

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
990**

Première édition
First edition
1990-06

**Méthodes de mesure du courant de contact et
du courant dans le conducteur de protection**

**Methods of measurement of touch-current
and protective conductor current**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 990: 1990

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC
990**

Première édition
First edition
1990-06

Méthodes de mesure du courant de contact et du courant dans le conducteur de protection

Methods of measurement of touch-current and protective conductor current

© CEI 1990 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 3, rue de Varembe Genève Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
 Articles	
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives	12
3 Définitions	14
4 Site d'essais	14
4.1 Environnement du site d'essais	14
4.2 Conducteur neutre mis à la terre	16
5 Matériel de mesure	18
5.1 Choix du réseau de mesure	18
5.2 Dispositif de mesure	22
5.3 Electrodes d'essais	22
5.4 Configuration	22
5.5 Connexion du système d'alimentation pendant l'essai	22
5.6 Tension et fréquence d'alimentation	32
6 Procédure d'essais	34
6.1 Généralités	34
6.2 Fonctionnement normal et conditions de défaut du matériel ..	34
7 Evaluation des résultats	38
7.1 Perception, réaction et non-lâcher	38
7.2 Effets des brûlures électriques	38
8 Mesure du courant du conducteur de protection	40
8.1 Généralités	40
8.2 Matériels multiples	40
8.3 Méthodes de mesure	40
 Annexes (normatives)	
A Matériel	42
B Utilisation d'un plan conducteur	44
C Parties connectées fortuitement	46
 Annexes (informatives)	
D Choix des limites de courant	48
E Réseaux à utiliser pour la mesure du courant de contact	54
F Limitations et construction du réseau de mesure	58
G Tolérance sur les valeurs mesurées	62
H Partie préhensible	64
J Bibliographie	68

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
 Clause	
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Definitions	15
4 Test site	15
4.1 Test site environment	15
4.2 Earthed neutral conductor	17
5 Measuring equipment	19
5.1 Selection of measuring network	19
5.2 Measuring device	23
5.3 Test electrodes	23
5.4 Configuration	23
5.5 Power distribution system connections during test	23
5.6 Supply voltage and frequency	33
6 Test procedure	35
6.1 General	35
6.2 Normal and fault conditions of equipment	35
7 Evaluation of results	39
7.1 Perception, reaction and let-go	39
7.2 Electric burn	39
8 Measurement of protective conductor current	41
8.1 General	41
8.2 Multiple equipments	41
8.3 Measuring method	41
 Annexes (normative)	
A Equipment	43
B Use of a conductive plane	45
C Incidentally connected parts	47
 Annexes (informative)	
D Choice of current limits	49
E Networks for use in measurement of touch-current	55
F Measuring network limitations and construction	59
G Tolerance on measured values	63
H Grippable part	65
J Bibliography	69

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

METHODES DE MESURE DU COURANT DE CONTACT ET DU COURANT
DANS LE CONDUCTEUR DE PROTECTION

AVANT-PROPOS

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

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 74: Sécurité des matériels de traitement de l'information y compris les matériels de bureau électriques et les matériels de télécommunication.

Il a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au Guide CEI 104.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
74(BC)82	74(BC)98

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

Les annexes A, B et C sont normatives.

Les annexes D, E, F, G, H et J sont informatives.

NOTE - La deuxième impression de ce Rapport Technique est identique à la première excepté la correction d'une erreur à la figure 4, pages 18 et 19. La valeur de la capacité du condensateur à la droite de cette figure (côté U_2) était égale à 0,22 μF dans la première impression alors qu'il fallait lire 0,022 μF .

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF MEASUREMENT OF TOUCH-CURRENT
AND PROTECTIVE CONDUCTOR CURRENT

FOREWORD

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

This report has been prepared by Technical Committee No. 74: Safety of information technology equipment including electrical business equipment and telecommunication equipment.

It has the status of a basic safety publication in accordance with IEC Guide 104.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
74(C0)82	74(C0)98

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

Annexes A, B and C are normative.

Annexes D, E, F, G, H and J are informative.

NOTE - The second impression of this Technical Report is identical to the first with the exception of a correction to figure 4, pages 18 and 19. The value of the capacitance of the capacitor on the right of this figure (close to U_2) was marked as being equal to 0,22 μF in the first impression instead of the correct value of 0,022 μF .

INTRODUCTION

Le présent rapport est destiné à servir de guide aux comités de produits lors de la préparation ou de la modification des spécifications d'essai dans leurs normes pour la mesure du "courant de fuite". Toutefois l'expression "courant de fuite" n'est pas utilisée pour les raisons indiquées ci-après.

Le présent rapport est la réponse à l'attribution en 1983, au CE 74, d'une fonction pilote de sécurité avec les termes de référence suivants:

Méthodes de mesure du courant de fuite

Ceci couvre, pour divers types de matériels, tous les aspects qui se rapportent au "courant de fuite", y compris les méthodes de mesure du courant en ce qui concerne les effets physiologiques et les questions d'installation, dans les conditions normales et dans certaines conditions de défaut.

Base de travail

Les termes de référence pour le travail dans le présent rapport sont de développer des méthodes normalisées pour la mesure de ce qui est appelé communément "courant de fuite", afin d'harmoniser les spécifications d'essai élaborées par les différents comités de produits.

Dans le présent rapport, les méthodes de mesure du "courant de fuite" proviennent de l'étude de la CEI 479 et d'autres publications, y compris les descriptions de méthodes de mesure précédentes.

Premières conclusions

Premièrement deux conclusions importantes découlent de l'étude des effets du "courant de fuite":

- Le principal intérêt pour la sécurité concerne le passage possible d'un courant nuisible à travers le corps humain. (Ce courant n'est pas nécessairement égal au courant traversant le conducteur de protection.)
- L'effet d'un courant électrique traversant un corps humain est quelque chose de plus complexe que ce qui a été supposé dans le développement des normes antérieures, par le fait que plusieurs réponses du corps doivent être considérées. Les réponses les plus significatives pour situer les limites de sécurité pour des signaux sinusoïdaux entretenus sont:

- la perception,
- la réaction,
- le non-lâcher,
- la brûlure électrique.

Chacune des quatre réponses du corps a un niveau de seuil spécifique. D'importantes différences existent aussi dans la manière dont certains de ces seuils varient en fonction de la fréquence.

Deuxièmement, deux types de courant ont été identifiés comme nécessitant des méthodes de mesure différentes.

INTRODUCTION

This report is intended for the guidance of equipment committees in preparing or amending the test specifications in their standards for measurement of "leakage current". However the term "leakage current" is not used for reasons explained below.

This report is the response to the assignment to TC 74 of a safety pilot function in 1983 with the following terms of reference:

Methods of measuring leakage currents

This includes, for various types of equipment, all aspects of what is referred to as "leakage current", including methods of measurement of current with regard to physiological effects and for installation purposes, under normal conditions and under certain fault conditions.

Background

The terms of reference for the work in this report are to develop standard methods for measurement of what is commonly known as "leakage current", in order to harmonize test specifications produced by various equipment committees.

In this report, the methods of measurement of "leakage current" result from review of IEC 479 and other publications, including descriptions of earlier methods of measurement.

Initial conclusions

Firstly, two related conclusions were derived from a review of the effects of "leakage current":

- The primary concern for safety involves possible flow of harmful current through the human body. (This current is not necessarily equal to the current flowing through a protective conductor.)
- The effect of electric current on a human body is somewhat more complex than was assumed during the development of earlier standards in that there are several body responses which should be considered. The more significant responses for setting safe limits for continuous waveforms are:

- perception,
- reaction,
- let-go, and
- electric burn.

Each of these four body responses has a unique threshold level. There are also significant differences in the manner in which some of these thresholds vary with frequency.

Secondly, two types of current have been identified as needing separate measuring methods:

Courant de type 1: Courant qui peut traverser le corps humain lorsque celui-ci touche des matériels de Classe I ou de Classe II, mis à la terre ou non, reliés à différents schémas d'alimentation dans des conditions normales et dans certaines conditions de défaut unique.

Courant de type 2: Courant circulant dans le conducteur de protection des matériels de Classe I dans des conditions normales.

Troisièmement, il a été conclu que l'expression "courant de fuite" a déjà été appliquée à plusieurs concepts différents (courant de type 1 et courant de type 2, propriétés d'isolement, etc.). C'est pourquoi, dans le présent rapport l'expression "courant de fuite" n'est pas utilisée. Le courant qui peut traverser le corps humain (courant de type 1) est appelé:

courant de contact

et le courant circulant dans le conducteur de protection (courant de type 2) est appelé:

courant dans le conducteur de protection.

Le courant de contact existe uniquement si le corps humain (ou le circuit équivalent) est un chemin de passage du courant.

Mesure du courant de contact

Dans le passé, les normes de matériels ont utilisé deux techniques traditionnelles pour la mesure du "courant de fuite". Soit le courant réel circulant dans le conducteur de protection était mesuré, soit un simple réseau résistance-condensateur était utilisé, le courant de fuite étant défini comme le courant traversant la résistance.

Le présent rapport fournit les méthodes de mesure pour les quatre réponses du corps au courant électrique indiqué ci-dessus, en utilisant un modèle de corps humain plus représentatif.

Ce modèle de corps humain a été choisi pour les cas les plus courants de chocs électriques dans le sens général. En ce qui concerne le cheminement du courant et les conditions de contact, il est utilisé un modèle de corps humain représentant approximativement le contact complet main-main ou main-pied en situations normales. Pour de petites surfaces de contact (par exemple contact d'un doigt) un modèle différent peut être approprié. La définition d'un tel modèle est à l'étude.

Parmi les quatre réponses, la perception, la réaction et le non-lâcher sont liés à la valeur de crête du courant de contact et varient avec la fréquence. Traditionnellement, les questions concernant les chocs électriques sont traitées avec des formes d'onde sinusoïdale pour lesquelles les mesures de valeurs efficaces conviennent le mieux. Le présent rapport recommande des mesures de valeurs de crête qui sont plus appropriées pour les formes d'onde non sinusoïdales mais qui sont également utilisables pour les formes d'onde sinusoïdales. Les réseaux spécifiés pour la mesure des courants de perception, de réaction et de non-lâcher ont une réponse en fréquence et sont pondérés de telle façon que des valeurs puissance-fréquence limites uniques puissent être spécifiées et référencées.

Type 1 current: The current which can flow through the human body while it is touching earthed or unearthed equipment of Class I or Class II connected to various power systems, under normal conditions and certain single fault conditions;

Type 2 current: The current flowing through the protective conductor of Class I equipment under normal conditions.

Thirdly, it was concluded that the term "leakage current" has already been applied to several different concerns (Type 1 current and Type 2 current, insulation properties, etc.). Therefore, in this report, the term "leakage current" is not used. Current which flows through the human body (Type 1 current) is referred to as:

touch-current

and the current in a protective conductor (Type 2 current) as:

protective conductor current.

Touch-current exists only when a human body (or equivalent circuit) is a current pathway.

Measurement of touch-current

In the past, equipment standards have used two traditional techniques for measurement of "leakage current". Either the actual current in the protective conductor was measured, or a simple resistor-capacitor network was used, leakage current being defined as the current through the resistor.

This report provides measuring methods for the four body responses to electric current noted above, using a more representative body model.

This body model was chosen for most common cases of electric shock in the general sense. With respect to the path of current flow and conditions of contact, a body model approximating full hand-to-hand or hand-to-foot contact in normal conditions is used. For small areas of contact (e.g. one finger contact) a different model may be appropriate. The definition of such a model is under consideration.

Of the four responses, perception, reaction and let-go are related to peak value of touch-current and vary with frequency. Traditionally, concerns for electric shock have dealt with sinusoidal waveforms, for which r.m.s. measurements are most convenient. This report recommends peak measurements, which are more appropriate for non-sinusoidal waveforms, but which are equally suitable for sinusoidal waveforms. The networks specified for measurement of perception, reaction and let-go currents are frequency-responsive and are so weighted that single limit power-frequency values can be specified and referenced.

Les brûlures électriques, par contre, sont liées à la valeur efficace du courant de contact, relativement indépendamment de la fréquence. Pour les matériels avec lesquels la brûlure électrique peut être significative (voir 7.2), deux mesures séparées sont demandées, une en valeur de crête pour les chocs électriques et une seconde en valeur efficace pour les brûlures électriques.

Chaque comité de produits doit décider quels effets physiologiques sont acceptables et lesquels ne le sont pas et, à partir de là, adopter des valeurs limites de courant. Des comités concernés par certains types de matériels peuvent adopter des procédures simplifiées, basées sur le présent rapport. Des exemples de valeurs limites, issues de travaux antérieurs de différents comités de produits de la CEI, sont données à l'annexe D (informative).

Les articles 4 à 7 traitent des mesures du courant de contact.

Mesure du courant du conducteur de protection

Dans certains cas, il est demandé de mesurer le courant du conducteur de protection des matériels de la Classe I dans les conditions normales d'utilisation, notamment:

- pour le choix d'un dispositif de protection à courant résiduel;
- pour la conformité au 471.3.3 de la CEI 364-7-707.

Dans de tels cas le courant du conducteur de protection est mesuré par insertion d'un ampèremètre d'impédance négligeable en série avec le conducteur de protection du matériel.

L'article 8 traite de la mesure du courant du conducteur de protection.

Une bibliographie des documents de référence se trouve en annexe J (informative).

Electric burns, however, are related to the r.m.s. value of touch-current, relatively independently of frequency. For equipment where electric burns may be of concern (see 7.2), two separate measurements are required, one in peak value for electric shock and a second in r.m.s. value for electric burns.

Each equipment committee shall decide which physiological effects are acceptable and which are not, and thence decide on limit values of current. Committees for certain types of equipment may adopt simplified procedures based upon this report. Some examples of limit values, based upon earlier work by various IEC equipment committees, are provided in annex D (informative).

Clauses 4 to 7 deal with measurement of touch-current.

Measurement of protective conductor current

In certain cases, it is required to measure the protective conductor current of Class I equipment under normal operating conditions. Such cases include:

- selection of a residual current protection device,
- compliance with 471.3.3 of IEC 364-7-707.

In such cases protective conductor current is measured by inserting an ammeter of negligible impedance in series with the equipment protective conductor.

Clause 8 deals with measurement of protective conductor current.

A bibliography of related documents is given in annex J (informative).

METHODES DE MESURE DU COURANT DE CONTACT ET DU COURANT DANS LE CONDUCTEUR DE PROTECTION

1 Domaine d'application

1.1 Le présent rapport définit des méthodes de mesure pour:

- des courants continus ou des courants alternatifs de forme sinusoïdale ou non sinusoïdale qui peuvent traverser le corps humain, et
- des courants qui peuvent circuler dans un conducteur de protection.

Les méthodes de mesure recommandées pour le courant de contact sont basées sur les effets causés par le passage du courant dans le corps humain. La spécification ou l'implication de valeurs limites spécifiques ne font pas partie du domaine d'application du présent rapport. Des informations concernant le choix des valeurs limites peuvent être trouvées dans la CEI 479.

1.2 Le présent rapport est applicable à toutes les classes de matériels, conformément à la CEI 536.

1.3 Les méthodes de mesure ne sont pas applicables:

- au courant de contact de durée inférieure à 1 s;
- aux courants patients tels qu'ils sont définis dans la CEI 601-1;
- au courant alternatif de fréquence inférieure à 15 Hz;
- au courant alternatif combiné avec un courant continu. L'utilisation d'un réseau unique pour une indication composite des effets combinés de courants alternatifs et continus n'a pas été étudiée;
- aux courants supérieurs aux courants choisis pour les limites de brûlure électrique.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO tiennent à jour le registre des Normes internationales actuellement en vigueur.

METHODS OF MEASUREMENT OF TOUCH-CURRENT AND PROTECTIVE CONDUCTOR CURRENT

1 Scope

1.1 This report defines measurement methods for:

- d.c. or a.c. of sinusoidal or non-sinusoidal waveform, which could flow through the human body, and
- current which can flow through a protective conductor.

Measuring methods recommended for touch-current are based upon the possible effects of current flowing through a human body. Specification or implication of specific limit values is not within the scope of this report. Information regarding the choice of limit values may be obtained from IEC 479.

1.2 This report is applicable to all classes of equipment, according to IEC 536.

1.3 The methods of measurement in this report are not intended to be used for:

- touch-current having less than 1 s duration;
- patient currents as defined in IEC 601-1;
- a.c. at frequencies below 15 Hz;
- a.c. in combination with d.c. The use of a single network for a composite indication of the effects of combined a.c. and d.c. has not been investigated;
- currents above those chosen for electric burn limits.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this report. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this report are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

CEI 50(604): 1987, Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 604: Production, transport et distribution de l'énergie électrique - Exploitation.

CEI 309: Prises de courant pour usages industriels.

CEI 364-4-41: 1982, Installations électriques des bâtiments, Quatrième partie: Protection pour assurer la sécurité, Chapitre 41: Protection contre les chocs électriques.

CEI 364-7-707: 1984, Installations électriques des bâtiments, Septième partie: Règles pour les installations et emplacements spéciaux, Section 707: Mise à la terre des installations de matériel de traitement de l'information.

CEI 479: Effets du courant passant par le corps humain.

CEI 536: 1976, Classification des matériels électriques et électroniques en ce qui concerne la protection contre les chocs électriques.

3 Définitions

Dans le cadre du présent rapport, les définitions suivantes s'appliquent:

3.1 courant de contact: Courant qui circule dans les réseaux des figures 3, 4 et 5. Ces réseaux représentent l'impédance du corps humain.

3.2 courant du conducteur de protection: Courant circulant dans le conducteur de protection, mesuré avec un ampèremètre d'impédance négligeable (voir article 8).

3.3 matériel: Comme défini dans la norme du matériel applicable. A défaut, voir l'annexe A.

3.4 partie préhensible: Partie du matériel qui peut fournir un courant dont le passage à travers la main humaine cause des contractions musculaires autour de la partie et une incapacité de lâcher. Des parties qui sont destinées à être tenues avec la main entière sont présumées être des parties préhensibles, sans autre investigation (voir annexe H).

3.5 brûlure électrique: Brûlure de la peau ou d'un organe, causée par le passage superficiel ou en profondeur d'un courant électrique (voir VEI 604-04-18).

4 Site d'essais

4.1 Environnement du site d'essais

Les prescriptions concernant l'environnement du site d'essais doivent être conformes aux spécifications de la norme du matériel. Si des valeurs limites inférieures à 0,1 mA crête sont spécifiées, ou si le matériel contient de larges écrans parcourus par des signaux haute fréquence, se référer à l'annexe B.

IEC 50(604): 1987, International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 604: Generation, transmission and distribution of electricity - Operation.

IEC 309: Plugs, socket-outlets and couplers for industrial purposes.

IEC 364-4-41: 1982, Electrical installations of buildings, Part 4: Protection for safety, Chapter 41: Protection against electric shock.

IEC 364-7-707: 1984, Electrical installations of buildings, Part 7: Requirements for special installations or locations, Section 707: Earthing requirements for the installation of data processing equipment.

IEC 479: Effects of current passing through the human body.

IEC 536: 1976, Classification of electrical and electronic equipment with regard to protection against electric shock.

3 Definitions

For the purpose of this report, the following definitions apply:

3.1 touch-current: A current which flows into the networks of figures 3, 4 and 5. These networks represent the impedance of the human body.

3.2 protective conductor current: A current in the protective conductor, measured with an ammeter of negligible impedance (see clause 8).

3.3 equipment: As defined in the relevant equipment standard. If not defined in the relevant equipment standard (see annex A).

3.4 grippable part: A part of the equipment which could supply current through the human hand to cause muscular contraction round the part and an inability to let go. Parts which are intended to be gripped with the entire hand are assumed to be grippable without further investigation (see annex H).

3.5 electric burn: A burning of the skin or an organ, caused by passing an electric current across or through the surface (IEV 604-04-18).

4 Test site

4.1 Test site environment

Test site environmental requirements shall be as specified in the equipment standard. When limit values of less than 0,1 mA peak are specified or when the equipment contains large shields which may be driven by high frequency signals, see annex B.

4.2 Conducteur neutre mis à la terre

Un matériel prévu pour être connecté à une alimentation ayant le neutre directement relié à la terre (par exemple TT ou TN) doit être essayé avec une tension minimale entre neutre et terre.

Le conducteur de protection et le conducteur neutre mis à la terre pour le matériel à l'essai doivent avoir une différence de potentiel inférieure à 1% de la tension phase-phase (voir exemple à la figure 1).

Le site d'essais peut disposer d'un transformateur d'isolation local pour satisfaire à cette prescription (voir T2 de la figure 2).

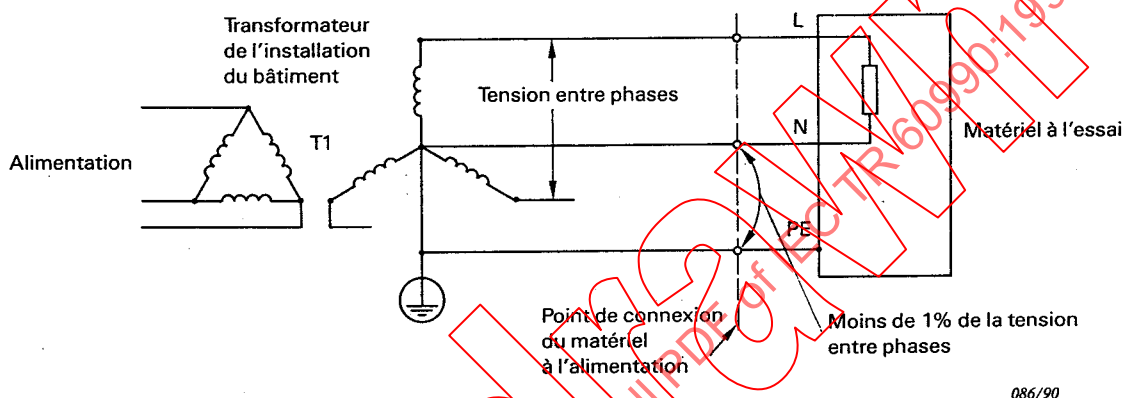


Figure 1 - Neutre mis à la terre, alimentation directe

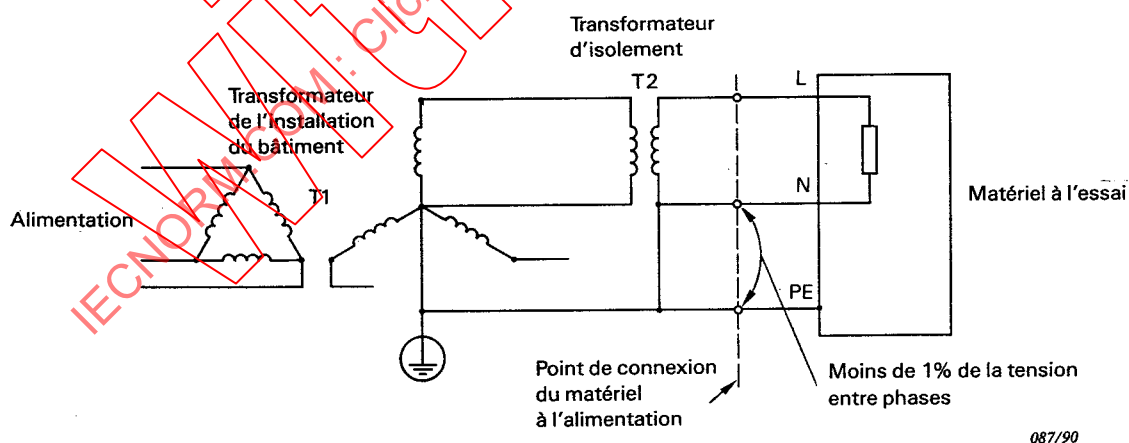


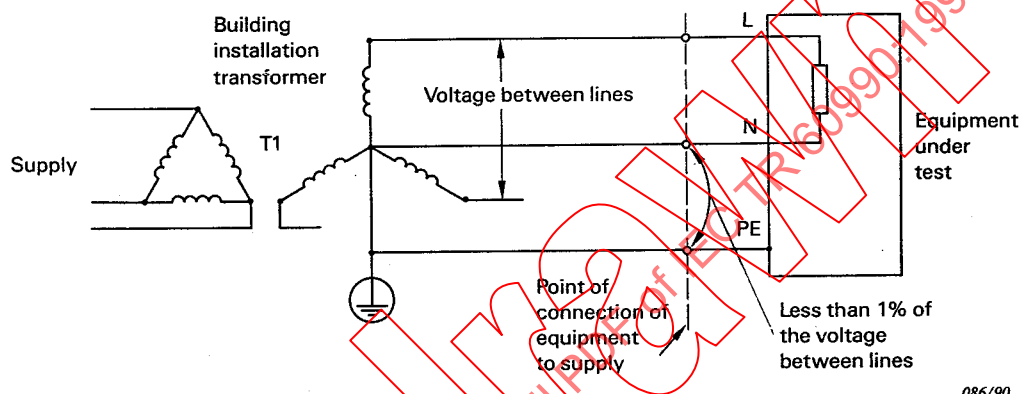
Figure 2 - Neutre mis à la terre, avec transformateur d'isolation

4.2 Earthed neutral conductor

Equipment intended for connection to a supply having directly earthed neutral (e.g. TT or TN) shall be tested with minimum voltage between neutral and earth.

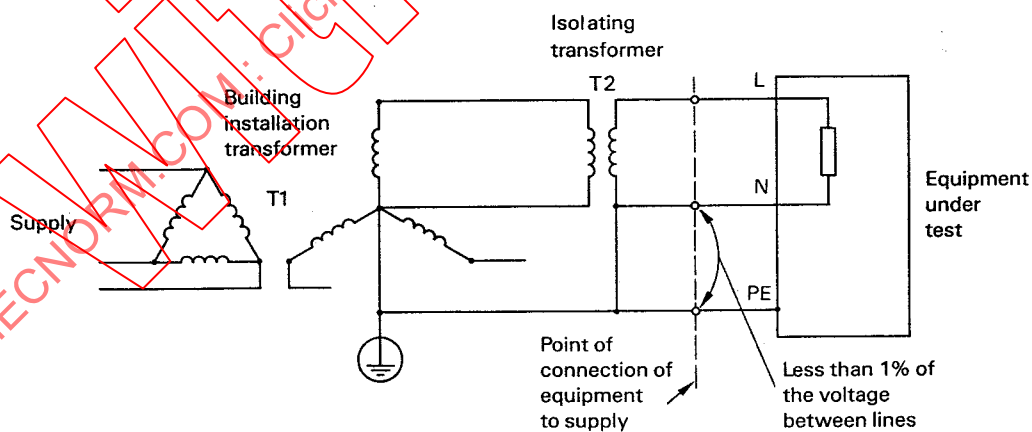
The protective conductor and the earthed neutral conductor for the equipment under test shall have a voltage difference of less than 1% of line-to-line voltage (see example in figure 1).

A local isolating transformer may be used on the test site to achieve this requirement (see T2 of figure 2).



086/90

Figure 1 - Earthed neutral, direct supply



087/90

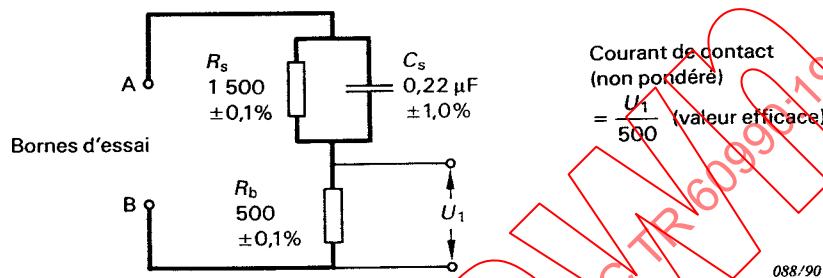
Figure 2 - Earthed neutral with isolating transformer

5 Matériel de mesure

5.1 Choix du réseau de mesure

Les mesures doivent être faites à l'aide d'un des réseaux des figures 3, 4 et 5.

NOTE - Voir les annexes E et F pour de plus amples informations sur ces trois réseaux.



NOTE - La tension U_1 peut aussi être mesurée avec les réseaux des figures 4 et 5.

Figure 3 - Réseau de mesure - Courant de contact non pondéré

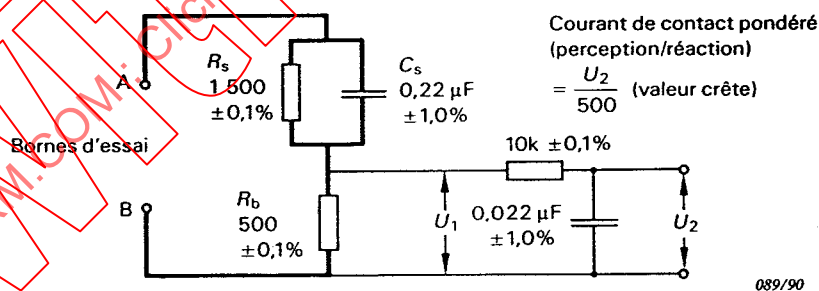


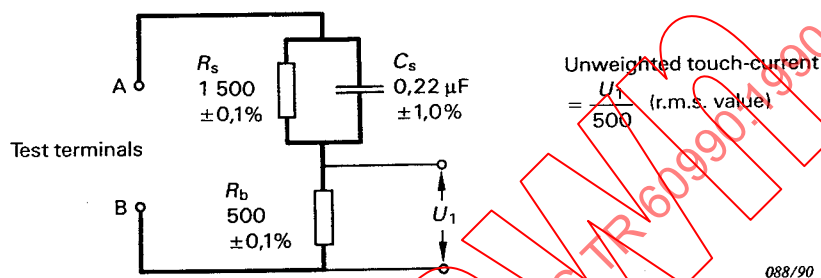
Figure 4 - Réseau de mesure - Courant de contact pondéré pour la perception/réaction

5 Measuring equipment

5.1 Selection of measuring network

Measurements shall be made with one of the networks of figures 3, 4 and 5.

NOTE - See annexes E and F for further explanation of the three networks.



NOTE - Voltage U_1 can also be measured with the networks of figures 4 and 5.

Figure 3 - Measuring network, unweighted touch-current

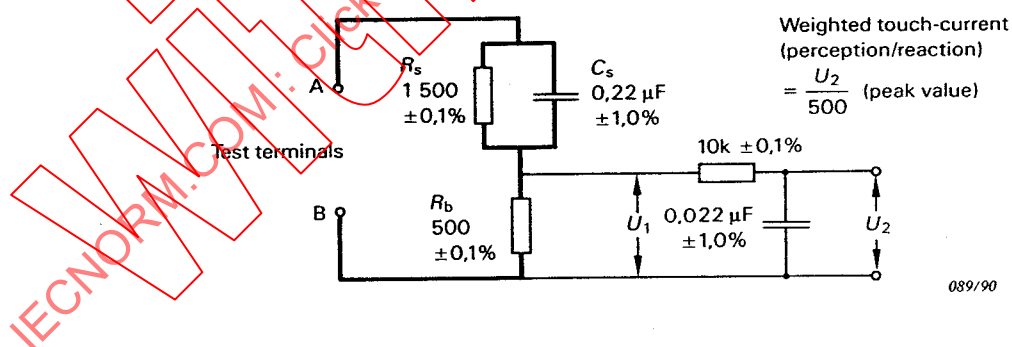
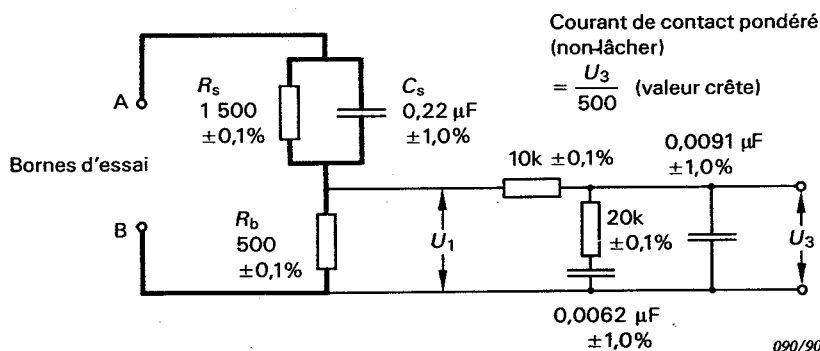


Figure 4 - Measuring network, touch-current weighted for perception/reaction



NOTE - L'utilisation de ce réseau est soumise à des conditions spéciales (voir 5.1.2).

Figure 5 - Réseau de mesure - Courant de contact pondéré pour le non-lâcher

5.1.1 Perception et réaction (courant alternatif)

Le réseau de la figure 4 doit être utilisé.

5.1.2 Non-lâcher (courant alternatif)

Le réseau de la figure 5 doit être utilisé, mais seulement si l'impossibilité de lâcher a une valeur significative, c'est-à-dire si les trois conditions suivantes sont remplies:

- le courant disponible est alternatif et la valeur limite de 50 Hz à 60 Hz est supérieure à 2,8 mA, valeur de crête en courant alternatif;
- le matériel possède une partie préhensible;
- il est considéré qu'il sera difficile de lâcher la partie préhensible en raison du courant circulant à travers la main et le bras. (Voir annexe E3 pour des informations supplémentaires.)

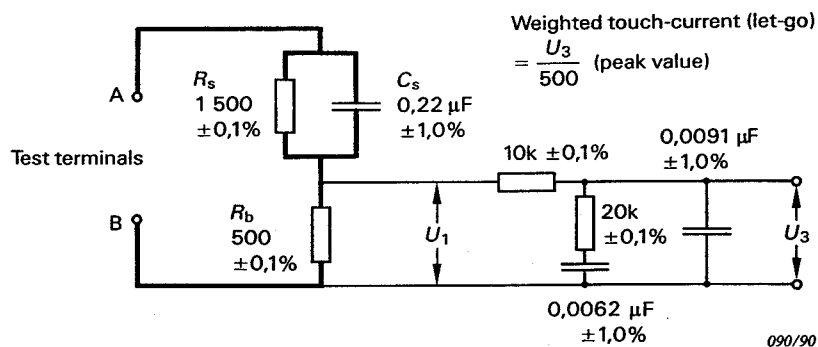
Autrement, le réseau de la figure 4 doit être utilisé.

5.1.3 Brûlures électriques (courant alternatif)

L'un quelconque des trois réseaux doit être utilisé.

5.1.4 Courant continu sans ondulation

L'un quelconque des trois réseaux doit être utilisé. Sauf spécification contraire dans la norme du matériel, le courant continu sans ondulation signifie moins de 10% d'ondulation crête/crête.



NOTE - Use of this network is subject to special conditions (see 5.1.2).

Figure 5 - Measuring network, touch-current weighted for let-go

5.1.1 Perception and reaction (a.c.)

The network of figure 4 shall be used.

5.1.2 Let-go (a.c.)

The network of figure 5 shall be used, but only if inability to let go is a significant consideration, i.e. if the following three conditions are met:

- the available current is a.c. and the limit value at 50 Hz to 60 Hz is more than 2,8 mA peak a.c.;
- the equipment has a grippable part;
- it is anticipated that it would be difficult to let go of the grippable part due to current flow through the hand and the arm (see annex E.3 for further information).

Otherwise the network of figure 4 shall be used.

5.1.3 Electric burn (a.c.)

Any one of the three networks shall be used.

5.1.4 Ripple-free d.c.

Any one of the three networks shall be used. Unless otherwise specified in the equipment standard, ripple-free d.c. means less than 10% peak-to-peak ripple.

5.2 Dispositif de mesure

Le dispositif utilisé pour mesurer U_1 , U_2 ou U_3 dans les figures 3, 4 ou 5 doit être un voltmètre qui:

- donne des valeurs continues pour les mesures en continu, des valeurs efficaces vraies pour les mesures en valeurs efficaces et des valeurs crêtes pour les mesures en valeurs crêtes;
- mesure les valeurs avec une incertitude inférieure ou égale à 2%;
- a une résistance d'entrée supérieure ou égale à 1 M Ω ;
- a une capacité d'entrée inférieure ou égale à 200 pF pour les mesures en alternatif;
- a une bande de fréquences pour les mesures en alternatif de 15 Hz à 1 MHz ou plus si des fréquences supérieures sont impliquées;
- a une entrée flottante ou différentielle avec une réjection en mode commun d'au moins 40 dB jusqu'à 1 MHz.

5.3 Electrodes d'essais

5.3.1 Sauf spécification contraire dans les normes du matériel, les électrodes d'essais doivent être:

- a) un clip d'essai, ou
- b) une feuille de métal de 10 cm x 20 cm.

5.3.2 Les électrodes d'essais doivent être connectées aux bornes A et B du réseau de mesure.

5.4 Configuration

Le matériel soumis à essai doit être complètement assemblé et prêt pour l'utilisation dans la configuration maximale, et connecté à des tensions de signal extrêmes lorsque c'est applicable, suivant les spécifications du constructeur pour un seul matériel.

Afin de maximiser les valeurs du courant pendant les mesures, la configuration doit être modifiée par connexion et déconnexion des unités qui font partie du matériel, dans le cadre de ce qui est permis par les instructions d'utilisation et d'installation fournies par le constructeur.

5.5 Connexion du système d'alimentation pendant l'essai

5.5.1 Généralités

Le matériel doit être essayé selon le 5.5.2, le 5.5.3 ou le 5.5.4 suivant ce qui est approprié.

Il convient que les comités de produits considèrent le besoin éventuel pour le constructeur d'identifier les systèmes d'alimentation (TN, TT, IT) auxquels un matériel est destiné à être relié dans son utilisation finale.

5.2 *Measuring device*

The device used for measuring U_1 , U_2 or U_3 in figures 3, 4 or 5 shall be a voltage measuring instrument which:

- reads d.c. for d.c. measurements, true r.m.s. for r.m.s. measurements and peak for peak measurements;
- measures values with an uncertainty not more than 2%;
- has an input resistance not less than 1 M Ω ;
- has an input capacitance not more than 200 pF for a.c. measurements;
- has a frequency range for a.c. measurements from 15 Hz to 1 MHz, or more if higher frequencies are involved;
- has floating or differential input with common mode rejection of at least 40 dB up to 1 MHz.

5.3 *Test electrodes*

5.3.1 Unless otherwise specified in the equipment standard, the test electrodes shall be:

- a) a test clip, or
- b) a 10 cm x 20 cm metal foil.

5.3.2 Test electrodes shall be connected to test terminals A and B of the measuring network.

5.4 *Configuration*

The equipment under test shall be fully assembled and ready for use in the maximum configuration, and connected to external signal voltages where applicable, as specified by the manufacturer for a single equipment.

In order to maximize the current values during measurements, the configuration shall be varied by connection and disconnection of units that are part of the equipment, as permitted by the manufacturer's operating and installation instructions.

5.5 *Power distribution system connections during test*

5.5.1 *General*

Equipment shall be tested according to either 5.5.2, 5.5.3 or 5.5.4, as appropriate.

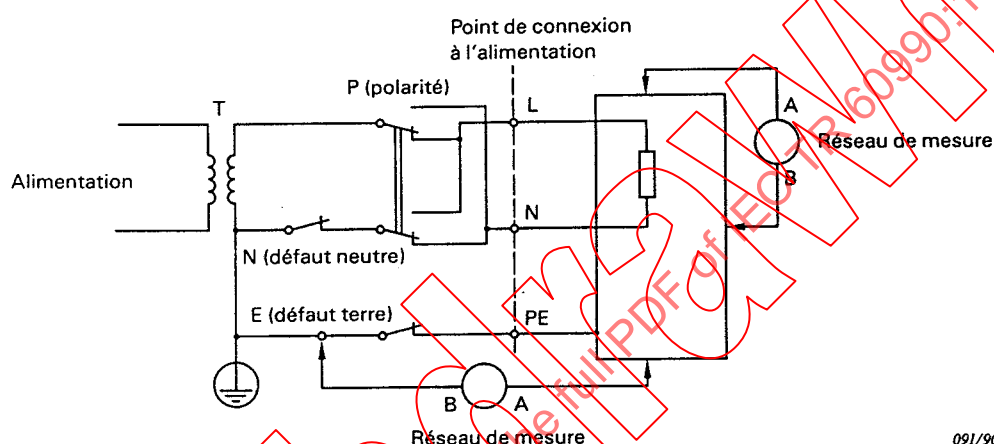
Equipment committees should consider the possible need for the manufacturer to identify the power distribution system (TN, TT, IT) to which an equipment is intended to be connected in its final application.

Si le constructeur spécifie que le matériel soumis à l'essai ne peut être utilisé que sur certains systèmes d'alimentation, le matériel ne doit être essayé que lorsqu'il est relié à ces systèmes.

Un matériel devant être connecté uniquement à un système d'alimentation TN ou TT doit satisfaire au 5.5.2. Un matériel devant être connecté à un système d'alimentation IT doit satisfaire au 5.5.3 et peut aussi être connecté à des systèmes d'alimentation TT ou TN.

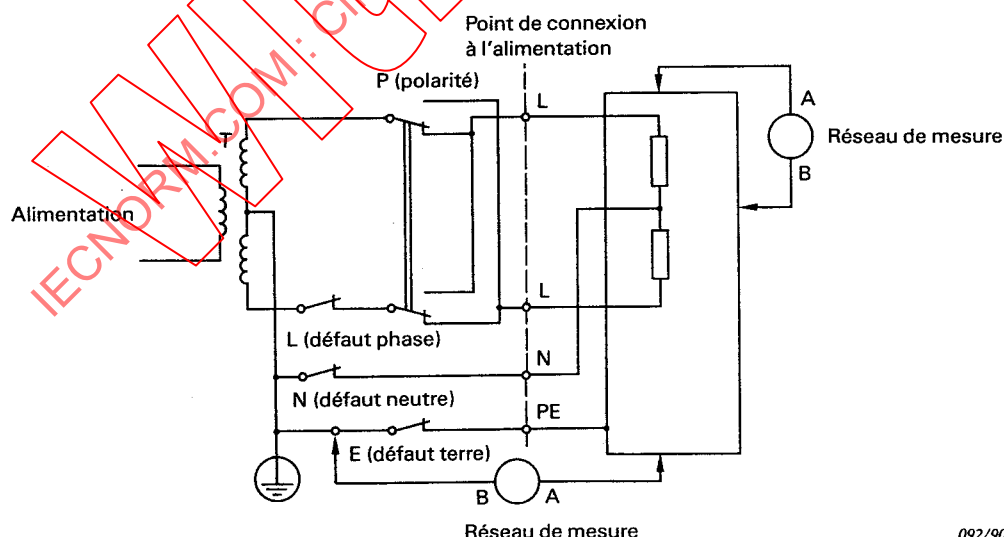
Le transformateur d'alimentation T des figures 6 à 14 peut être soit le transformateur de l'installation du bâtiment soit un transformateur d'iso-lation local comme prescrit au 4.2.

Pour les matériels de la classe II, il n'est pas tenu compte des conducteurs de protection des figures 6 à 14.



091/90

Figure 6 - Configuration d'essai - Matériel monophasé sur des systèmes étoile TN ou TT



092/90

NOTE - L'enroulement à prise médiane peut être une branche d'une alimentation triangle.

Figure 7 - Configuration d'essai - Matériel monophasé sur un système TN ou TT avec point milieu à la terre

Equipment to be connected only to TN or TT systems shall comply with 5.5.2. Equipment to be connected to IT systems shall comply with 5.5.3 and may also be connected to TN or TT systems.

For Class II equipment the protective conductors in figures 6 to 14 are ignored.



Figure 6 - Test configuration: Single-phase equipment on star TN or TT system



NOTE - The centre-tapped winding may be one leg of a delta supply.

Figure 7 - Test configuration: Single-phase equipment on centre-earthed TN or TT system

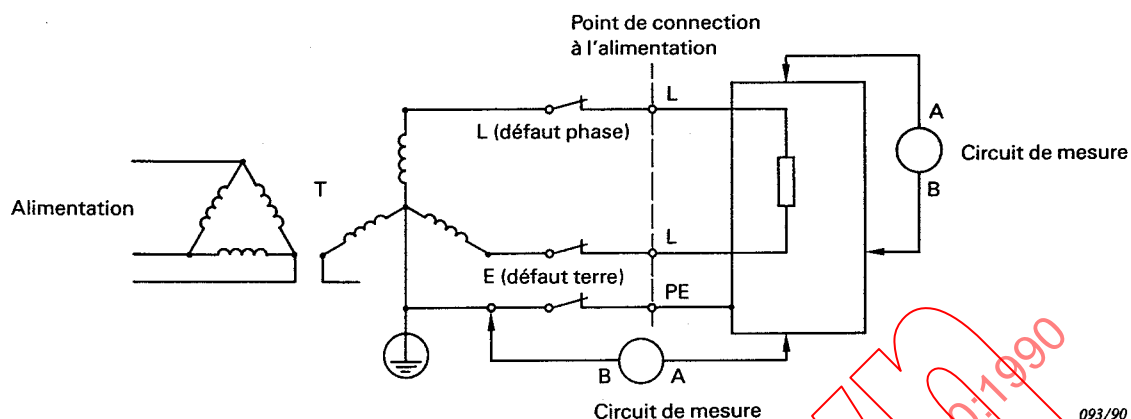
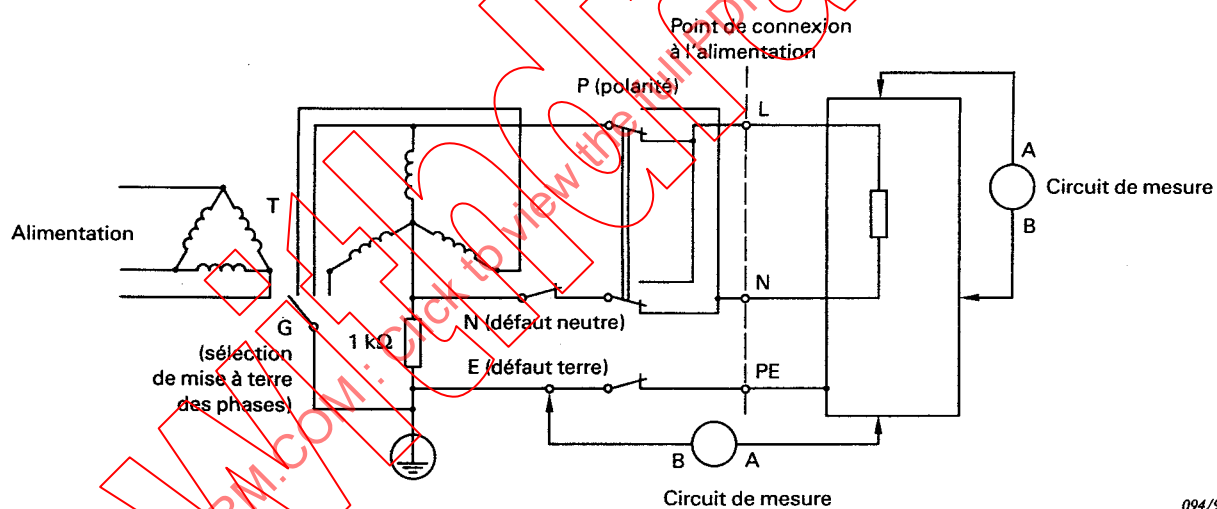


Figure 8 - Configuration d'essai - Matériel monophasé connecté entre phases dans un système étoile TN ou TT



NOTE - Il convient que la résistance de 1 kΩ soit adaptée pour les défauts du système d'alimentation.

Figure 9 - Configuration d'essai - Matériel monophasé sur un système étoile IT

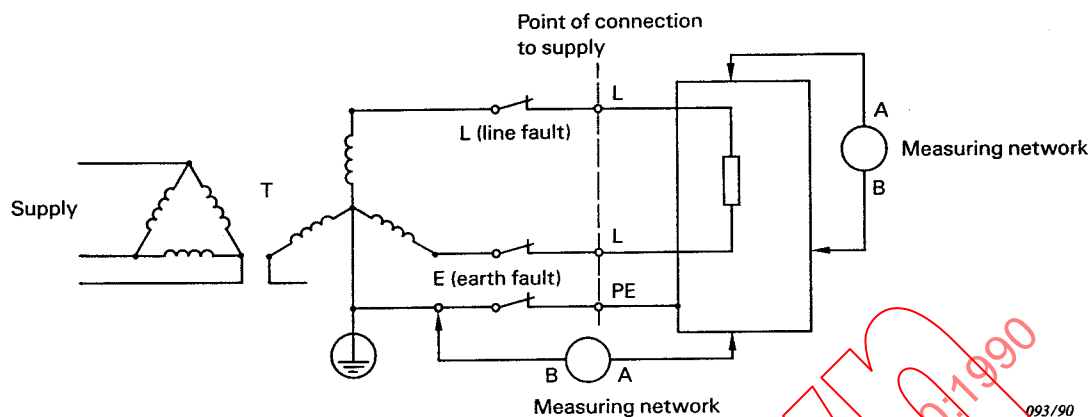
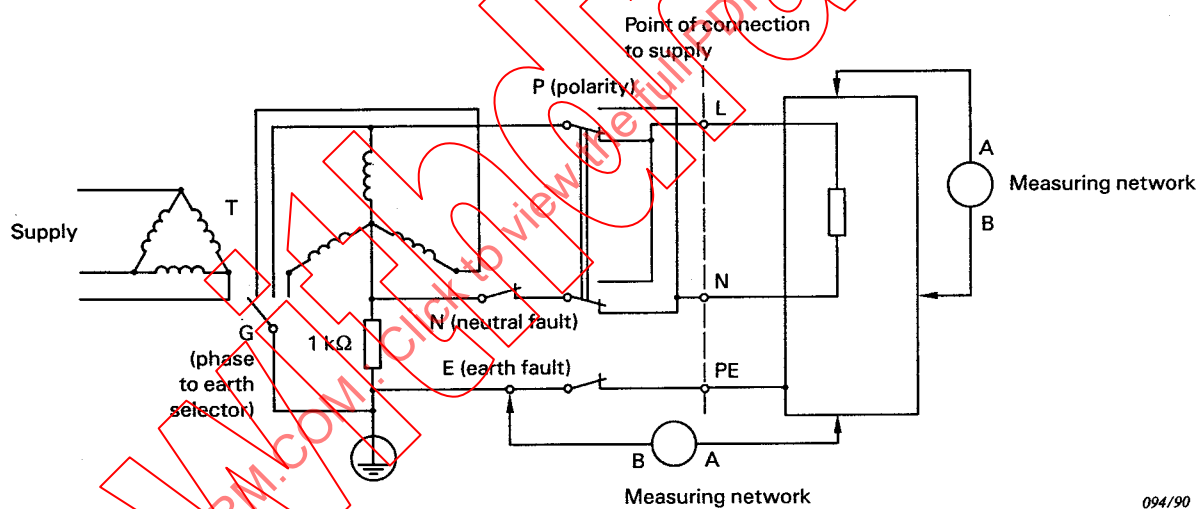
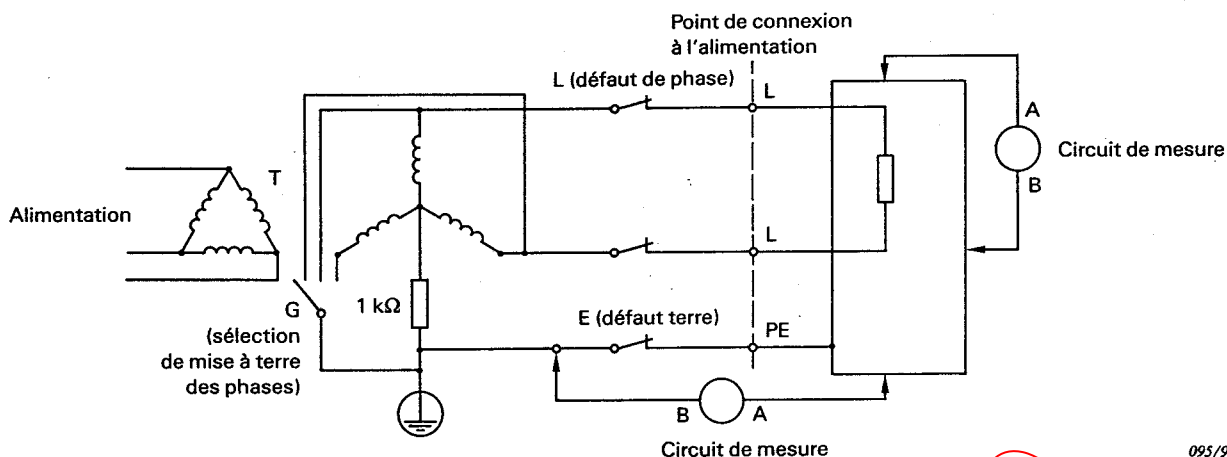


Figure 8 - Test configuration: Single-phase equipment connected line-to-line on star TN or TT system



NOTE - The 1 k Ω resistor should be rated for supply system faults.

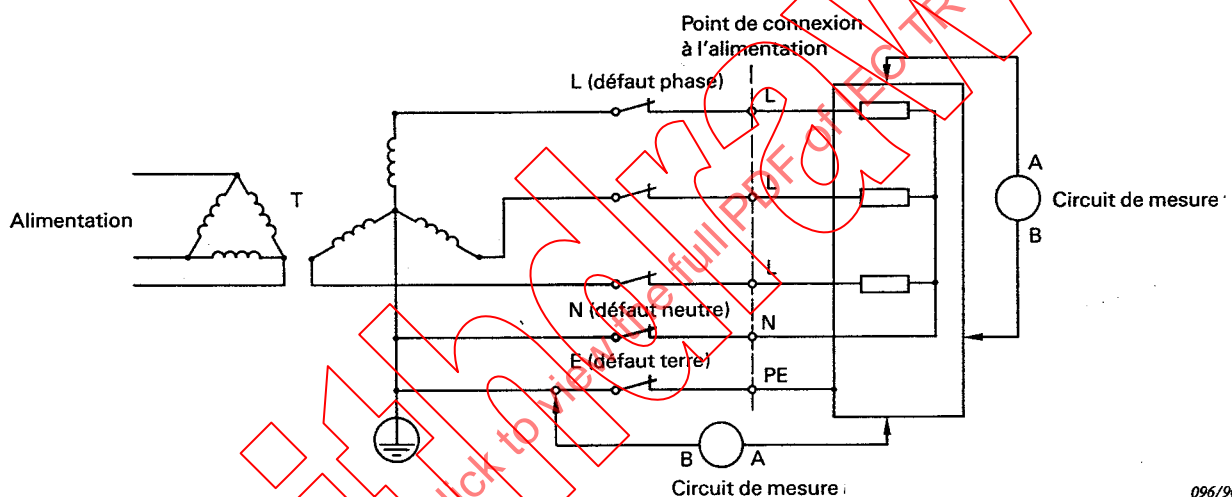
Figure 9 - Test configuration: Single-phase equipment on star IT system



095/90

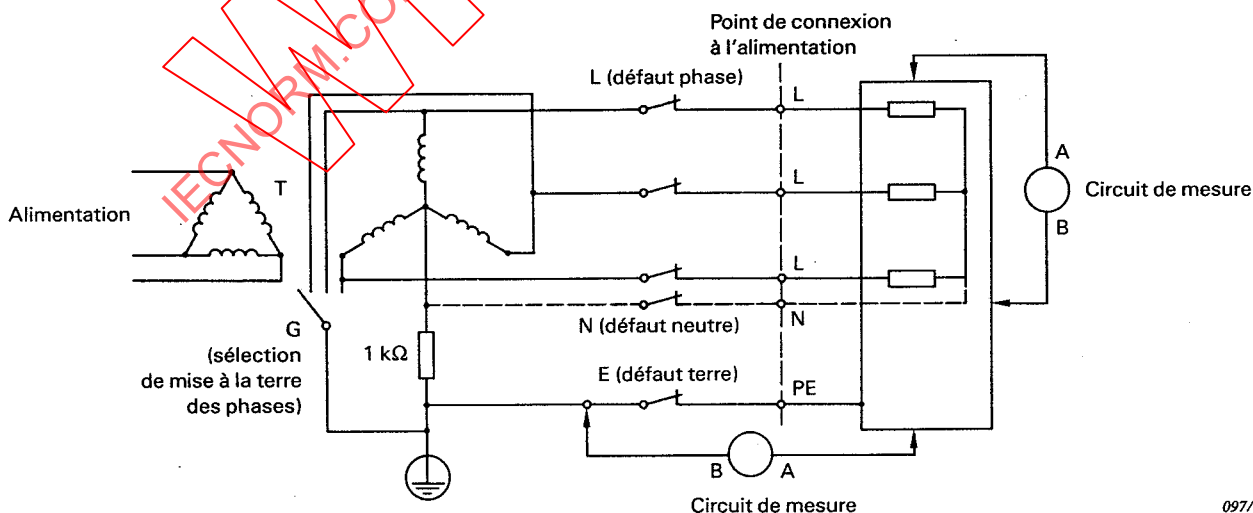
NOTE - Il convient que la résistance de 1 kΩ soit adaptée pour les défauts du système d'alimentation.

Figure 10 - Configuration d'essai - Matériel monophasé connecté entre phases dans un système étoile IT



096/90

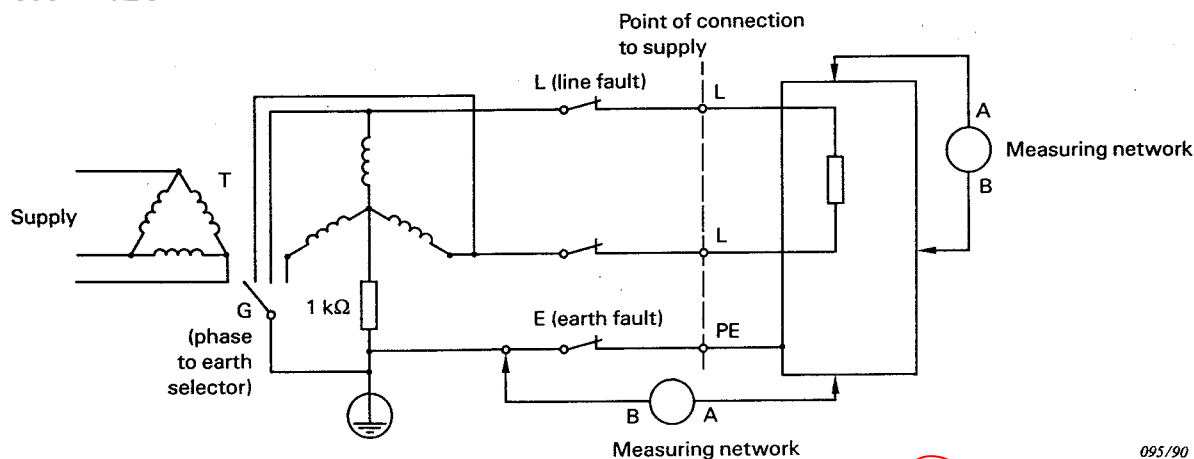
Figure 11 - Configuration d'essai - Matériel triphasé sur un système étoile TN ou TT



097/90

NOTE - Il convient que la résistance de 1 kΩ soit adaptée pour les défauts du système d'alimentation.

Figure 12 - Configuration d'essai - Matériel triphasé sur un système étoile IT



NOTE - The 1 kΩ resistor should be rated for supply system faults.

Figure 10 - Test configuration: Single-phase equipment connected line-to-line on star IT system

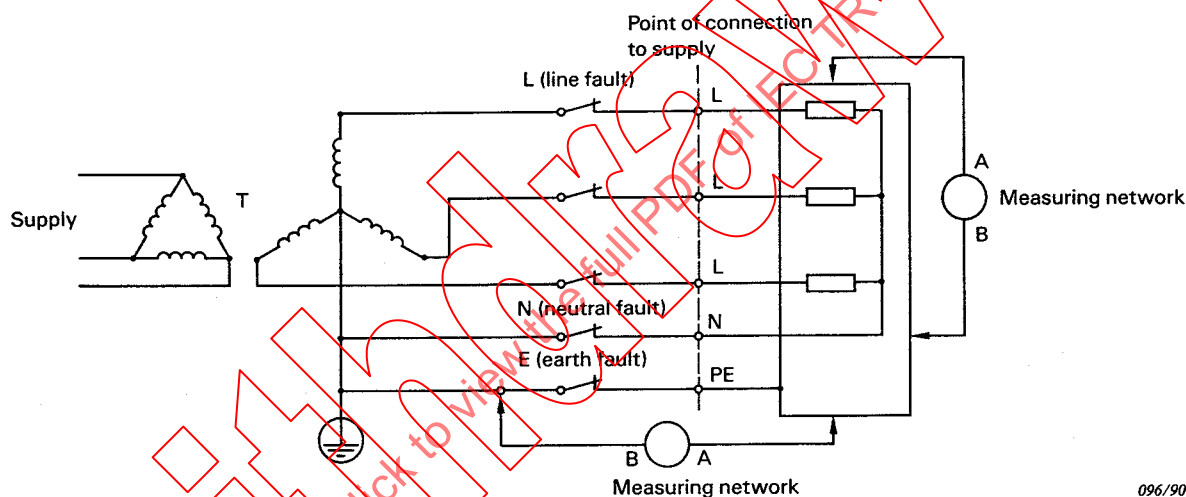
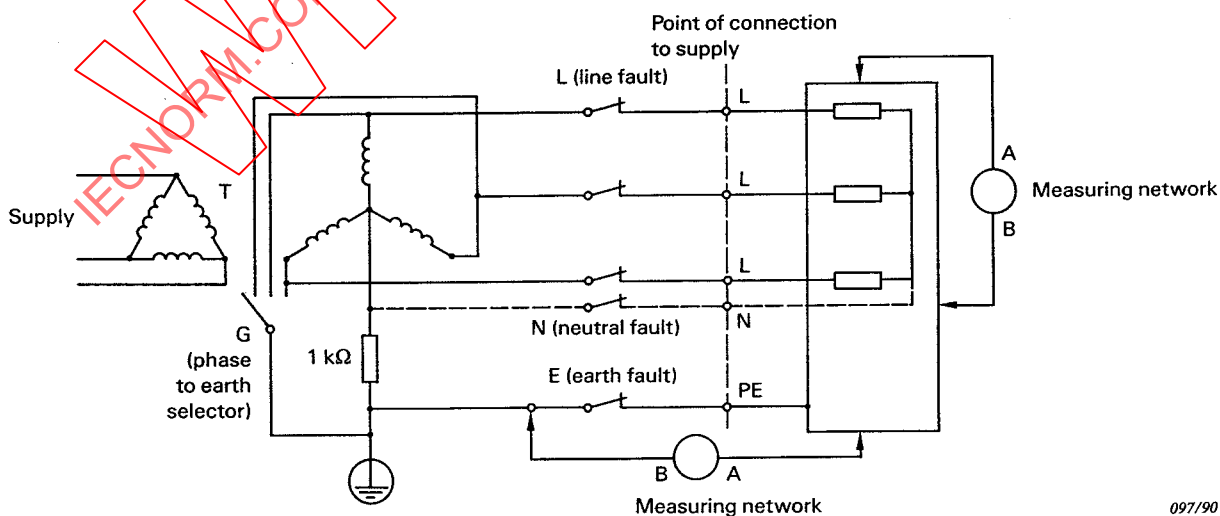


Figure 11 - Test configuration: Three-phase equipment on star TN or TT system



NOTE - The 1 kΩ resistor should be rated for supply system faults.

Figure 12 - Test configuration: Three-phase equipment on star IT system

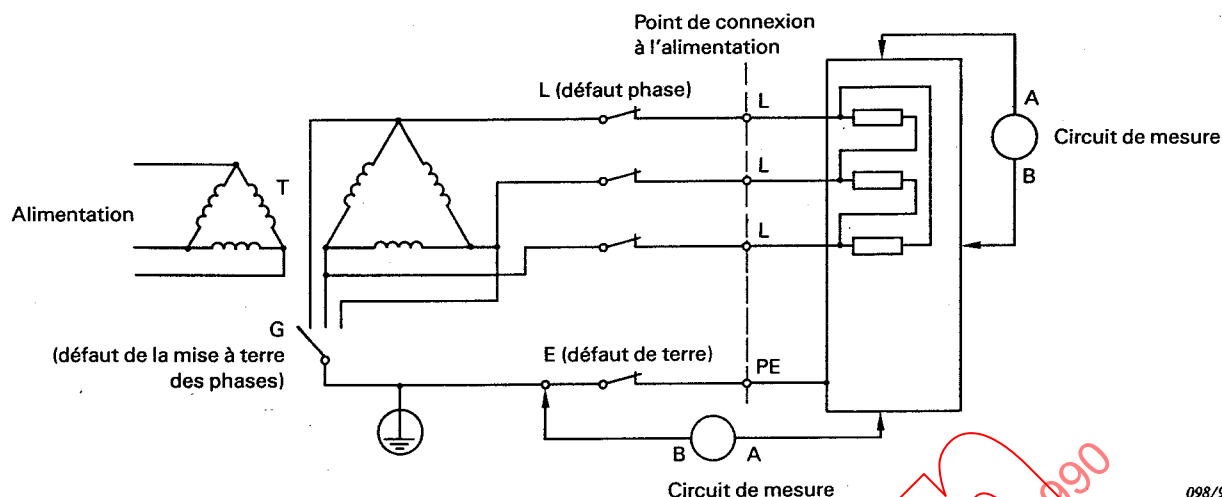
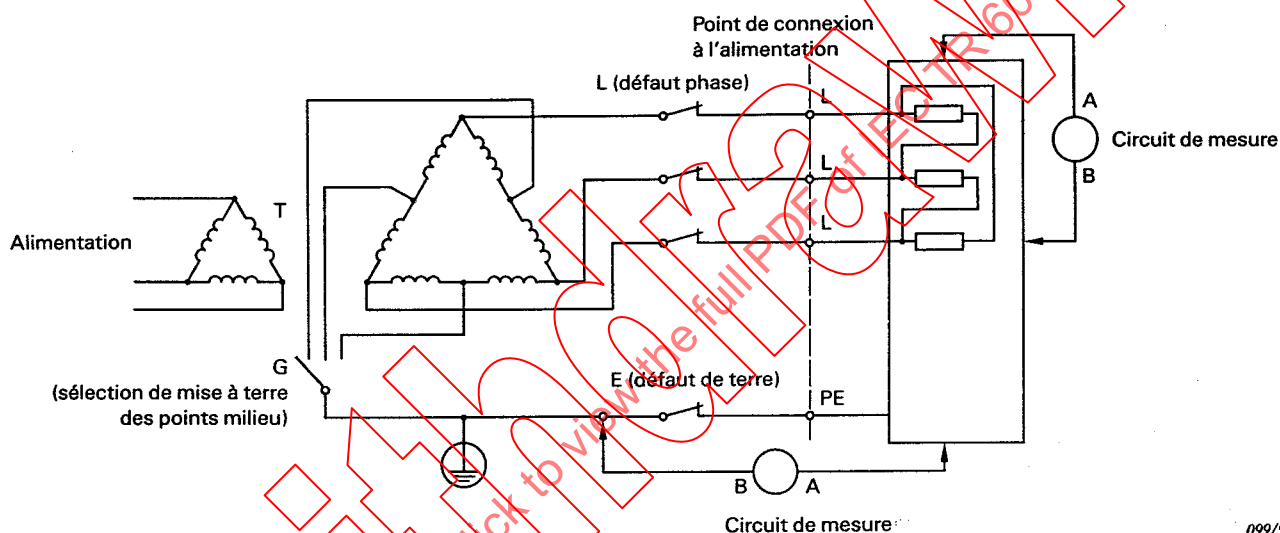


Figure 13 - Configuration d'essai - Système triangle non mis à la terre

098/90



099/90

NOTE - Lorsqu'un matériel contient à la fois une charge triphasée et une charge monophasée dont le milieu est relié à la terre, et lorsque le côté mis à la terre est identifié, le commutateur G doit rester dans la position identifiée comme correspondant au côté relié à la terre.

Figure 14 - Configuration d'essai - Matériel triphasé sur un système triangle avec point milieu mis à la terre

5.5.2 Matériel pour utilisation uniquement sur des systèmes d'alimentation étoile TN ou TT

Un matériel triphasé doit être connecté à un réseau triphasé étoile avec le neutre à la terre. Un matériel monophasé doit être connecté entre phase et neutre d'un système d'alimentation ayant le neutre à la terre ou, s'il est spécifié par le constructeur comme pouvant être utilisé de cette manière, entre deux phases d'un système d'alimentation étoile triphasé dont le centre est relié à la terre (voir figures 6, 8 et 11).

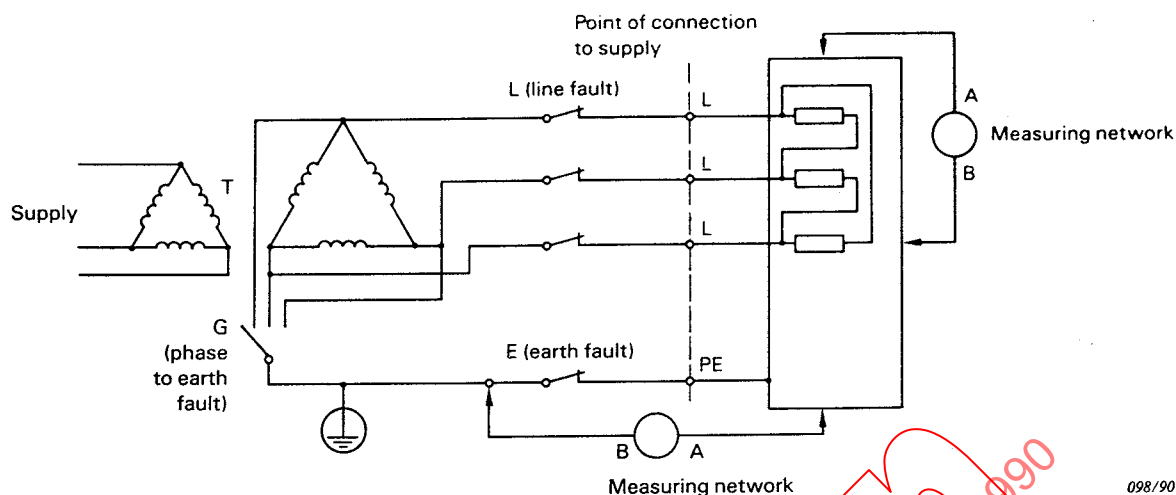
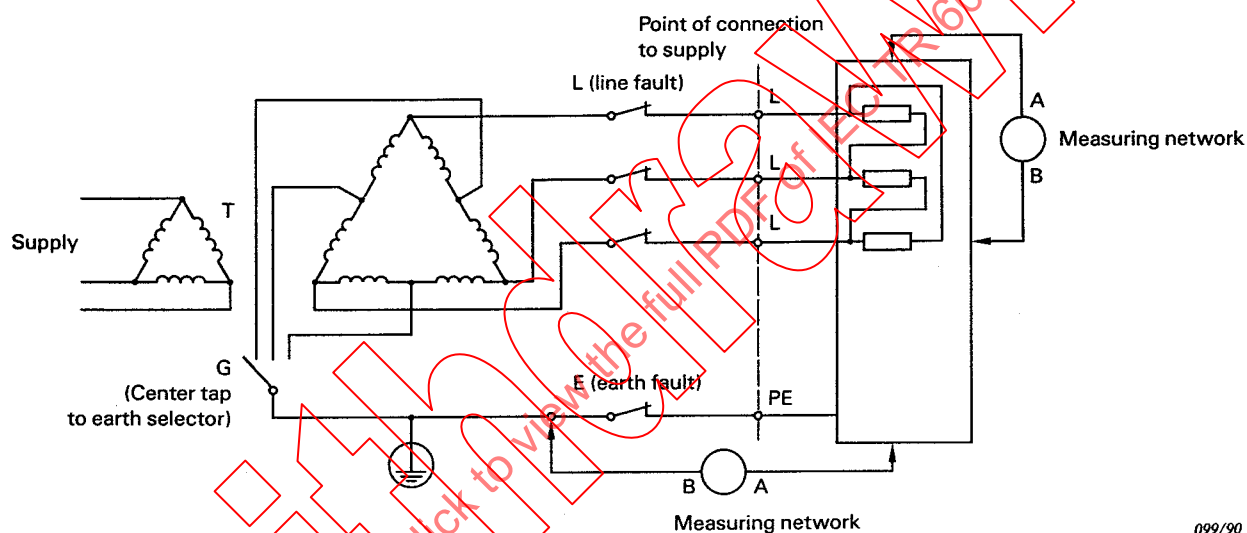


Figure 13 - Test configuration: Unearthed delta system



NOTE - Where an equipment contains both a three-phase and centre-earthed single-phase loads, and the earthed side is identified, switch G shall remain in the position identified as the earthed side.

Figure 14 - Test configuration: Three-phase equipment on centre-earthed delta system

5.5.2 Equipment for use only on TN or TT star power distribution systems

Three-phase equipment shall be connected to a three-phase star power distribution system, with earthed neutral. Single-phase equipment shall be connected between phase and neutral of an earthed neutral power distribution system or, where specified by the manufacturer to operate in such a manner, line-to-line on a centre-earthed three-phase star power distribution system (see figures 6, 8 and 11).

5.5.3 *Matériel pour utilisation sur des systèmes d'alimentation IT, y compris les systèmes triangle non reliés à la terre*

Un matériel triphasé doit être connecté à un système d'alimentation triphasé approprié IT. Un matériel monophasé doit être connecté entre phase et neutre s'il est spécifié par le constructeur comme pouvant être utilisé de cette manière, entre deux phases (voir figures 9, 10, 12 et 13).

5.5.4 *Matériel pour utilisation sur des systèmes d'alimentation monophasés dont le point milieu est à la terre ou sur des systèmes d'alimentation triangle dont le point milieu est à la terre*

Un matériel monophasé doit être connecté à une alimentation ayant sa prise médiane reliée à la terre (voir figures 7 et 14).

Un matériel triphasé doit être connecté à une alimentation triangle appropriée (voir figure 14).

5.6 *Tension et fréquence d'alimentation*

5.6.1 *Tension d'alimentation*

La tension d'alimentation doit être mesurée aux bornes d'alimentation du matériel.

Un matériel ayant une seule tension assignée doit être essayé à sa tension assignée, majorée d'une tolérance de travail appropriée pour tenir compte des variations de l'alimentation.

Un matériel ayant une plage nominale de tensions doit être essayé à la tension la plus élevée de cette plage, majorée d'une tolérance de travail appropriée pour tenir compte des variations de l'alimentation. La tolérance de travail est déterminée par le comité de produits ou par le constructeur si nécessaire (par exemple: 0%, +6% ou +10%).

Un matériel ayant différentes tensions nominales ou différentes plages nominales de tensions, par utilisation d'un sélecteur de tension, doit être réglé pour la tension ou la plage de tensions la plus élevée, puis traité comme ci-dessus. Lorsque le changement de tension implique des commutations plus complexes qu'un réaménagement des enroulements d'un transformateur, des essais complémentaires peuvent être nécessaires pour déterminer le cas le plus défavorable.

5.6.2 *Fréquence d'alimentation*

La fréquence d'alimentation doit être la fréquence nominale maximale assignée ou, en variante, les mesures peuvent être corrigées par calcul pour l'estimation du courant dans le cas le plus défavorable.

5.5.3 *Equipment for use on IT power distribution systems including unearthed delta systems*

Three-phase equipment shall be connected to an appropriate three-phase IT power supply system. Single-phase equipment shall be connected between phase and neutral or, where specified by the manufacturer to operate in such a manner, line-to-line (see figures 9, 10, 12 and 13).

5.5.4 *Equipment for use on single-phase centre-earthed power supply systems or on centre-earthed delta power supply systems*

Single-phase equipment shall be connected to a supply having its centre-tap earthed (see figures 7 and 14).

Three-phase equipment shall be connected to the appropriate delta supply (see figure 14).

5.6 *Supply voltage and frequency*

5.6.1 *Supply voltage*

Supply voltage shall be measured at the equipment supply terminals.

Equipment rated for a single voltage shall be tested at its rated voltage plus an appropriate working tolerance to allow for supply variations.

Equipment rated for a nominal voltage range shall be tested at the highest voltage in that range, plus an appropriate working tolerance to allow for supply variations. The working tolerance is determined by the equipment committee or by the manufacturer if necessary (e.g. 0%, +6% or +10%).

Equipment rated for different nominal voltages or voltage ranges, by use of a voltage selector, shall be set for the highest nominal voltage or voltage range and then treated as above. Where voltage selection involves more complex switching than a rearrangement of transformer windings, additional tests may be necessary to determine the worst case.

5.6.2 *Supply frequency*

Supply frequency shall be the maximum rated nominal frequency, or alternatively, measurements may be corrected by calculation for estimation of the worst case current.

6 Procédure d'essais

6.1 Généralités

Les comités de produits peuvent souhaiter exclure les mesures du courant de contact sur certaines parties accessibles, en se basant sur le principe de la limitation de la tension (voir la CEI 364-4-41). Dans ce cas, les mesures doivent être effectuées pour les tensions accessibles et ensuite, si nécessaire, pour des courants de contact pondérés ou non selon le présent article.

Si des fréquences supérieures à 30 kHz sont mises en jeu, la mesure du courant de contact doit inclure la mesure concernant les brûlures électriques en plus de la mesure concernant la perception/réaction ou le lâcher.

6.1.1 Dispositif de commande, matériel et conditions d'alimentation

Pendant les mesures du courant de contact, l'environnement d'essai, la configuration, la mise à la terre et le système d'alimentation doivent être conformes aux 5.4, 5.5 et 5.6. Les dispositifs de commande E, L, N et P des figures 6 à 14 doivent être actionnés comme décrit en 6.2, pendant qu'on fait varier indépendamment les conditions figurant en 6.1.2 et 6.2.1 de manière à rechercher la ou les valeurs maximales mesurées. Toutes ces conditions et tous ces points d'application des réseaux de mesure ne s'appliquent pas à tous les matériels et les comités de produits doivent faire une sélection appropriée de ces variables.

6.1.2 Utilisation des réseaux de mesure

Les électrodes de mesure et le réseau de mesure appropriés (voir 5.3 et 5.1) et le dispositif de mesure (voir 5.2) doivent être utilisés conformément aux schémas appropriés des figures 6 à 14 (voir 5.5) pour effectuer les mesures du courant de contact entre des parties simultanément accessibles, et entre des parties accessibles et la terre.

L'électrode A doit être appliquée successivement à toutes les parties accessibles.

Pour chaque application de l'électrode A, l'électrode B doit être appliquée à la terre et ensuite appliquée successivement à toutes les parties accessibles.

6.2 Fonctionnement normal et conditions de défaut du matériel

6.2.1 Fonctionnement normal du matériel

Exemples de fonctionnement normal: mise sous tension, mise hors tension, régime d'attente, démarrage, chauffage, tout réglage d'un dispositif utilisable par l'opérateur à l'exception du dispositif de réglage de la tension d'alimentation.

Un matériel monophasé doit être essayé en polarité normale et inverse (commutateur P) avec la terre et le neutre intacts.

6 Test procedure

6.1 General

Equipment committees may wish to exclude measurement of touch-current at some accessible parts, based upon the principle of limitation of voltage (see IEC 364-4-41). If so, measurements shall be made for accessible voltage and then, if required, for weighted or unweighted touch-current according to this clause.

Where frequencies above 30 kHz are involved, measurement of touch-current shall include measurement with regard to electric burn effects in addition to measurement of either perception/reaction or ability to let go.

6.1.1 Control switches, equipment and supply conditions

During touch-current measurements, the test environment, configuration, earthing and supply system shall be according to 5.4, 5.5 and 5.6. Control switches E, L, N and P in figures 6 to 14 shall be manipulated as described in 6.2, while the conditions listed in 6.1.2 and 6.2.1 are independently varied so as to give the maximum measured value or values. Not all these conditions and points of application of the measuring network apply to all equipment, and equipment committees shall make an appropriate selection of these variables.

6.1.2 Use of measuring networks

The appropriate measuring electrodes and measuring network (see 5.3 and 5.1) and the measuring device (see 5.2) shall be used in accordance with the appropriate figures 6 to 14 (see 5.5) to make measurements of touch-current between simultaneously accessible parts, and between accessible parts and earth.

Terminal A electrode shall be applied to each accessible part in turn.

For each application of the terminal A electrode, the terminal B electrode shall be applied to earth, then applied to each of the other accessible parts in turn.

6.2 Normal and fault conditions of equipment

6.2.1 Normal operation of equipment

Examples of normal operation include: mains switch on, mains switch off, standby, start-up, heating and any setting of operator controls except supply-voltage-setting controls.

Single-phase equipment shall be tested in normal and reverse polarity (Switch P) with earth and neutral intact.

6.2.2 Conditions de défaut du matériel et de l'alimentation

Les mesures doivent être faites avec chacune des conditions de défaut applicables, spécifiées de 6.2.2.1 à 6.2.2.8 inclus. Les défauts doivent être appliqués l'un après l'autre mais doivent inclure tout défaut qui est le résultat logique d'un premier défaut. Avant l'application de tout défaut, le matériel doit être remis dans ses conditions initiales (c'est-à-dire sans défauts ou dommages conséquents).

Si un filtre secteur équilibré est utilisé dans un matériel triphasé, le courant à la terre résultant est théoriquement égal à zéro. Toutefois il est normal qu'un composant et une tension déséquilibrés produisent une valeur finie du courant, dont la valeur maximale peut ne pas être mesurée lors d'un essai de type. Des courants déséquilibrés plus importants résulteront d'une défaillance d'un condensateur dans une phase. Il convient que les comités de produits envisagent l'introduction d'un essai pour de tels matériels, prévoyant la simulation d'un défaut délibéré du filtre (un condensateur débranché) ainsi qu'un défaut de la connexion de la terre de protection (6.2.2.1).

6.2.2.1 Un matériel monophasé non relié de façon sûre à la terre doit être essayé avec l'ouverture de la connexion de la terre de protection (commutateur E) en combinaison avec la polarité normale et inverse (commutateur P).

Un matériel triphasé, non relié à la terre de façon sûre, doit être essayé avec l'ouverture de la mise à la terre de protection (commutateur E).

A moins d'une décision contraire par le comité de produits, les prescriptions du 6.2.2.1 ne s'appliquent pas aux matériels reliés de façon sûre à la terre (voir par exemple la CEI 364-7-707) qui sont connectés à l'alimentation soit de façon permanente soit par l'intermédiaire de prises et de socles industriels (par exemple, prises et socles spécifiés dans la CEI 309 ou similaires).

NOTE - En Norvège, les matériels reliés à la terre qui sont connectés à l'alimentation par l'intermédiaire de socles et prises de courant industriels ne sont pas considérés comme reliés à la terre de façon sûre.

6.2.2.2 Un matériel monophasé doit être essayé avec le neutre interrompu (commutateur N), avec la terre intacte et en polarité normale, et ensuite en polarité inverse (commutateur P).

6.2.2.3 Un matériel destiné à être utilisé sur les systèmes IT doit être essayé en mettant, à tour de rôle, chaque conducteur de phase à la terre (commutateur G).

6.2.2.4 Un matériel triphasé doit être essayé en ouvrant, à tour de rôle, chaque conducteur de phase (commutateurs L).

6.2.2.5 Un matériel monophasé, destiné à être utilisé sur des systèmes d'alimentation n'ayant pas le neutre directement relié à la terre ou à des systèmes triphasés triangle, doit être essayé avec un système d'alimentation triphasé, avec chaque phase mise à la terre à tour de rôle (commutateur G), en combinaison avec la polarité normale et inverse (commutateur P) et séparément avec l'ouverture de chaque conducteur de phase à tour de rôle (commutateurs L), et en combinaison avec la polarité normale et inverse (commutateur P).

6.2.2 Equipment and supply fault conditions

Measurements shall be made with each of the applicable fault conditions specified in 6.2.2.1 to 6.2.2.8. The faults shall be applied one at a time, but shall include any faults which are a logical result of the first fault. Before applying any fault, the equipment shall be restored to its original condition (i.e. without faults or consequential damage).

Where a balanced line filter is used on three-phase equipment, the net current to earth is theoretically zero. However it is normal for component and voltage unbalance to produce a finite value of net current, the maximum value of which may not be measured during type testing. Larger unbalanced currents will result from a failed capacitor in one phase. Equipment committees should consider including a test for such equipment, involving the substitution of a deliberately faulted filter (one capacitor removed) together with a loss of protective earth connection (6.2.2.1).

6.2.2.1 Single-phase equipment not reliably earthed shall be tested with loss of protective earth connection (Switch E) in combination with normal and reverse polarity (Switch P).

Three-phase equipment not reliably earthed shall be tested with loss of protective earth connection (Switch E).

Unless decided otherwise by the equipment committee, the requirements of 6.2.2.1 do not apply to reliably earthed equipment (e.g. see IEC 364-7-707) which is connected to the supply either permanently or by means of plugs and sockets which are of industrial grade (e.g. plugs and sockets specified in IEC 309 or similar).

NOTE - In Norway, earthed equipment which is connected to the supply by means of plugs and socket-outlets of industrial grade is not considered as being reliably earthed.

6.2.2.2 Single phase equipment shall be tested with neutral open (Switch N), with earth intact and in normal polarity, and again in reverse polarity (Switch P).

6.2.2.3 Equipment for use on IT systems shall be tested with each phase conductor faulted to earth, one at a time (Switch G).

6.2.2.4 Three-phase equipment shall be tested with each phase conductor open, one at a time (Switches L).

6.2.2.5 Single-phase equipment for use on power systems not having directly earthed neutral or on three-phase-delta systems shall be tested with a three-phase power system, with each phase faulted to earth, one at a time (Switch G), in combination with normal and reverse polarity (Switch P) and separately with each phase conductor open one at a time (Switches L) and in combination with normal and reverse polarity (Switch P).

6.2.2.6 Un matériel triphasé destiné à être utilisé sur des systèmes d'alimentation triangle dont le milieu est relié à la terre doit être essayé avec un système d'alimentation triangle avec chaque milieu de branche relié à la terre, à tour de rôle (commutateur G).

Un matériel comprenant à la fois des circuits triphasés et des circuits dont le milieu est relié à la terre, qui ne peuvent être installés indépendamment et qui possèdent une branche mise à la terre identifiée, sont essayés avec le commutateur G réglé uniquement sur la position correspondant à la branche mise à la terre.

6.2.2.7 D'autres défauts, comme spécifié par le comité de produits, doivent être simulés s'ils sont susceptibles d'augmenter le courant de contact.

6.2.2.8 Les parties conductrices accessibles qui ne sont que fortuitement reliées électriquement à d'autres parties doivent être essayées d'une part lorsqu'elles sont reliées électriquement à ces autres parties et, d'autre part, lorsqu'elles ne sont pas reliées électriquement à ces autres parties. Toutefois, lorsque le courant de contact est prédominant à la fréquence de l'alimentation, des parties accessibles mises sous tension fortuitement ne sont essayées que lorsqu'elles sont reliées électriquement aux autres parties. Voir l'annexe C pour ce qui concerne les "parties fortuitement reliées".

7 Evaluation des résultats

7.1 Perception, réaction et non-lâcher

Les tensions U_2 et U_3 des figures 4 et 5 sont des valeurs de U_1 pondérées en fréquence de telle manière qu'une indication unique équivalente en basse fréquence soit le résultat du courant de contact pour toutes les fréquences supérieures à 15 Hz. Ces valeurs pondérées du courant de contact sont prises comme les plus fortes valeurs crête de U_2 et U_3 mesurées pendant la procédure de l'article 6, divisées par 500 Ω . Les valeurs maximales sont comparées aux limites pour la perception ou la réaction et le non-lâcher spécifiées pour le matériel (par exemple, valeur limite à 50 Hz ou 60 Hz).

Les mesures pour les limites en continu sont faites de la même manière, mais en prenant U_1 divisé par 500 Ω . Voir aussi l'annexe G.

7.2 Effets des brûlures électriques

Si les effets de brûlures électriques sont à prendre en compte, la valeur efficace, non pondérée, du courant de contact est utilisée. Ceci peut se présenter en courant continu ou lorsque la fréquence prédominante du courant de contact est supérieure à 30 kHz. A des fréquences plus basses, la perception, la réaction et le non-lâcher seront les considérations prédominantes.

Le courant de contact non pondéré est calculé à partir de la tension efficace U_1 mesurée aux bornes de la résistance de 500 Ω de l'un des réseaux de mesure des figures 3, 4 et 5. Voir également l'annexe G.

6.2.2.6 Three-phase equipment for use on centre-earthed delta supply systems shall be tested on a delta supply system with each delta-leg centre-earthed, one at a time (Switch G).

Equipment containing both three-phase and centre-earthed circuits which cannot be installed independently and which have an identified earthed leg shall be tested with Switch G on the identified earth-leg position only.

6.2.2.7 Other faults as specified by the equipment committee shall be simulated if they are likely to increase touch-current.

6.2.2.8 Accessible conductive parts which are only incidentally electrically connected to other parts shall be tested both when connected electrically to the other part(s) and when disconnected electrically from the other part(s). However, where touch-current is predominantly at power frequency, accessible incidentally connected parts are tested only when electrically connected to the other part(s). See annex C regarding "incidentally connected parts".

7 Evaluation of results

7.1 Perception, reaction and let-go

Voltages U_2 and U_3 of figures 4 and 5 are frequency-weighted values of U_1 , such that a single, low-frequency equivalent indication of touch-current results for all frequencies present above 15 Hz. These weighted values of touch-current are taken as the highest peak values of U_2 and U_3 measured during the procedure of clause 6, divided by 500 Ω . Maximum values are compared with the limits for perception or reaction and let-go specified for the equipment (e.g. a 50 Hz or 60 Hz limit value).

Measurements for d.c. limits are made in a like manner, but taken as U_1 divided by 500 Ω . See also annex G.

7.2 Electric burn

Where there is concern for electric burn effects, the unweighted r.m.s. value of touch-current is used. Such concern may arise with d.c. or when the predominant frequency of the touch-current is over 30 kHz. At lower frequencies, perception, reaction and let-go will be the dominant considerations.

Unweighted touch-current is calculated from the r.m.s. voltage U_1 , measured across the 500 Ω resistor of one of the measuring networks of figures 3, 4 and 5. See also annex G.

L'effet du courant de contact est aussi fonction de la surface de contact avec le corps humain et de la durée de contact. Le rapport entre ces paramètres et la fixation des limites de sécurité feront l'objet de travaux futurs (voir aussi l'annexe D.3).

NOTE - Les brûlures électriques proviennent de la puissance dissipée par le courant circulant à travers la résistance de la peau et du corps humain. D'autres formes de brûlures peuvent provenir d'un matériel électrique, par exemple à cause d'un arc ou des dérivés d'un arc.

8 Mesure du courant du conducteur de protection

8.1 Généralités

Les prescriptions et les valeurs du courant dans les conducteurs de protection n'ont pas de relation avec le courant de contact; c'est pourquoi leurs limites et méthodes de mesure sont traitées séparément.

8.2 Matériels multiples

Dans le cadre de matériels individuels mis à la terre de façon répartie les courants dans les conducteurs de protection se combinent de façon non arithmétique. C'est pourquoi le courant du conducteur de protection d'une installation ne peut être convenablement estimé à partir de la connaissance des courants dans les conducteurs de protection individuels des matériels. En conséquence, l'essai de type sur un appareil individuel est de peu d'intérêt pour la plupart des problèmes d'installation et la mesure du courant du conducteur de protection de l'installation doit être effectuée pendant les essais initiaux de l'installation complète.

8.3 Méthode de mesure

Le courant du conducteur de protection doit être mesuré après l'installation de tous les matériels, par insertion d'un ampèremètre d'impédance négligeable (par exemple $0,5 \Omega$) en série avec le conducteur de protection de l'installation. La mesure du courant du conducteur de protection est faite avec le matériel et le système d'alimentation travaillant dans tous les modes opératoires normaux.

Une procédure similaire peut être utilisée si la mesure du courant dans le conducteur de protection d'un seul matériel monophasé est souhaitée.

The effect from touch-current is also related to the area of contact with the human body and the duration of contact. The relationship between these parameters and the establishment of safe limits are for further study. See also annex D.3.

NOTE - Electric burns result from the power dissipated as current flows through the resistance of the human skin and body. Other forms of burn may result from electrical equipment, for example due to arcing or the by-products of arcing.

8 Measurement of protective conductor current

8.1 General

Current requirements and values for protective conductors are not related to touch-current concerns and therefore such limits and methods of measurement are dealt with separately.

8.2 Multiple equipments

Within any shared earthing system, the protective conductor currents of individual equipments combine in a non-arithmetic manner. Therefore the protective conductor current of an installation cannot be reliably predicted from knowledge of individual equipment protective conductor currents. Consequently, type testing of individual equipments is of little value for most installation concerns and the installation protective conductor current shall be measured during initial testing of the complete installation.

8.3 Measuring method

Installation protective conductor current shall be measured after installation of all the equipment by inserting an ammeter of negligible impedance (e.g. 0,5 Ω) in series with the protective conductor of the installation. Measurement of protective conductor current is made with the equipment and power distribution system running in all normal operating modes.

A similar procedure may be used if measurement of the protective conductor current from a single equipment is desired.

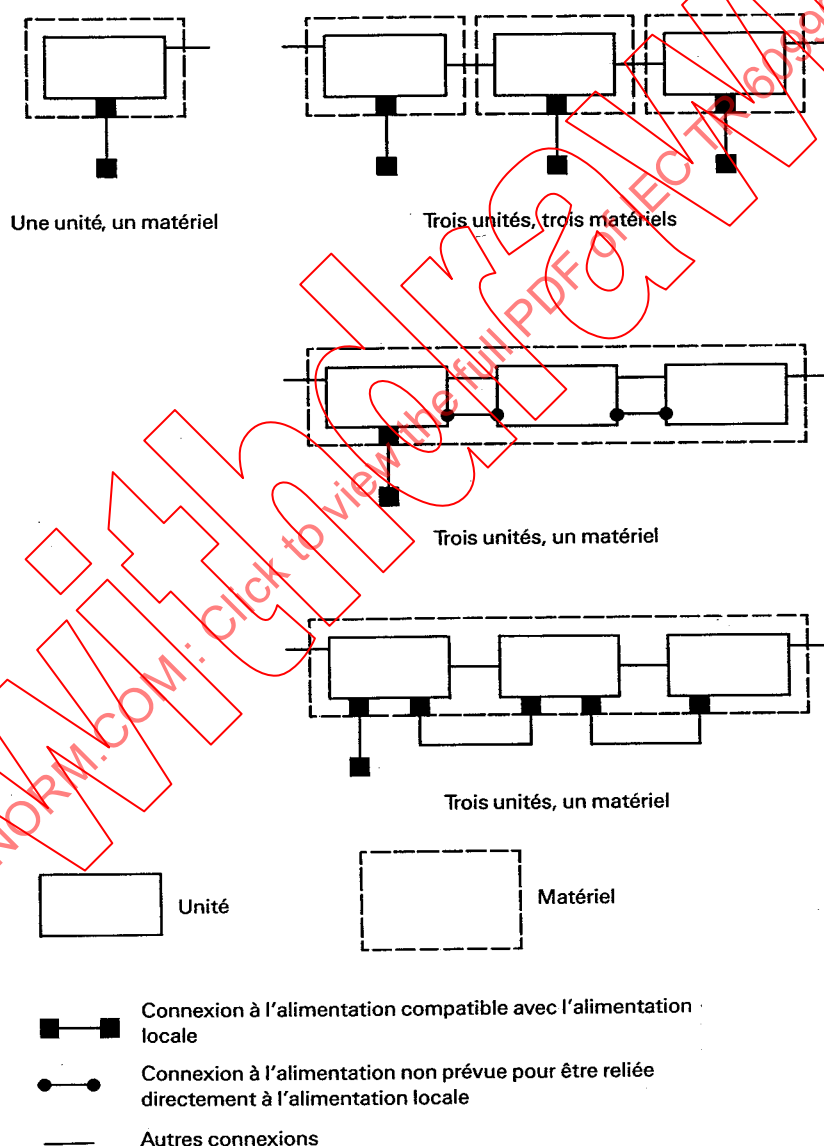
Annexe A (normative)

Matériel

Sauf indication contraire dans la norme de matériel, celui-ci est identifié comme ayant une seule connexion à une source électrique.

Un matériel peut être une seule unité ou peut consister en unités physiquement indépendantes et électriquement interconnectées (voir figure A.1). L'alimentation électrique peut être contenue dans le matériel (par exemple sources solaires ou batteries).

La connexion des câbles signaux doit être considérée comme faisant partie du matériel conformément au 5.4.



100/90

Figure A.1 - Matériel

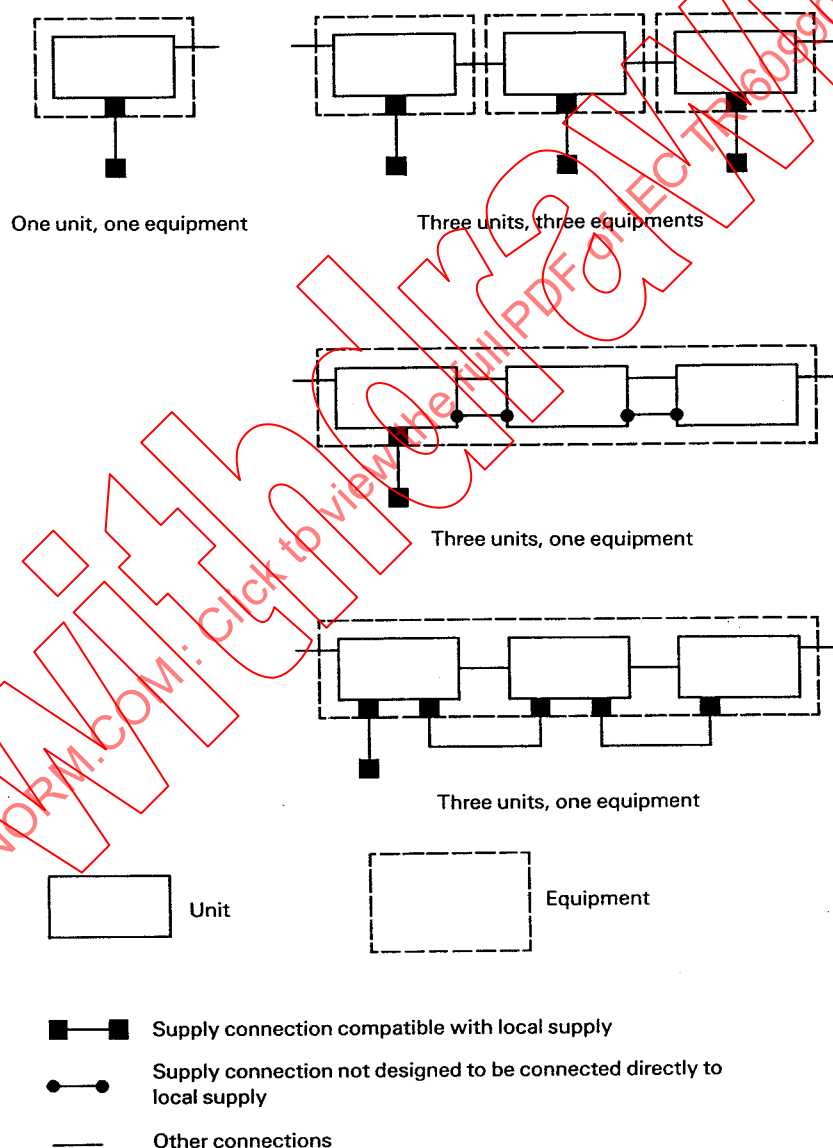
Annex A (normative)

Equipment

Unless otherwise defined in the equipment standard, an equipment is identified as having a single connection to a supply of electricity.

An equipment may be a single unit or may consist of physically separate, electrically interconnected units (see figure A.1). The source of electricity may be contained within the equipment (e.g. solar or battery power).

The connection of signal cables shall be considered as part of the equipment in accordance with 5.4.



100/90

Figure A.1 - Equipment

Annexe B (normative)

Utilisation d'un plan conducteur

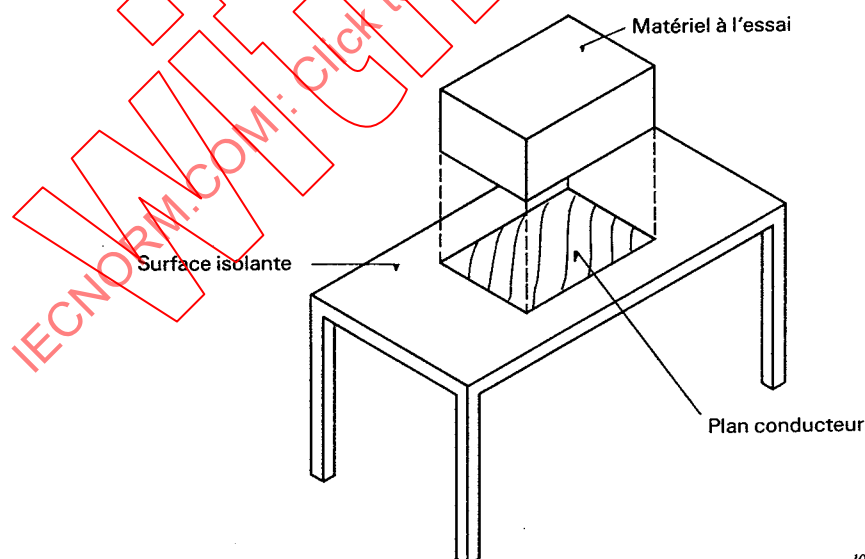
Lorsque des limites du courant de contact (avec ou sans pondération en fréquence) de moins de 100 μA crête sont spécifiées, ou lorsque le matériel essayé présente un important couplage capacitif avec des surfaces extérieures qui peuvent, de ce fait, être parcourues par des courants à haute fréquence, il est approprié de mesurer le courant qui est couplé capacitivement dans une surface conductrice placée sous ou contre une surface du matériel. Si le matériel est à essayer de cette manière, il doit être placé sur un plan conducteur qui lui-même repose sur une surface isolante (voir figure B.1).

La surface et le périmètre du plan conducteur doivent être égaux ou supérieurs à ceux de la surface adjacente du matériel.

Les mesures doivent être effectuées conformément à l'article 6 en considérant le plan conducteur comme une partie accessible.

Les mesures doivent être répétées avec le plan conducteur placé contre toutes les surfaces du matériel qui peuvent devenir adjacentes à une surface conductrice extérieure.

Pour des raisons de protection contre les perturbations électromagnétiques, il peut être nécessaire de placer le matériel (y compris le plan conducteur s'il est utilisé) à au moins 0,5 m d'autres conducteurs ou d'autres matériels.



101/90

Figure B.1 - Plate-forme d'essai

Annex B (normative)

Use of a conductive plane

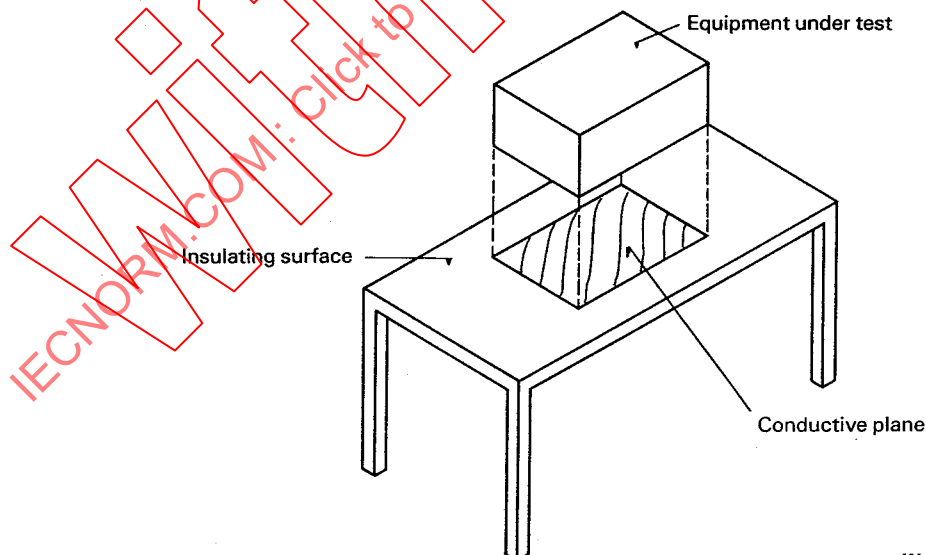
Where limits for touch-current (with or without frequency weighting) less than 100 μA peak are specified, or where an equipment is tested that has large capacitive coupling to outer surfaces which may be driven at high frequencies, it is appropriate to measure the current which is coupled capacitively into a conductive surface placed beneath or against a surface of the equipment. If the equipment is to be tested in this manner, it shall be placed on a conductive plane which is in turn placed on an insulating surface (see figure B.1).

The conductive plane shall be equal to or greater in area and perimeter than the adjacent equipment surface.

Measurements shall be according to clause 6, with the conductive plane tested as an accessible part.

The measurements shall be repeated with the conductive plane placed against any other surface of the equipment which may become adjacent to an outside conductive plane.

For purposes of isolation from electromagnetic interference, it may be necessary to place the equipment (including the conductive plane, if used) 0,5 m or more from other conductors or equipment.



101/90

Figure B.1 - Equipment platform

Annexe C
(normative)

Parties connectées fortuitement

Les parties connectées fortuitement sont des parties accessibles qui ne sont ni reliées de manière sûre à la terre ou à une tension quelconque spécifiée, ni absolument isolées de celles-ci.

Exemples de parties connectées fortuitement:

- portes et assemblages fixés par des charnières métalliques;
- étiquettes adhésives contenant une couche conductrice (par exemple une feuille métallique);
- parties qui sont fixées sur des surfaces peintes ou anodisées;
- poignées de commande.

Certains échantillons de production du matériel peuvent avoir une partie connectée fortuitement reliée effectivement à la terre ou à un autre circuit. Dans d'autres échantillons, cette même partie peut être isolée de la terre ou d'autres circuits. Comme, en général, il n'est pas évident de savoir quel cas produira le courant de contact le plus élevé, le 6.2.2 prescrit d'effectuer la mesure du courant de contact dans les deux cas, afin de déterminer le cas le plus défavorable. Toutefois, si la fréquence prédominante est inférieure à 100 Hz, le cas le plus défavorable sera celui dans lequel la partie connectée fortuitement est reliée aux autres parties.

Annex C
(normative)

Incidentally connected parts

Incidentally connected parts are accessible parts which are neither reliably connected to, nor positively isolated from, earth or any specified voltage.

Examples of incidentally connected parts include:

- doors and assemblies attached by metal hinges;
- adhesively-bonded labels which contain a conductive layer (e.g. metal foil);
- parts which are attached to painted or anodized surfaces;
- control handles.

Some production samples of the equipment may have an incidentally connected part effectively connected to earth or to another circuit. In other samples the same part may be isolated from earth and other circuits. Since, in general, it is not clear which case will produce the higher touch-current, 6.2.2 requires touch-current to be measured for both cases in order to find the worse case. However, where the predominant frequency is below 100 Hz, the worse case will be that in which the incidentally connected part is connected to the other parts.

Annexe D (informative)

Choix des limites de courant

En élaborant les procédures spécifiées dans le présent rapport, certaines hypothèses ont été faites sur les limites de courant que les comités de produits utiliseraient. Cela a été nécessaire pour choisir dans la CEI 479 les données appropriées nécessaires à la définition des réseaux de mesure des figures 3, 4 et 5.

Ces hypothèses sont basées sur des publications CEI antérieures. Les valeurs de courant données dans la présente annexe ne sont que des exemples. Elles sont indiquées ci-dessous de manière à aider les comités de produits dans le choix des limites de courant.

D.1 Exemples de limites

D.1.1 *Seuil de fibrillation ventriculaire*

- Pas de limite supposée.
- Il est supposé que les limites choisies pour le courant de contact seront bien inférieures au seuil de fibrillation ventriculaire.

D.1.2 *Seuil de non-lâcher*

- La méthode de mesure est spécifiée dans le présent rapport.
- 10 mA, valeur efficace, sont spécifiés dans la CEI 479. Voir la figure F.3 pour les effets de la fréquence.

D.1.3 *Limite pour la réaction*

- La méthode de mesure est spécifiée dans le présent rapport.
- Différentes limites sont utilisées entre les seuils de perception et de non-lâcher.

D.1.4 *Seuil de perception*

- La méthode de mesure est spécifiée dans le présent rapport.
- Le seuil de perception est approximativement de 0,5 mA, valeur efficace, pour les fréquences basses, comme supposé dans la CEI 479. Voir la figure F.2 pour les effets de la fréquence.

D.1.5 *Limite pour des applications spéciales*

- La méthode de mesure est spécifiée dans le présent rapport.
- 0,25 mA (la moitié du seuil de perception) est utilisé pour les matériels de classe II dans les CEI 380, 435 et 335-1. Voir la figure F.2 pour les effets de la fréquence.

Annex D (informative)

Choice of current limits

When drafting the procedures specified in this report, certain assumptions were made about the current limits which equipment committees would use. This was necessary in order to select the appropriate data from IEC 479 for design of the measuring networks in figures 3, 4 and 5.

These assumptions were based on earlier IEC publications. Current values given in this annex are examples only. They are given below for the assistance of equipment committees when selecting current limits.

D.1 Limit examples

D.1.1 *Threshold of ventricular fibrillation*

- No limit assumed.
- It is assumed that limits chosen for touch-currents will be well below the threshold for ventricular fibrillation.

D.1.2 *Threshold for inability to let go*

- The method of measurement is specified in this report.
- 10 mA r.m.s. is specified in IEC 479. See figure F.3 for the effects of frequency.

D.1.3 *Reaction limit*

- The method of measurement is specified in this report.
- Various limits are in use between the thresholds for perception and let-go.

D.1.4 *Perception threshold*

- The method of measurement is specified in this report.
- The perception threshold is approximately 0,5 mA r.m.s. for low frequencies as assumed in IEC 479. See figure F.2 for the effects of frequency.

D.1.5 *Limits for special applications*

- The method of measurement is specified in this report.
- 0,25 mA r.m.s. (one half of the perception threshold) is used for Class II equipment in IEC 380, 435 and 335-1. See figure F.2 for frequency effects.

- Des limites inférieures à 0,25 mA sont spécifiées pour quelques applications médicales. Pour de telles applications, la méthode de mesure du présent rapport peut ne pas procurer un modèle d'impédance du corps humain adapté (voir annexe E.1).

D.2 Choix des limites

Voir la CEI 479 pour le choix des valeurs limites et pour les effets du courant dans le corps.

Normalement, les limites sont exprimées en termes de valeurs acceptables en courant continu et à des fréquences allant jusqu'à 100 Hz. Les méthodes de mesure spécifiées dans le présent rapport sont les mêmes que pour le non-lâcher, la réaction, la perception et certaines applications spéciales. Les réseaux de mesure prennent en compte l'effet du courant à fréquence plus élevée sur le corps et simulent une diminution de l'impédance du corps lorsque la fréquence augmente. Le non-lâcher, la réaction et la perception sont déterminées par les valeurs crêtes du courant. Pour la brûlure électrique, les valeurs efficaces sont significatives. Dans le cadre du présent rapport, les effets de la fréquence sur les brûlures électriques sont négligeables.

Des limites basées sur la fibrillation ventriculaire (D.1.1) ne sont pas considérées comme prudentes pour la plupart des matériels.

Pour la possibilité de lâcher (D.1.2), une valeur d'environ 10 mA valeur efficace (14 mA, valeur de crête) a été considérée comme la valeur limite la plus élevée pour des parties préhensibles, excepté pour ce qui concerne les brûlures électriques. Toutefois, les brûlures électriques deviennent le facteur prédominant uniquement aux hautes fréquences. Certaines publications CEI spécifient des limites jusqu'à 10 mA valeur efficace (14 mA valeur de crête) pour les fréquences basses. Entre 0,5 mA et 10 mA valeur efficace (0,7 mA et 14 mA, valeurs de crête), il peut y avoir des risques secondaires dus à la surprise ou à une réaction musculaire involontaire, mais pas de blessures directes occasionnées par le passage du courant à travers le corps. Un tel courant peut être considéré comme acceptable dans les conditions de premier défaut (par exemple défaut de la connexion de mise à la terre).

Pour des parties non préhensibles, une valeur limite supérieure à 10 mA valeur efficace (14 mA valeur de crête) est parfois utilisée, pourvu qu'elle soit suffisamment plus faible que la limite de fibrillation. Il convient d'utiliser le réseau de perception/réaction de la figure 4 pour de telles mesures jusqu'à ce qu'un modèle du corps, spécifique pour les petites surfaces de contact, soit mis au point (travaux futurs).

Si une limite de perception est spécifiée (par exemple: 0,5 mA valeur efficace ou 0,7 mA valeur de crête), beaucoup de personnes ne percevront pas le courant et une réaction involontaire est improbable. Cette valeur limite a été spécifiée pour des conditions normales de fonctionnement.

Il est entendu que les valeurs limites pour le courant de contact en basse fréquence dans les autres publications CEI sont basées sur les considérations suivantes:

- Limits lower than 0,25 mA r.m.s. are specified for some medical applications. For such applications the method of measurement in this report may not provide an accurate body impedance model (see annex E.1).

D.2 Choice of limits

See IEC 479 for guidance on choice of limit values and on the effects of current on the body.

Limits are normally expressed in terms of acceptable values of d.c. and of a.c. at frequencies up to 100 Hz. Methods of measurement specified in this report are the same for let-go, reaction, perception and some special applications. Measuring networks take into account the effect of higher frequency current on the body and simulate lowering of body impedance as frequency increases. Let-go, reaction and perception are determined by peak values of current. For electric burn, r.m.s. values are significant. For the scope of this report, the effects of frequency on electric burns are negligible.

Limits based upon ventricular fibrillation (D.1.1) are not considered prudent for most equipment.

For ability to let go (D.1.2), approximately 10 mA r.m.s. (14 mA peak) has been regarded as the highest limit value for grippable parts except for consideration of electric burn. However, electric burn only becomes the predominant factor at high frequencies. Certain IEC publications specify low frequency limits up to 10 mA r.m.s. (14 mA peak). Between 0,5 mA and 10 mA r.m.s. (0,7 mA and 14 mA peak) there may be a secondary safety hazard due to surprise or involuntary muscle reaction, but no direct injury due to current through the body is expected. Such a current may be considered acceptable under single fault conditions (e.g. a defective earthing connection).

For non-grippable parts a limit value higher than 10 mA r.m.s. (14 mA peak) is sometimes used, provided that it is sufficiently below the fibrillation limit. The perception/reaction network of figure 4 should be used for such measurements until a specific body model for small area contacts is developed (future work).

If a perception limit is specified (e.g. 0,5 mA r.m.s. or 0,7 mA peak) many people will not notice the current so an involuntary reaction is unlikely. This limit value has been commonly specified for normal operating conditions.

It is understood that limit values for low frequency touch-current in other IEC publications are based upon the following considerations:

- 0,5 mA valeur efficace (0,7 mA valeur de crête) ou moins:
 - le besoin d'éviter une réaction involontaire si des conséquences sérieuses peuvent en résulter (par exemple chute d'une échelle ou lâcher d'un matériel);
 - une limite inférieure à 0,25 mA valeur efficace (0,35 mA, valeur de crête) devrait être indiquée si l'utilisateur est particulièrement sensible ou s'il y a risque dû à des raisons d'environnement ou biologiques.
- jusqu'à 10 mA, valeur efficace (14 mA, valeur de crête):
 - la perception et quelques réactions sont acceptables et parfois même utiles comme indication d'un premier défaut;
 - certaines personnes peuvent avoir un seuil de non-lâcher de 10 mA, valeur efficace (14 mA, valeur de crête) (par exemple celles qui sont prêtes à utiliser le matériel);
 - la protection d'autres personnes peut nécessiter un seuil de non-lâcher inférieur à 10 mA, valeur efficace (14 mA, valeur de crête), par exemple pour des femmes et pour les enfants;
 - certaines conditions de premier défaut peuvent justifier des limites allant jusqu'à 10 mA, valeur efficace (14 mA, valeur de crête), avec 0,5 mA, valeur efficace (0,7 mA, valeur de crête) s'appliquant en conditions normales (sans défaut).

Certains types de matériel peuvent avoir un courant de contact initial élevé lorsqu'ils sont mis sous tension la première fois et qui diminue rapidement lorsque le matériel est en fonctionnement.

D.3 Effets de brûlure électrique du courant de contact

Il n'y a pas d'accord général sur la valeur limite du courant de contact qui, dans tous les cas, empêchera les brûlures électriques. D'autres paramètres, tels que la surface de contact avec le corps humain et la durée de contact, sont connus comme étant importants. La relation entre ces paramètres nécessite des études ultérieures. Lorsque des limites de sécurité sont établies, elles peuvent l'être en fonction de deux ou plus de ces paramètres.

La méthode de mesure du courant de contact, en ce qui concerne les effets de brûlure électrique, est spécifiée dans le présent rapport (voir 7.2).

Les limites suivantes ont été utilisées dans des normes CEI:

- CEI 348: 70 mA, valeur de crête;
- CEI 1010: 500 mA, valeur efficace (en conditions de défaut).

Il est à noter que la brûlure de la peau commence à se produire pour des densités de courant de 300 à 400 mA efficaces/cm² (travaux de Becker, Malhotra et Hedley-Whyte).

- 0,5 mA r.m.s. (0,7 mA peak) or less:
 - the need to avoid involuntary reaction, where severe consequences may result (e.g. falling from a ladder or dropping equipment);
 - a limit lower than 0,25 mA r.m.s. (0,35 mA peak) is indicated where the user is particularly sensitive or at risk due to environmental or biological reasons.
- Up to 10 mA r.m.s. (14 mA peak):
 - perception and some reaction are acceptable and perhaps even useful as an indication of a first fault;
 - certain people may have let-go thresholds of 10 mA r.m.s. (14 mA peak) (e.g. those who are to use the equipment);
 - protection of other people may require a lower let-go threshold than 10 mA r.m.s. (14 mA peak), for example some women, and children;
 - certain single fault conditions may justify limits up to 10 mA r.m.s. (14 mA peak), with 0,5 mA r.m.s. (0,7 mA peak) applying for normal (non-fault) conditions.

Certain equipment types may have high initial touch-current when first switched on, which diminishes rapidly as equipment is operated.

D.3 Electric burn effects of touch-current

There is no generally accepted limit value of touch-current which will prevent electric burns in all cases. Other parameters such as the area of contact with the human body and the duration of contact are known to be relevant. The relationship between these parameters needs further study. When safe limits are established, they may be in terms of two or more of these parameters.

The method of measurement of touch-current for consideration of electric burn effects is specified in this report (see 7.2).

The following limits have been used in IEC standards:

- IEC 348, 70 mA peak;
- IEC 1010: 500 mA r.m.s. (under fault conditions).

It is reported that skin burns begin to occur at current densities of about 300 to 400 mA r.m.s./cm² (Becker, Malhotra and Hedley-Whyte).

Annexe E (informative)

Réseaux à utiliser pour la mesure du courant de contact

Les valeurs de courant données dans cette annexe ne sont que des exemples.

E.1 Réseau impédance du corps - Figure 3

Le but du réseau de la figure 3 est:

- 1) de simuler l'impédance du corps humain;
- 2) de fournir une mesure indiquant le niveau du courant qui peut traverser un corps humain, si celui-ci entre en contact avec le matériel de manière analogue.

R_b est le modèle de l'impédance interne du corps humain.

R_s et C_s sont un modèle de l'impédance totale de la peau entre deux points de contact. La valeur de C_s est déterminée pour la surface de contact de la peau. Pour des surfaces de contact plus grandes, une valeur supérieure (par exemple 0,33 μ F) peut être utilisée.

Ce réseau est recommandé pour des courants supérieurs à 14 mA valeur de crête. Le courant de contact pour ce qui concerne les brûlures électriques est égal à U_1 efficace, divisée par 500 Ω .

E.2 Réseau perception, réaction (et impédance du corps) - Figure 4

La perception et la réaction du corps humain résultent du courant qui peut traverser ses parties internes.

R_b représente l'impédance interne du corps humain.

La prise en compte et la compensation de la variation de la fréquence pour la perception et la réaction sont nécessaires pour la précision de la mesure de ces effets. Le réseau de la figure 4 simule l'impédance du corps et fournit la pondération pour suivre la caractéristique en fréquence du corps pour des courants créant soit la perception, soit la réaction involontaire.

Pour des raisons de définition du réseau de mesure, il est admis que la perception ne se produit que pour un niveau d'environ 0,7 mA, valeur de crête, pour des signaux sinusoïdaux, et des combinaisons en fréquence de signaux alternatifs sinusoïdaux et non sinusoïdaux de 50 Hz à 60 Hz. Le réseau de mesure est utilisable pour des niveaux de courant allant de 0,14 mA, valeur de crête, jusqu'aux limites appropriées pour les effets des brûlures électriques.

Annex E (informative)

Networks for use in measurement of touch-current

Current values given in this annex are examples only.

E.1 Body impedance network - Figure 3

The purpose of the network of figure 3 is:

- 1) to simulate the impedance of the human body;
- 2) to provide a measurement indicating the level of current which can flow through a human body if the body contacts the equipment in a like manner.

R_b models the internal impedance of the human body.

R_s and C_s model the total skin impedance of two points of contact. The value of C_s is determined from the area of skin contact. For larger areas of contact a larger value (e.g. 0,33 μF) may be used.

This network is recommended for use for currents from 0,14 mA peak upwards. Touch-current with regard to electric burn is equal to U_1 r.m.s. divided by 500 Ω .

E.2 Perception, reaction (and body impedance) network - Figure 4

Perception and reaction by the human body are the result of current flowing in the internal portions of the body.

R_b models the internal impedance of the human body.

Consideration of, and compensation for, the frequency variation of perception and reaction are required for accurate measurement of these effects. The network of figure 4 simulates body impedance and provides weighting to follow the frequency characteristics of the body, for current causing either perception or involuntary reaction.

For the purpose of measurement network design, it is assumed that perception occurs at a level of about 0,7 mA peak for sinusoidal, mixed frequency sinusoidal and non-sinusoidal a.c. at 50 Hz to 60 Hz. The measurement network is usable for current levels from 0,14 mA peak up to limits appropriate for electric burn effects.

L'utilisation de ce réseau pour la mesure de limites à plus hauts niveaux est restreinte par l'aspect du non-lâcher et la nécessité de pondération à différentes fréquences si l'impossibilité du lâcher doit être prise en considération (voir E.3).

Le courant de contact pour la perception/réaction est égal, en courant alternatif, à la tension de crête U_2 divisée par 500Ω ; et, en courant continu, à U_1 divisée par 500Ω .

E.3 Réseau de non-lâcher (et impédance du corps) - Figure 5

L'impossibilité de lâcher un objet est causée par le passage du courant à l'intérieur du corps (par exemple à travers les muscles).

Toutefois, l'effet de la fréquence sur les limites du non-lâcher est différent de ses effets sur la perception/réaction ou sur les brûlures électriques. Cela est particulièrement vrai pour les fréquences supérieures à 1 kHz.

Le réseau de la figure 5 simule l'impédance du corps et est en plus pondéré pour suivre la réponse en fréquence du corps aux courants qui peuvent causer des contractions musculaires et, de ce fait, une impossibilité de lâcher des parties préhensibles. Le courant de contact pour le seuil du non-lâcher est égal à la tension crête U_3 , divisée par 500Ω .

Le réseau de non-lâcher de la figure 5 est utilisé seulement si les trois conditions suivantes sont remplies (autrement le réseau de la figure 4 est utilisé):

- 1) le courant disponible est alternatif et la valeur limite à une fréquence composée entre 50 Hz et 60 Hz est supérieure à 2,8 mA crête en courant alternatif;
- 2) le matériel a une partie préhensible;
- 3) il est considéré qu'il sera difficile de lâcher la partie préhensible en raison du passage du courant à travers la main et le bras.

Les raisons pour lesquelles une partie préhensible ne risque pas d'être difficile à lâcher comprennent les suivantes:

- elle est principalement constituée de matériau isolant;
- elle peut être cassée par réaction (par exemple un fil fin);
- elle peut être facilement déconnectée (par exemple une sonde embrochable).

Use of this network for measurement of higher level limits is restricted by the consideration of let-go and the need for different frequency weighting if ability to let go is concerned (see E.3).

Touch-current with regard to perception/reaction is equal, for a.c., to U_2 peak divided by 500 Ω , and, for d.c., to U_1 divided by 500 Ω .

E.3 Let-go (and body impedance) network - Figure 5

Inability to let go of an object is caused by current flow internal to the body (e.g. through muscles).

However, the effect of frequency on let-go limits is different from its effect on perception/reaction or electric burn. This is especially true for frequencies above 1 kHz.

The network of figure 5 simulates body impedance and is additionally weighted to follow the frequency response of the body to currents which can cause muscular contraction and thereby an inability to let go of grippable parts. Touch-current with regard to the let-go threshold is equal to U_3 peak divided by 500 Ω .

The let-go network of figure 5 is used only if all the following three conditions are met (otherwise the network of figure 4 is used):

- 1) the available current is a.c. and the limit value at 50 Hz to 60 Hz is more than 2,8 mA peak a.c;
- 2) the equipment has a grippable part;
- 3) it is anticipated that it would be difficult to let the grippable part go due to current flow through the hand and the arm.

Reasons why a grippable part might not be difficult to let go include:

- most of the part consists of insulating material;
- the part (e.g. a thin wire) can be broken by reaction;
- the part (e.g. a plug-in probe) can be easily disconnected.