

SPÉCIFICATION
TECHNIQUE

TECHNICAL
SPECIFICATION

CEI
IEC

TS 60479-1

Quatrième édition
Fourth edition
2005-07

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

**Effets du courant sur l'homme
et les animaux domestiques –**

**Partie 1:
Aspects généraux**

**Effects of current on human beings
and livestock –**

**Part 1:
General aspects**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC/TS 60479-1:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

SPÉCIFICATION TECHNIQUE

**CEI
IEC**

TECHNICAL SPECIFICATION

TS 60479-1

Quatrième édition
Fourth edition
2005-07

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques –

Partie 1: Aspects généraux

Effects of current on human beings and livestock –

Part 1: General aspects

© IEC 2005 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

XA

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	10
INTRODUCTION	16
1 Domaine d'application et objet	20
2 Références normatives	22
3 Définitions	22
3.1 Définitions générales	22
3.2 Effets du courant alternatif dans la gamme de fréquences de 15 Hz à 100 Hz	24
3.3 Effets du courant continu	26
4 Impédances électriques du corps humain	26
4.1 Impédance interne du corps humain (Z_i)	26
4.2 Impédance de la peau (Z_s)	28
4.3 Impédance totale du corps humain (Z_T)	28
4.4 Facteurs affectant la résistance initiale du corps humain (R_o)	28
4.5 Valeurs de l'impédance totale du corps humain (Z_T)	28
4.6 Valeur de la résistance initiale du corps humain (R_o)	44
5 Effets du courant alternatif de fréquence comprise entre 15 Hz et 100 Hz	44
5.1 Seuil de perception	44
5.2 Seuil de réaction	44
5.3 Immobilisation	44
5.4 Seuil de non-lâcher	44
5.5 Seuil de fibrillation ventriculaire	46
5.6 Autres effets du courant liés aux chocs électriques	46
5.7 Effets du courant sur la peau	48
5.8 Descriptions des zones temps/courant (voir Figure 20)	50
5.9 Application du facteur de courant de cœur (F)	50
6 Effets du courant continu	52
6.1 Seuil de perception et seuil de réaction	52
6.2 Seuil d'immobilisation et seuil de non-lâcher	52
6.3 Seuil de fibrillation ventriculaire	52
6.4 Autres effets du courant	54
6.5 Descriptions des zones temps/courant (voir Figure 22)	56
6.6 Facteur de cœur	56
Annexes	94
Annexe A (normative) Mesures de l'impédance totale du corps humain Z_T effectuées sur des personnes vivantes et sur des cadavres et analyse statistique des résultats	96
Annexe B (normative) Influence de la fréquence sur l'impédance totale du corps humain (Z_T)	102
Annexe C (normative) Résistance totale du corps (R_T) en courant continu	104
Annexe D (informative) Exemples de calcul de Z_T	106
Bibliographie	114

CONTENTS

FOREWORD.....	11
INTRODUCTION.....	17
1 Scope.....	21
2 Normative references	23
3 Terms and definitions	23
3.1 General definitions	23
3.2 Effects of sinusoidal alternating current in the range 15 Hz to 100 Hz	25
3.3 Effects of direct current	27
4 Electrical impedance of the human body.....	27
4.1 Internal impedance of the human body (Z_i).....	27
4.2 Impedance of the skin (Z_s).....	29
4.3 Total impedance of the human body (Z_T).....	29
4.4 Factors affecting initial resistance of the human body (R_O).....	29
4.5 Values of the total impedance of the human body (Z_T).....	29
4.6 Value of the initial resistance of the human body (R_O)	45
5 Effects of sinusoidal alternating current in the range of 15 Hz to 100 Hz.....	45
5.1 Threshold of perception.....	45
5.2 Threshold of reaction.....	45
5.3 Immobilization	45
5.4 Threshold of let-go	45
5.5 Threshold of ventricular fibrillation.....	47
5.6 Other effects related to electric shocks.....	47
5.7 Effects of current on the skin.....	49
5.8 Description of time/current zones (see Figure 20).....	51
5.9 Application of heart-current factor (F)	51
6 Effects of direct current	53
6.1 Threshold of perception and threshold of reaction	53
6.2 Threshold of immobilization and threshold of let-go	53
6.3 Threshold of ventricular fibrillation.....	53
6.4 Other effects of current	55
6.5 Description of time/current zones (see Figure 22).....	57
6.6 Heart factor	57
Annexes	95
Annex A (normative) Measurements of the total body impedances Z_T made on living human beings and on corpses and the statistical analysis of the results	97
Annex B (normative) Influence of frequency on the total body impedance (Z_T)	103
Annex C (normative) Total body resistance (R_T) for direct current	105
Annex D (informative) Examples of calculations of Z_T	107
Bibliography.....	115

Figure 1 – Impédances du corps humain.....	56
Figure 2 – Impédances internes partielles Z_{ip} du corps humain	58
Figure 3 – Diagramme simplifié des impédances internes du corps humain	60
Figure 4 – Impédance totale du corps Z_T (50 %) pour un trajet du courant de main à main, pour des surfaces de contact importantes, dans des conditions sèches, humides et humides et salées pour un pourcentage de la population de 50 %, avec des tensions de contact U_T de 25 V à 700 V en courant alternatif 50/60 Hz	62
Figure 5 – Assujettissement de l'impédance totale Z_T d'une personne vivante à la surface de contact dans des conditions sèches et à la tension de contact (50 Hz)	64
Figure 6 – Assujettissement de l'impédance totale du corps Z_T à la tension de contact U_T pour un trajet du courant depuis l'extrémité de l'index gauche vers l'index droit comparée à des surfaces de contact importantes depuis la main droite vers la main gauche, dans des conditions sèches, mesurées sur une personne vivante avec une tension de contact U_T variant de 25 V à 200 V en courant alternatif (50 Hz), d'une durée maximale de l'écoulement du courant de 25 ms	66
Figure 7 – Assujettissement de l'impédance totale du corps Z_T pour un pourcentage de 50 % de la population de personnes vivantes pour des surfaces de contact importantes, moyennes et faibles (respectivement d'environ 10 000 mm ² , 1 000 mm ² et 100 mm ²) dans des conditions sèches avec des tensions de contact U_T variant de 25 V à 200 V en courant alternatif (50/60 Hz)	68
Figure 8 – Assujettissement de l'impédance totale du corps Z_T pour un pourcentage de 50 % de la population de personnes vivantes pour des surfaces de contact importantes, moyennes et faibles (respectivement d'environ 10 000 mm ² , 1 000 mm ² et 100 mm ²) dans des conditions humides avec des tensions de contact U_T variant de 25 V à 200 V en courant alternatif (50/60 Hz)	70
Figure 9 – Assujettissement de l'impédance totale du corps Z_T pour un pourcentage de 50 % de la population de personnes vivantes pour des surfaces de contact importantes, moyennes et faibles (respectivement d'environ 10 000 mm ² , 1 000 mm ² et 100 mm ²) dans des conditions humides et salées avec des tensions de contact U_T variant de 25 V à 200 V en courant alternatif (50/60 Hz)	72
Figure 10 – Valeurs de l'impédance totale du corps Z_T mesurées sur 10 personnes vivantes avec un trajet de courant de main à main et des surfaces de contact importantes dans des conditions sèches pour une tension de contact de 10 V et des fréquences de 25 Hz à 20 kHz	74
Figure 11 – Valeurs de l'impédance totale du corps Z_T mesurées sur 1 personne vivante avec un trajet de courant de main à main et des surfaces de contact importantes dans des conditions sèches pour une tension de contact de 25 V et des fréquences de 25 Hz à 2 kHz	74
Figure 12 – Valeurs de l'impédance totale du corps Z_T en fonction de la fréquence pour un pourcentage de 50 % de la population avec des tensions de contact variant de 10 V à 1 000 V en courant alternatif de 50 Hz à 2 kHz pour un trajet de courant de main à main ou de main à pied avec des surfaces de contact importantes dans des conditions sèches	76
Figure 13 – Valeur statistique des impédances totales du corps Z_T et de la résistance du corps R_T pour un pourcentage de 50 % de la population de personnes vivantes pour un trajet de courant de main à main avec des surfaces de contact importantes, dans des conditions sèches pour des tensions de contact jusqu'à 700 V en courant alternatif de 50/60 Hz et en courant continu	78
Figure 14 – Assujettissement de l'altération de la peau humaine en fonction de la densité du courant i_T et de la durée d'écoulement du courant (pour la description détaillée des zones, voir 5.7)	80
Figure 15 – Electrodes utilisées pour la mesure de l'assujettissement de l'impédance totale du corps Z_T en fonction de la surface de contact	82

Figure 1 – Impedances of the human body.....	57
Figure 2 – Internal partial impedances Z_{ip} of the human body	59
Figure 3 – Simplified schematic diagram for the internal impedances of the human body	61
Figure 4 – Total body impedances Z_T (50 %) for a current path hand to hand, for large surface areas of contact in dry, water-wet and saltwater-wet conditions for a percentile rank of 50 % of the population for touch voltages $U_T = 25$ V to 700 V, a.c. 50/60 Hz	63
Figure 5 – Dependence of the total impedance Z_T of one living person on the surface area of contact in dry condition and at touch voltage (50 Hz)	65
Figure 6 – Dependence of the total body impedance Z_T on the touch voltage U_T for a current path from the tips of the right to the left forefinger compared with large surface areas of contact from the right to the left hand in dry conditions measured on one living person, touch voltage range $U_T = 25$ V to 200 V, a.c. 50 Hz, duration of current flow max. 25 ms	67
Figure 7 – Dependence of the total body impedance Z_T for the 50 th percentile rank of a population of living human beings for large, medium and small surface areas of contact (order of magnitude 10 000 mm ² , 1 000 mm ² and 100 mm ² respectively) in dry conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz	69
Figure 8 – Dependence of the total body impedance Z_T for the 50 th percentile rank of a population of living human beings for large, medium and small surface areas of contact (order of magnitude 10 000 mm ² , 1 000 mm ² and 100 mm ² respectively) in water-wet conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V, a.c. 50/60 Hz	71
Figure 9 – Dependence of the total body impedance Z_T for the 50 th percentile rank of a population of living human beings for large, medium and small surface areas of contact (order of magnitude 10 000 mm ² , 1 000 mm ² and 100 mm ² respectively) in saltwater-wet conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V, a.c. 50/60 Hz	73
Figure 10 – Values for the total body impedance Z_T measured on 10 living human beings with a current path hand to hand and large surface areas of contact in dry conditions at a touch voltage of 10 V and frequencies from 25 Hz to 20 kHz	75
Figure 11 – Values for the total body impedance Z_T measured on one living human being with a current path hand to hand and large surface areas of contact in dry conditions at a touch voltage of 25 V and frequencies from 25 Hz to 2 kHz	75
Figure 12 – Frequency dependence of the total body impedance Z_T of a population for a percentile rank of 50 % for touch voltages from 10 V to 1 000 V and a frequency range from 50 Hz to 2 kHz for a current path hand to hand or hand to foot, large surface areas of contact in dry conditions	77
Figure 13 – Statistical value of total body impedances Z_T and body resistances R_T for a percentile rank of 50 % of a population of living human beings for the current path hand to hand, large surface areas of contact, dry conditions, for touch voltages up to 700 V, for a.c. 50/60 Hz and d.c.	79
Figure 14 – Dependence of the alteration of human skin condition on current density i_T and duration of current flow (for detailed description of zones, see 5.7)	81
Figure 15 – Electrodes used for the measurement of the dependence of the impedance of the human body Z_T on the surface area of contact	83

Figure 16 – Oscillogrammes des tensions de contact U_T et des courants de contact I_T pour un courant alternatif, trajet de main à main, surfaces de contact importantes, conditions sèches enregistrés d'après mesures	84
Figure 17 – Occurrence de la période vulnérable des ventricules lors du cycle cardiaque. Les nombres indiquent les stades consécutifs de la propagation de l'excitation	86
Figure 18 – Déclenchement de la fibrillation ventriculaire lors d'une période vulnérable. Effets sur l'électrocardiogramme (ECG) et la pression du sang	86
Figure 19 – Données de fibrillation pour les chiens, les cochons et les moutons à partir d'expériences et pour les personnes, calculées à partir des statistiques d'accidents électriques, avec une direction transversale du courant « main-main » et pour des tensions de contact $U_T = 220$ V et 380 V en courant alternatif avec des impédances de corps Z_T (5 %)	88
Figure 20 – Zones temps/courant conventionnelles des effets des courants alternatifs (15 Hz à 100 Hz) sur des personnes pour un trajet de courant correspondant main gauche à pieds (pour plus de détails, voir le Tableau 11).....	90
Figure 21 – Oscillogrammes des tensions de contact U_T et des courants de contact I_T pour un trajet de courant continu de main à main, avec surfaces de contact importantes dans des conditions sèches	90
Figure 22 – Zones conventionnelles temps/courant des effets des courants continus sur des personnes pour un trajet longitudinal montant (pour plus de détails, voir Tableau 13)	92
Figure 23 – Courants de non-lâcher pour un courant sinusoïdal de 60 Hz.....	92
Tableau 1 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main en courant alternatif 50/60 Hz pour des surfaces de contact importantes dans des conditions sèches	30
Tableau 2 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main en courant alternatif 50/60 Hz pour des surfaces de contact importantes dans des conditions humides	32
Tableau 3 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main en courant alternatif 50/60 Hz pour des surfaces de contact importantes dans des conditions humides et salées	34
Tableau 4 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact moyennes dans des conditions sèches, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω).....	36
Tableau 5 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact moyennes dans des conditions humides, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω).....	38
Tableau 6 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact moyennes dans des conditions humides et salées, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω)	38
Tableau 7 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact faibles dans des conditions sèches, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω).....	38
Tableau 8 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact faibles dans des conditions humides, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 25 Ω).....	40

Figure 16 – Oscillograms of touch voltages U_T and touch currents I_T for a.c., current path hand to hand, large surface areas of contact in dry conditions taken from measurements	85
Figure 17 – Occurrence of the vulnerable period of ventricles during the cardiac cycle	87
Figure 18 – Triggering of ventricular fibrillation in the vulnerable period – Effects on electro-cardiogram (ECG) and blood pressure	87
Figure 19 – Fibrillation data for dogs, pigs and sheep from experiments and for persons calculated from statistics of electrical accidents with transversal direction of current flow hand to hand and touch voltages $U_T = 220$ V and 380 V a.c. with body impedances Z_T (5 %)	89
Figure 20 – Conventional time/current zones of effects of a.c. currents (15 Hz to 100 Hz) on persons for a current path corresponding to left hand to feet (for explanation see Table 11).....	91
Figure 21 – Oscillogram of touch voltages U_T and touch current I_T for d.c., current path hand to hand, large surface areas of contact in dry conditions	91
Figure 22 – Conventional time/current zones of effects of d.c. currents on persons for a longitudinal upward current path (for explanation see Table 13).....	93
Figure 23 – Let-go currents for 60 Hz sinusoidal current	93
Table 1 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand a.c. 50/60 Hz, for large surface areas of contact in dry conditions	31
Table 2 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand a.c. 50/60 Hz, for large surface areas of contact in water-wet conditions	33
Table 3 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand a.c. 50/60 Hz, for large surface areas of contact in saltwater-wet conditions.....	35
Table 4 –Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for medium surface areas of contact in dry conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz (values rounded to 25 Ω)	37
Table 5 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for medium surface areas of contact in water-wet conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz (values rounded to 25 Ω).....	39
Table 6 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for medium surface areas of contact in saltwater-wet conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz (values rounded to 5 Ω).....	39
Table 7 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for small surface areas of contact in dry conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz (values rounded to 25 Ω)	39
Table 8 – Total body impedances Z_T for a current path hand to hand for small surface areas of contact in water-wet conditions at touch voltages $U_T = 25$ V to 200 V a.c. 50/60 Hz (values rounded to 25 Ω)	41

Tableau 9 – Impédance totale du corps humain Z_T pour un trajet de courant main à main pour des surfaces de contact faibles dans des conditions humides et salées, pour des tensions de contact U_T de 25 V à 200 V en courant alternatif 50/60 Hz (valeurs arrondies à 5 Ω).....	40
Tableau 10 – Résistance totale du corps humain R_T pour un trajet de courant main à main en courant continu pour des surfaces de contact importantes dans des conditions sèches.....	42
Tableau 11 – Zones temps/courant en tension alternative 15 Hz à 100 Hz pour un trajet main à pied – Description des zones de la Figure 20	50
Tableau 12 – Facteur de courant de cœur F pour différents trajets du courant.....	52
Tableau 13 – Zones temps/courant en courant continu pour un trajet main à pied – Description des zones de la Figure 22	56
Tableau A.1 – Impédances totales du corps humain Z_T , électrodes de type A dans des conditions sèches et facteurs de correction F_D (5 % et 95 %)	96
Tableau A.2 – Impédances totales du corps humain Z_T , électrodes de type B dans des conditions sèches, humides et humides et salées et facteurs de correction F_D (5 % et 95 %).....	96
Tableau A.3 – Impédances totales du corps humain Z_T dans des conditions sèches, humides et humides et salées et facteurs de correction F_D (5 % et 95 %)	98
Tableau A.4 – Facteurs de correction F_D (5 %) et F_D (95 %) dans des conditions sèches et humides pour des tensions de contact variant de $U_T = 25$ V à 400 V pour des surfaces de contact importantes, moyennes et faibles.....	100
Tableau D.1 – Valeurs d'impédances totales du corps pour 50 % de la population pour un trajet de courant mains à pieds, surfaces de contact moyenne pour les mains et importante pour les pieds, facteur de réduction de 0,8, conditions sèches, courants de contact I_T et effets électrophysiologiques.....	110