

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

IEC REPORT

Publication 479-1

Deuxième édition — Second edition

1984

Effets du courant passant par le corps humain

Première partie: Aspects généraux

Chapitre 1: Impédance électrique du corps humain

Chapitre 2: Effets du courant alternatif de fréquence
comprise entre 15 Hz et 100 Hz

Chapitre 3: Effets du courant continu

Effects of current passing through the human body

Part 1: General aspects

Chapter 1: Electrical impedance of the human body

Chapter 2: Effects of alternating current in the range
of 15 Hz to 100 Hz

Chapter 3: Effects of direct current



© CEI 1984

Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembé

Genève, Suisse

Révision de la présente publication

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

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenues auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous :

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

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

Symboles graphiques et littéraux

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

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique ;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur les pages 3 et 4 de la couverture, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

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

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

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

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 :

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology ;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publication 27 or 617, 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 pages 3 and 4 of the cover, which list IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC REPORT

Publication 479-1

Deuxième édition — Second edition
1984

Effets du courant passant par le corps humain

Première partie: Aspects généraux

Chapitre 1: Impédance électrique du corps humain

**Chapitre 2: Effets du courant alternatif de fréquence
comprise entre 15 Hz et 100 Hz**

Chapitre 3: Effets du courant continu

Effects of current passing through the human body

Part 1: General aspects

Chapter 1: Electrical impedance of the human body

**Chapter 2: Effects of alternating current in the range
of 15 Hz to 100 Hz**

Chapter 3: Effects of direct current



© CEI 1984

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
 CHAPITRE 1: IMPÉDANCE ÉLECTRIQUE DU CORPS HUMAIN	
Articles	
1. Généralités	8
2. Domaine d'application	8
3. Définitions	8
4. Caractéristiques de l'impédance du corps humain	10
5. Valeurs de l'impédance totale du corps humain (Z_T)	12
6. Valeurs de la résistance initiale du corps humain (R_i)	12
ANNEXE A – Mesures effectuées sur des sujets vivants et sur des cadavres et exploitation statistique des résultats	16
 CHAPITRE 2: EFFETS DU COURANT ALTERNATIF DE FRÉQUENCE COMPRISE ENTRE 15 Hz ET 100 Hz	
1. Généralités	18
2. Domaine d'application	18
3. Définitions	18
4. Effets du courant	20
5. Application du facteur de courant de cœur	22
 CHAPITRE 3: EFFETS DU COURANT CONTINU	
1. Généralités	30
2. Domaine d'application	30
3. Définitions	30
4. Effets du courant	32
BIBLIOGRAPHIE	36

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
 CHAPTER 1: ELECTRICAL IMPEDANCE OF THE HUMAN BODY 	
Clause	
1. General	9
2. Scope	9
3. Definitions	9
4. Characteristics of the impedance of the human body	9
5. Values of the total impedance of the human body (Z_T)	13
6. Value of the initial resistance of the human body (R_i)	13
APPENDIX A – Measurements made on living and dead human beings and the statistical analysis of the results	17
 CHAPTER 2: EFFECTS OF ALTERNATING CURRENT IN THE RANGE OF 15 Hz TO 100 Hz 	
1. General	19
2. Scope	19
3. Definitions	19
4. Effects of current.	21
5. Application of heart-current factor	23
 CHAPTER 3: EFFECTS OF DIRECT CURRENT 	
1. General	31
2. Scope	31
3. Definitions	31
4. Effects of current	33
BIBLIOGRAPHY	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EFFETS DU COURANT PASSANT PAR LE CORPS HUMAIN

Première partie: Aspects généraux

Chapitre 1: Impédance électrique du corps humain

Chapitre 2: Effets du courant alternatif de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz

Chapitre 3: Effets du courant continu

PRÉAMBULE

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

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 64 de la CEI: Installations électriques des bâtiments.

Cette deuxième édition remplace la première édition de la Publication 479 de la CEI, parue en 1974.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de vote
64(BC)128 64(BC)129 64(BC)130	64(BC)140 64(BC)146 64(BC)147	64(BC)141	64(BC)148

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

La nouvelle version de la Publication 479 est divisée en deux parties, chacune divisée en trois chapitres.

Première partie: Aspects généraux:

Chapitre 1: Impédance électrique du corps humain.

Chapitre 2: Effets du courant alternatif de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz.

Chapitre 3: Effets du courant continu.

Deuxième partie: Aspects particuliers:

Chapitre 4: Effets du courant alternatif de fréquence supérieure à 100 Hz.

Chapitre 5: Effets des courants de formes d'onde spéciales.

Chapitre 6: Effets des courants d'impulsion unique de courte durée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EFFECTS OF CURRENT PASSING THROUGH THE HUMAN BODY**Part 1: General aspects****Chapter 1: Electrical impedance of the human body****Chapter 2: Effects of alternating current in the range of 15 Hz to 100 Hz****Chapter 3: Effects of direct 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.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 64: Electrical Installations of Buildings.

This second edition replaces the first edition of IEC Publication 479, published in 1974.

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

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
64(CO)128 64(CO)129 64(CO)130	64(CO)140 64(CO)146 64(CO)147	64(CO)141	64(CO)148

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

The new edition of Publication 479 is divided into two parts each containing three chapters:

Part 1: General aspects:

Chapter 1: Electrical impedance of the human body.

Chapter 2: Effects of alternating current in the range of 15 Hz to 100 Hz.

Chapter 3: Effects of direct current.

Part 2: Special aspects:

Chapter 4: Effects of alternating current with frequencies above 100 Hz.

Chapter 5: Effects of special waveforms of current.

Chapter 6: Effects of unidirectional single impulse currents of short duration.

EFFETS DU COURANT PASSANT PAR LE CORPS HUMAIN

Première partie: Aspects généraux

INTRODUCTION

Afin d'éviter des erreurs fondamentales dans l'interprétation de ce rapport, il doit être souligné que les valeurs données sont essentiellement basées sur des expériences effectuées sur des animaux ainsi que sur les informations résultant d'observations cliniques. Seules quelques expériences avec des courants de choc de courte durée ont été effectuées sur des êtres humains vivants.

Selon les connaissances actuelles, provenant essentiellement des expériences sur des animaux, les valeurs sont dans le sens de la sécurité de sorte que le rapport s'applique aux personnes dans des conditions physiologiques normales, y compris les enfants, quels que soient leur âge et leur poids.

Ce rapport est destiné à fournir les informations fondamentales sur les effets des courants électriques sur le corps humain, servant de guide pour l'établissement des prescriptions de sécurité électrique.

D'autres aspects doivent toutefois être pris en compte, tels que la probabilité de défauts, la probabilité de contact avec des parties actives ou avec des parties en défaut, le rapport entre la tension de contact et la tension de défaut, l'expérience acquise, les possibilités techniques et économiques. Ces paramètres doivent être soigneusement pris en considération en établissant les prescriptions de sécurité, par exemple les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de protection dans les installations électriques.

La forme de rapport a été retenue parce qu'il rassemble les résultats obtenus jusqu'à présent et qui sont utilisés par le Comité d'Etudes n° 64 comme base d'établissement des prescriptions pour la protection contre les chocs électriques. Ces résultats sont considérés comme suffisamment importants pour justifier une publication de la CEI qui peut également servir de guide pour d'autres comités de la CEI et pour les pays ayant besoin de telles informations.

La première édition de la Publication 479, parue en 1974, était basée sur une longue recherche dans la littérature et sur l'évaluation des réponses reçues à un questionnaire. Cependant, depuis cette date, de nouvelles recherches expérimentales ont été effectuées. Leur étude et une analyse plus précise des publications antérieures ont permis de se faire une meilleure idée de l'action du courant électrique sur les organismes vivants, et en particulier sur l'homme.

Cela est particulièrement vrai pour les limites de la fibrillation ventriculaire, qui constitue la cause essentielle de décès dus à l'électricité, et l'analyse de l'ensemble des travaux récents sur la physiologie cardiaque et sur le seuil de survenue de la fibrillation a permis une meilleure compréhension de l'influence des principaux paramètres physiques, en particulier du temps de passage du courant.

Des recherches récentes ont aussi été effectuées sur les autres paramètres physiques des accidents, en particulier la forme et la fréquence du courant et l'impédance du corps humain. C'est pourquoi il est apparu souhaitable d'entreprendre cette révision de la Publication 479 qui doit être considérée comme le développement et l'évolution logiques de la première édition.

EFFECTS OF CURRENT PASSING THROUGH THE HUMAN BODY

Part 1: General aspects

INTRODUCTION

In order to avoid errors in the interpretation of this report it must be emphasized that the data given herein are mainly based on experiments with animals as well as on information available from clinical observations. Only a few experiments with shock currents of short duration have been carried out on living human beings.

On the evidence available, mostly from animal research, the values are so conservative that the report applies to persons under normal physiological conditions, including children irrespective of age and weight.

This report is intended to provide basic guidance on the effects of shock currents on the human body for use in the establishment of electrical safety requirements.

There are, however, other aspects to be taken into account, such as probability of faults, probability of contact with live or faulty parts, ratio between touch voltage and fault voltage, experience gained, technical feasibilities and economics. These parameters have to be considered carefully when fixing safety requirements, for example operating characteristics of protective devices for electrical installations.

The form of report has been adopted, as it summarizes results so far achieved which are being used by Technical Committee No. 64 as a basis for fixing requirements for protection against shock. These results are considered important enough to justify an IEC publication, which may serve also as a guide to other IEC Committees and countries having need of such information.

The first edition of Publication 479 was issued in 1974 and was based on an extensive search in literature and on the evaluation of replies received to a questionnaire. However, since that date, new research work has been conducted on this subject. The study of this work and a more precise analysis of preceding publications have allowed a better understanding of the effects of electric current on living organisms and, in particular, on man.

This specifically applies to the limits of ventricular fibrillation which is the main cause of deaths by electric current, and the analysis of all results of recent research work on cardiac physiology and on the fibrillation threshold taken together, has made it possible to better appreciate the influence of the main physical parameters, and especially of the duration of the current flow.

Recent research work has also been conducted on the other physical accident parameters, especially the waveform and frequency of the current and the impedance of the human body. This revision of Publication 479 was therefore considered necessary and should be viewed as the logical development and evolution of the first edition.

CHAPITRE 1: IMPÉDANCE ÉLECTRIQUE DU CORPS HUMAIN

1. Généralités

Pour un même trajet du courant à travers le corps humain, le danger qu'encourent les personnes dépend essentiellement de l'intensité et de la durée de passage du courant. Toutefois, les zones temps/courant spécifiées dans les chapitres suivants ne sont pas, dans beaucoup de cas, directement applicables en pratique pour concevoir la protection contre les chocs électriques; le critère est la limite admissible de la tension de contact (c'est-à-dire le produit du courant passant par le corps humain et de son impédance) en fonction du temps. La relation entre le courant et la tension n'est pas linéaire du fait que l'impédance du corps humain varie avec la tension de contact. Il importe donc de disposer de données quant à cette relation.

Les différentes parties du corps humain — telles que la peau, le sang, les muscles, d'autres tissus et les articulations — présentent pour le courant électrique une certaine impédance composée d'éléments résistifs et capacitifs.

Les valeurs de ces impédances dépendent d'un certain nombre de facteurs et notamment du trajet du courant, de la tension de contact, de la durée de passage du courant, de la fréquence du courant, de l'état d'humidité de la peau, de la surface de contact, de la pression exercée et de la température.

Les valeurs d'impédance indiquées dans ce rapport résultent d'un examen minutieux des résultats expérimentaux disponibles de mesures effectuées principalement sur des cadavres et sur quelques personnes vivantes.

2. Domaine d'application

Le présent chapitre indique les valeurs d'impédance électrique du corps humain en fonction de la tension de contact, de la fréquence du courant, de l'état d'humidité de la peau et du trajet du courant.

Note. — Les valeurs données à l'article 5 se réfèrent aux fréquences au plus égales à 50/60 Hz; les valeurs pour des fréquences supérieures et le courant continu sont à l'étude.

3. Définitions

3.1 Impédance interne du corps humain (Z_i)

Impédance entre deux électrodes en contact avec deux parties du corps humain, après suppression de la peau sous les électrodes.

3.2 Impédance de la peau (Z_p)

Impédance entre une électrode sur la peau et les tissus conducteurs sous-jacents.

3.3 Impédance totale du corps humain (Z_T)

Somme vectorielle de l'impédance interne et des impédances de la peau (voir figure 1, page 14).

3.4 Résistance initiale du corps humain (R_i)

Résistance limitant la valeur de crête du courant au moment où la tension de contact est appliquée.

CHAPTER 1: ELECTRICAL IMPEDANCE OF THE HUMAN BODY

1. General

For a given current path through the human body, the danger to persons depends mainly on the magnitude and duration of the current flow. However, the time/current zones specified in the following chapters are, in many cases, not directly applicable in practice for designing protection against electric shock, the necessary criterion being the admissible limit of touch voltage (i.e., the product of the current through the body and the body impedance) as a function of time. The relationship between current and voltage is not linear because the impedance of the human body varies with the touch voltage, and data on this relationship is accordingly required.

The different parts of the human body—such as the skin, blood, muscles, other tissues and joints—present to the electric current a certain impedance composed of resistive and capacitive components.

The values of these impedances depend on a certain number of factors and, in particular, on the current path, on the touch voltage, the duration of the current flow, the frequency, the degree of moisture of the skin, the surface area of contact, the pressure exerted and on the temperature.

The impedance values indicated in this report result from a close examination of the experimental results available from measurements carried out principally on corpses and on some living persons.

2. Scope

This chapter indicates values for the electrical impedance of the human body as a function of the touch voltage, the frequency, the degree of moisture of the skin and the current path.

Note. — The values given in Clause 5 refer to frequencies of 50/60 Hz; values for higher frequencies and for direct current are under consideration.

3. Definitions

3.1 *Internal impedance of the human body (Z_i)*

Impedance between two electrodes in contact with two parts of the human body, after removing the skin from under the electrodes.

3.2 *Impedance of the skin (Z_p)*

Impedance between an electrode on the skin and the conductive tissues underneath.

3.3 *Total impedance of the human body (Z_T)*

Vectorial sum of the internal impedance and the impedances of the skin (see Figure 1, page 14).

3.4 *Initial resistance of the human body (R_i)*

Resistance limiting the peak value of the current at the moment when the touch voltage occurs.

4. Caractéristiques de l'impédance du corps humain

Le diagramme de la figure 1, page 14, représente les impédances du corps humain.

4.1 Impédance interne du corps humain (Z_i)

L'impédance interne du corps humain peut être considérée comme principalement résistive. Sa valeur dépend principalement du trajet du courant et, dans une moindre mesure, de la surface de contact. Toutefois, lorsque la surface de contact est très faible — de l'ordre de quelques millimètres carrés — l'impédance interne est augmentée.

Note. — Les mesures montrent qu'une faible composante capacitive existe (traits interrompus de la figure 1).

La figure 2, page 14, indique les valeurs de l'impédance interne du corps humain pour différents trajets exprimées en pourcentage de la valeur pour le trajet main gauche à main droite.

4.2 Impédance de la peau (Z_p)

L'impédance de la peau peut être considérée comme un ensemble de résistances et de capacités. Sa structure est constituée par une couche semi-conductrice et de petits éléments conducteurs (pores). L'impédance de la peau décroît rapidement lorsque le courant augmente. Des marques de courant sont parfois observées.

La valeur d'impédance de la peau dépend de la tension, de la fréquence, de la durée de passage du courant, de la surface de contact, de la pression de contact, de l'état d'humidité de la peau et de la température.

Pour des tensions de contact jusqu'à 50 V environ, la valeur de l'impédance de la peau varie largement, même pour une personne, en fonction de la surface de contact, de la température, de la respiration, etc.

Pour des tensions de contact supérieures à une valeur comprise entre 50 V et 100 V environ, l'impédance de la peau décroît rapidement et devient négligeable lorsque la peau est perforée.

En ce qui concerne l'influence de la fréquence, l'impédance de la peau décroît quand la fréquence augmente.

4.3 Impédance totale du corps humain (Z_T)

L'impédance totale du corps humain est constituée d'une composante résistive et d'une composante capacitive.

Pour des tensions de contact jusqu'à 50 V environ, en raison des variations importantes de l'impédance de la peau Z_p , l'impédance totale du corps humain Z_T varie de même dans de larges limites.

Pour des tensions de contact plus élevées, l'impédance totale dépend de moins en moins de l'impédance de la peau et sa valeur s'approche, après perforation de la peau, de celle de l'impédance interne Z_i .

En ce qui concerne l'influence de la fréquence, compte tenu de la variation de l'impédance de la peau en fonction de la fréquence, l'impédance totale du corps humain est plus élevée en courant continu et décroît quand la fréquence augmente.

4.4 Résistance initiale du corps humain (R_i)

Au moment où la tension de contact est appliquée, les capacités du corps humain ne sont pas chargées, c'est pourquoi les impédances de la peau Z_p sont négligeables et la résistance initiale R_i est approximativement égale à l'impédance interne du corps humain Z_i (voir figure 1). R_i dépend principalement du trajet du courant et, dans une moindre mesure, de la surface de contact.

La résistance initiale R_i limite les pointes de courant de brèves impulsions (par exemple les chocs dus à des clôtures électriques).