés pour empêcher les coups directs d'atteindre les conducteurs de ligne au voisinage du poste ou le poste lui-même, soit directement ou par amoçage entre fil de garde ou tige paratonnerre et conducteur
- résistance de terre des pylônes: en cas de résistance de terre élevée, les décharges frappant les pylônes ou fils de garde risquent de provoquer des surtensions dans les lignes par amoçage en retour

2.3 Surélévations de tensions à la fréquence du réseau

Une surélévation de tension en un point du réseau à la fréquence du réseau peut apparaître:

- *par déclenchement d'une charge*

Dans les conditions d'exploitation normales, la tension entre phases ne dépasse pas la valeur U_m donnée par la définition 2, page 10, de la Publication 71 (1960) de la C E I, mais des valeurs plus élevées peuvent être atteintes temporairement en cas de déclenchement brusque de charges actives et réactives importantes, elles dépendent de la configuration du réseau après disjonction, et des caractéristiques des sources (puissance de court-circuit, réglage de vitesse et de tension des alternateurs, etc.)

Cet accroissement de tension peut être particulièrement important dans le cas de coupure de la charge à l'extrémité éloignée d'une longue ligne (effet Ferranti). Il affecte principalement les matériels du poste connectés côté ligne du disjoncteur.

Note — Du point de vue de la surélévation de tension on pourra être amené à faire une distinction entre diverses configurations de réseau; par exemple, comme cas extrêmes on distingue celles qui comportent de nombreuses lignes relativement courtes et des puissances de court circuit élevées aux postes d'extrémité et celles qui comportent une ou quelques longues lignes avec une puissance de court-circuit réduite du côté de la source. Avec ces dernières configurations, habituelles dans un réseau à très haute tension au premier stade de son développement, il peut résulter dans le poste à faible puissance raccordée des surélévations de tension à fréquence normale beaucoup plus élevées que dans le cas précédent, lors du déclenchement brusque de la ligne à l'autre extrémité.

2.2 Surges of atmospheric origin

The amplitude, steepness and number of atmospheric overvoltages propagated along the lines to the station or striking the station itself, are related to the following elements which characterize the constitution of the system and arrangement of the station.

- flashover voltage to earth of the insulation of the incoming lines, the surges transmitted to the stations increase correspondingly to that voltage
- change in surge impedance, and consequently in the amplitude of surges arriving at the station, provided by those lines or cables which are connected in normal operation to the station busbars. For example, when one line is connected directly to the apparatus, the surge is reflected and its amplitude may reach up to twice the amplitude it had when arriving, when more than two lines are connected, the surge amplitude at the busbars is reduced below that of the incoming surge
- cables with an earthed metallic sheath which are in series with the line or connected between the station busbars and apparatus to be protected (a short cable mainly reduces the steepness of most of the waves entering the station, a cable of a few kilometres length also effectively reduces the amplitude)
- protective overhead earthed shielding wires over the station, and on the overhead lines extending to a few kilometres ahead of the station, lightning rods at the station (the amplitude and number of overvoltages may be effectively reduced by these arrangements, especially in the case of extra-high-voltage systems, if the shielding wires are extended from the station to a limited distance only, they are effective against close lightning strokes which are the most dangerous). This presupposes that the shielding is sufficiently well designed to prevent direct strokes reaching the station or line conductors close to the station, either directly or by flashover from shielding wire or rod to the conductor
- earth resistance of the towers: in case of a high value of the earth resistance, the discharges on the towers or shielding wires may cause overvoltages on the line by back flashovers

2.3 Overvoltages at the system frequency

An overvoltage at the system frequency, at a given point of the system, may appear by:

- *the disconnection of a load*

In the usual conditions of operation, the phase-to-phase voltage does not exceed the value U_m as given by definition 2, on page 11 of IEC Publication 71 (1960), but higher values may temporarily be reached in the case of sudden disconnection of large active and reactive loads, they depend on the system layout after disconnection and the characteristics of the sources (short-circuit MVA at the station, speed and voltage regulation of the generators, etc.)

This voltage rise may be specially important in case of load rejection at the remote end of a long line (Ferranti effect). It affects mainly the apparatus at the station connected on the line side of the circuit-breaker.

Note — From the point of view of overvoltages, a distinction should be made between various types of system layouts. As extreme cases we can consider: those with relatively short lines and high-value of the short-circuit power at the terminal stations; and those with long lines and reduced value of the short circuit power at the generating side. With the latter layouts, as are usual in an extra-high-voltage system in its initial stage, a much higher overvoltage at system frequency may result in the station when a large load is suddenly disconnected at the other end.

— par défaut à la terre

La surélévation de tension des phases saines par suite d'une mise à la terre fortuite sur une autre phase dépend en un point donné du réseau de la situation du neutre du réseau par rapport à la terre, caractérisée par son coefficient de mise à la terre au point considéré (voir Publication 71 (1960) de la C E I, définitions 11 à 14, page 12)

Remarques pour l'évaluation du coefficient de mise à la terre:

- a) En général, pour évaluer le coefficient de mise à la terre à un emplacement déterminé, on supposera par raison de simplicité que le défaut se produit à l'emplacement pour lequel on calcule le coefficient; mais dans certains cas particuliers, qui se rencontrent surtout quand le coefficient de mise à la terre dépasse 100 %, on pourra être amené à rechercher l'influence d'un emplacement différent du défaut pour en déduire la valeur la plus grande que peut prendre la tension à la terre des phases saines
- b) En principe, il y a pour un emplacement déterminé autant de valeurs particulières du coefficient de mise à la terre que de configurations possibles du réseau. On retiendra, pour caractériser l'emplacement, la plus élevée des valeurs correspondant aux différentes configurations qui se rencontrent dans la pratique
- c) Les configurations à considérer sont celles qui sont susceptibles de se présenter au cours du défaut; il y a donc lieu de tenir compte des modifications de la structure du réseau que le défaut lui-même a pu provoquer, par exemple en occasionnant l'ouverture d'interrupteurs
- d) Pour beaucoup de réseaux, on pourra se contenter d'un seul coefficient caractérisant d'une façon suffisamment approximative tous les emplacements du réseau. On peut alors parler de réseaux à neutre effectivement ou non effectivement à la terre, sans avoir à préciser l'emplacement considéré
- e) Enfin, on ne perdra pas de vue que la tension la plus élevée à fréquence normale qui peut apparaître entre phase saine et terre pendant un défaut à la terre, ne dépend pas seulement de la valeur du coefficient de mise à la terre, mais aussi de la tension entre phases à cet instant. Cette tension entre phases sera généralement prise égale à la tension U_m la plus élevée du réseau au sens de la définition 2 de la Publication 71 (1960) de la C E I; mais, dans certains cas, en vue de prévoir le comportement des dispositifs de protection ou de définir leurs caractéristiques, il est nécessaire de prendre en considération certaines surélévations temporaires entre phases qui peuvent apparaître au point considéré dans les conditions anormales qui sont exclues de la définition 2 de la Publication 71

2.4 Surtensions de manœuvre

Ces surtensions sont celles associées aux changements brusques de configuration des circuits qui sont provoqués par la manœuvre d'un disjoncteur, la fusion d'un fusible, etc., et mettent en jeu les phénomènes d'oscillation propres à ce circuit

Les surtensions de manœuvre dépendent en général tant des caractéristiques du dispositif de coupure que de la configuration des circuits, ces deux éléments sont donc à considérer

Les valeurs les plus élevées de ces surtensions sont rencontrées en général dans les conditions suivantes:

- a) Coupure de courants capacitifs (mise hors tension de lignes à vide, de câbles ou de batteries de condensateurs), lorsque l'interruption s'accompagne de réamorçage, ce qui peut donner lieu à des ondes de surtension ayant des raideurs plus grandes que celles des surtensions à fréquence industrielle, sans être en général aussi raides que celles causées par des coups de foudre rapprochés. Il faut tenir compte de ce que, à cause de la capacité élevée des câbles souterrains, avec ou sans armature à la terre, les surtensions de manœuvre correspondantes mettent en jeu une plus grande énergie que celle des lignes aériennes. Les surtensions à la terre ne seront élevées que si la capacité coupée est beaucoup plus élevée que celle côté barres du disjoncteur
- b) Coupure de courants inductifs faibles ou modérés (transformateurs à vide ou chargés sur réactances, ou coupures de réactances shunt), lorsque le disjoncteur interrompt le courant en dehors de son passage naturel par zéro

Les essais des disjoncteurs pour déterminer la valeur de ces surtensions sont à l'étude au Comité d'Etudes N° 17 de la C E I, Appareils d'interruption

Note — Il n'a pu, jusqu'à présent, être normalisé une forme d'onde qui soit regardée comme généralement représentative des surtensions de coupure, tant au point de vue de la tenue de l'isolation des matériels à ces surtensions qu'au point de vue du comportement des dispositifs de protection contre les surtensions