

RAPPORT TECHNIQUE TECHNICAL REPORT

**CEI
IEC**

60479-3

Première édition
First edition
1998-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

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

**Partie 3:
Effets de courants passant par le corps
d'animaux domestiques**

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

**Part 3:
Effects of currents passing through
the body of livestock**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60479-3:1998

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

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 in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

RAPPORT TECHNIQUE – TYPE 2

**CEI
IEC**

TECHNICAL REPORT – TYPE 2

60479-3

Première édition
First edition
1998-09

PUBLICATION FONDAMENTALE DE SÉCURITÉ
BASIC SAFETY PUBLICATION

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

Partie 3: Effets de courants passant par le corps d'animaux domestiques

Effects of current on human beings and livestock –

Part 3: Effects of currents passing through the body of livestock

© IEC 1998 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

N

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application	10
1.2 Remarques générales	10
1.3 Références normatives	12
1.4 Définitions.....	12
2 Caractéristiques de l'impédance électrique du corps des animaux domestiques.....	14
2.1 Impédance interne des animaux (Z_i).....	16
2.2 Impédance du cuir et de la peau (Z_p).....	16
2.3 Impédance (résistance) du sabot (Z_h , R_h).....	16
2.4 Impédance totale du corps (Z_T)	18
2.5 Résistance initiale du corps (R_0)	18
3 Valeurs de l'impédance totale du corps (Z_T)	18
4 Valeurs de la résistance initiale du corps (R_0).....	20
5 Effets du courant alternatif sinusoïdal sur les animaux domestiques, pour des fréquences comprises entre 15 Hz et 100 Hz	22
5.1 Seuil de réaction	22
5.2 Seuil d'immobilisation.....	22
5.3 Seuil de fibrillation ventriculaire.....	22
Bibliographie	28
Figures	
Figure 1 – Passage du courant et impédances des parties concernées d'un corps de vache pour un trajet mufle-pattes.....	14
Figure 2 – Schémas pour un animal, d'un trajet de courant mufle-quatre pattes (trajet A) et pattes avant-pattes arrière (trajet B).....	14
Figure 3 – Schéma de l'impédance totale du corps pour le bétail, concernant 5 % de la population.....	20
Figure 4 – Fibrillation ventriculaire du mouton	24
Figure 5 – Courants minimaux de fibrillation pour un mouton en fonction du poids, pour des chocs de 3 s.....	26
Figure 6 – Courants minimaux de fibrillation (moyens) pour diverses espèces d'animaux domestiques en fonction du poids, pour des durées de choc de 3 s.....	26
Tableaux	
Tableau 1 – Impédance (résistance) des sabots de bétail (Z_h , R_h) pour des tensions en courant alternatif 50/60 Hz et des tensions jusqu'à 230 V	16
Tableau 2 – Impédances totales du corps Z_T , en courant alternatif 50/60 Hz, pour du bétail et pour des tensions de contact jusqu'à 230 V	18
Tableau 3 – Résistance initiale du corps R_0 , pour du bétail	20
Tableau 4 – Seuil de fibrillation ventriculaire en courant alternatif 50/60 Hz et pour une durée de choc de 3 s pour diverses espèces d'animaux domestiques	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	9
Clause	
1 General.....	11
1.1 Scope	11
1.2 General remarks	11
1.3 Normative references	13
1.4 Definitions.....	13
2 Characteristics of the impedance of the body of livestock	15
2.1 Internal impedance of animals (Z_i).....	17
2.2 Impedance of the hide and skin (Z_p).....	17
2.3 Impedance (resistance) of the hoof (Z_h , R_h)	17
2.4 Total body impedance (Z_T)	19
2.5 Initial body resistance (R_0)	19
3 Values of the total body impedance (Z_T)	19
4 Values of the initial resistance of the body (R_0).....	21
5 Effects on livestock of sinusoidal alternating current in the range from 15 Hz to 100 Hz.	23
5.1 Threshold of reaction	23
5.2 Threshold of immobilization.....	23
5.3 Threshold of ventricular fibrillation.....	23
Bibliography	29
Figures	
Figure 1 – Current flow and impedances of the relevant parts of the body of a cow for current path from the nose to the legs.....	15
Figure 2 – Diagrams for an animal, for a current path from the nose to the four legs (path A) and from the forelegs to the hindlegs (path B).....	15
Figure 3 – Diagram for the total body impedance for cattle for a percentage of 5 % of the population	21
Figure 4 – Ventricular fibrillation for sheep	25
Figure 5 – Minimum fibrillating currents of sheep as a function of weight for a shock duration of 3 s	27
Figure 6 – Minimum fibrillating currents (average) of various species of livestock as a function of weight for a shock duration of 3 s.....	27
Tables	
Table 1 – Impedance (resistance) of the hooves of cattle (Z_h , R_h) for a.c. voltages up to 230 V, 50/60 Hz	17
Table 2 – Total body impedances Z_T for a.c. 50/60 Hz for cattle for touch voltages up to 230 V.....	19
Table 3 – Initial body resistance R_0 for cattle	21
Table 4 – Threshold of ventricular fibrillation for a.c. 50/60 Hz for different species of livestock, for a shock duration of 3 s	25

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EFFETS DU COURANT SUR L'HOMME ET LES ANIMAUX DOMESTIQUES –

Partie 3: Effets de courants passant par le corps d'animaux domestiques

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaborer des Normes internationales. Exceptionnellement, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique de l'un des types suivants:

- type 1, lorsque, en dépit de maints efforts, l'accord requis ne peut être réalisé en faveur de la publication d'une Norme internationale;
- type 2, lorsque le sujet en question est encore en cours de développement technique ou lorsque, pour une raison quelconque, la possibilité d'un accord pour la publication d'une Norme internationale peut être envisagée pour l'avenir mais pas dans l'immédiat;
- type 3, lorsqu'un comité d'études a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales, cela pouvant comprendre, par exemple, des informations sur l'état de la technique.

Les rapports techniques des types 1 et 2 font l'objet d'un nouvel examen trois ans au plus tard après leur publication afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. Les rapports techniques du type 3 ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données qu'ils contiennent ne soient plus jugées valables ou utiles.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**EFFECTS OF CURRENT ON HUMAN BEINGS
AND LIVESTOCK –****Part 3: Effects of currents passing through the body of livestock****FOREWORD**

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

The main task of IEC technical committees is to prepare International Standards. In exceptional circumstances, a technical committee may propose the publication of a technical report of one of the following types:

- type 1, when the required support cannot be obtained for the publication of an International Standard, despite repeated efforts;
- type 2, when the subject is still under technical development or where for any other reason there is the future but no immediate possibility of an agreement on an International Standard;
- type 3, when a technical committee has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

Technical reports of types 1 and 2 are subject to review within three years of publication to decide whether they can be transformed into International Standards. Technical reports of type 3 do not necessarily have to be reviewed until the data they provide are considered to be no longer valid or useful.

La CEI 60479-3, rapport technique de type 2, a été établie par le comité d'études 64 de la CEI: Installations électriques des bâtiments.

Le texte de ce rapport technique est issu des documents suivants:

Projet de comité	Rapport de vote
64/937/CDV	64/994/RVC

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

La CEI 60479 est constituée des parties suivantes, regroupées sous le titre général *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques*

- Partie 1:1994, Aspects généraux
- Partie 2:1987, Aspects particuliers – Chapitre 4: Effets du courant alternatif de fréquence supérieure à 100 Hz – Chapitre 5: Effets des courants de formes d'ondes spéciales – Chapitre 6: Effets des courants d'impulsion unique de courte durée
- Partie 3: Effets du courant passant par le corps d'animaux domestiques

Le présent document est publié dans la série des rapports techniques de type 2 (conformément au paragraphe G.3.2.2 de la partie 1 des *Directives ISO/CEI*) comme «norme prospective d'application provisoire» dans le domaine des installations électriques des bâtiments (et des effets du courant sur l'homme et les animaux) en raison de l'urgence d'avoir des indications sur la meilleure façon d'utiliser les normes dans ce domaine afin de répondre à un besoin déterminé.

Ce rapport technique ne doit pas être considéré comme une «Norme internationale». Il est proposé pour une mise en oeuvre provisoire, dans le but de recueillir des informations et d'acquérir de l'expérience quant à son application dans la pratique. Il est de règle d'envoyer les observations éventuelles relatives au contenu de ce document au Bureau Central de la CEI.

Il sera procédé à un nouvel examen de ce rapport technique de type 2 trois ans au plus tard après sa publication, avec la faculté de prolonger la validité pendant trois autres années, de le transformer en Norme internationale ou de l'annuler.

Le présent rapport technique a le statut d'une publication fondamentale de sécurité conformément au *Guide 104 de la CEI*.

IEC 60479-3, which is a technical report of type 2, has been prepared by IEC technical committee 64: Electrical installations of buildings.

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

Committee draft	Report on voting
64/937/CDV	64/994/RVC

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

IEC 60479 consists of the following parts under the general title *Effects of current on human beings and livestock*

- Part 1:1994, General aspects;
- Part 2:1987, 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;
- Part 3: Effects of currents passing through the bodies of livestock.

This document is issued in the type 2 technical report series of publications (according to G.3.2.2 of part 1 of the *ISO/IEC Directives*) as a "Prospective standard for provisional application" in the field of electrical installations of buildings (and the effects of current on human beings and livestock) because there is an urgent requirement for guidance on how standards of this format should be used to meet an identified need.

This technical report is not to be regarded as an "International Standard". It is proposed for provisional application so that information and experience of its use in practice may be gathered. Comments on the content of this document should be sent to the IEC Central Office.

A review of this type 2 technical report will be carried out not later than three years after its publication, with the options of either extension for a further three years or conversion to an International Standard or withdrawal.

This technical report has the status of a basic safety publication in accordance with *IEC Guide 104*.

INTRODUCTION

Le présent rapport technique donne des indications fondamentales sur les effets des courants électriques sur les animaux domestiques et sert de guide pour l'établissement de prescriptions de sécurité électrique.

Cependant, d'autres aspects sont à prendre en compte, tels que la probabilité d'apparition de défauts, la probabilité de contact avec des parties actives ou en défaut, la tension de contact et la tension de défaut, l'expérience acquise, la réalisation technique et les aspects économiques. Ces paramètres sont soigneusement analysés lors de l'établissement de prescriptions de sécurité, par exemple pour les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de protection des installations électriques.

Pour la protection contre les contacts indirects des animaux domestiques, le seuil de fibrillation ventriculaire est le critère sur lequel il convient d'établir les prescriptions de sécurité. Dans ce but, des indications sont données dans la présente partie de la CEI 60479 sur l'impédance du corps des animaux domestiques et sur l'amplitude du courant de seuil de la fibrillation ventriculaire. Comme il existe peu d'informations sur l'impédance des animaux, la valeur d'impédance du bétail, des pattes avant aux pattes arrière (voir tableau 2), a été utilisée comme base de calcul.

Dans le cadre de ce rapport, les espèces d'animaux prises en compte sont des animaux domestiques dans des installations rurales et subissant un choc électrique: bétail, moutons, porcs et chevaux.

INTRODUCTION

This technical report provides basic guidance on the effects of electric currents on livestock and is 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, touch voltage, fault voltage, experience gained, technical feasibility and economics. These parameters need to be considered carefully when fixing safety requirements, for example operating characteristics of protective devices for electrical installations.

For protection against indirect contact of livestock, the threshold of ventricular fibrillation is the criterion on which safety requirements should be fixed. For this reason, information is presented in this part of IEC 60479 on the body impedance of livestock and on the current magnitude of the threshold of ventricular fibrillation. As there is only little information on the impedance of animals, the lowest impedance value for cattle, forelegs to hindlegs (see table 2), has been used as the basis for calculation.

For the purpose of this report the following species of animals are considered to be livestock which might in rural installations suffer from an electric shock: cattle, sheep, pigs and horses.

EFFETS DU COURANT SUR L'HOMME ET LES ANIMAUX DOMESTIQUES –

Partie 3: Effets de courants passant par le corps d'animaux domestiques

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

Le présent rapport technique donne des valeurs d'impédances électriques du corps d'animaux domestiques en fonction de la tension de contact, du degré d'humidité du cuir ou de la peau et du trajet du courant.

Actuellement, ces valeurs ne sont applicables qu'au bétail.

Il décrit les effets du courant alternatif sinusoïdal, pour des fréquences comprises entre 15 Hz et 100 Hz, passant à travers le corps d'animaux domestiques.

NOTE – Sauf spécifications contraires, les valeurs de courant définies dans ce rapport technique sont des valeurs efficaces.

1.2 Remarques générales

Pour un trajet donné de courant à travers le corps, le danger dépend essentiellement de l'intensité et de la durée du passage du courant. Toutefois, les relations temps/courant spécifiées à l'article 5 ne sont pas, dans beaucoup de cas, directement applicables en pratique pour concevoir la protection contre les chocs électriques. Le critère nécessaire est la limite admissible de la tension de contact (c'est-à-dire le produit du courant passant à travers le corps par l'impédance du corps) en fonction du temps. La relation entre le courant et la tension n'est pas linéaire du fait de l'impédance du corps des espèces d'animaux avec la tension de contact, et des données relatives à cette fonction sont donc nécessaires.

Les diverses parties du corps des animaux (telles que cuir, peau, sang, muscles, autres tissus et jointures) présentent vis-à-vis du courant électrique une impédance composée d'éléments résistifs et capacitifs. Plus particulièrement le cuir, dans le domaine de tensions de quelques centaines de volts, présente fréquemment une résistance élevée.

La valeur de ces impédances dépend, selon les espèces d'animaux, de plusieurs facteurs: le trajet de courant, la tension de contact, la durée de passage du courant, la fréquence, le degré d'humidité du cuir et/ou de la peau, la surface de contact, la pression exercée et la température.

Les valeurs d'impédances données dans ce rapport sont dues à un examen approfondi des résultats d'expériences effectués essentiellement sur des animaux vivants.

L'article 5 se fonde essentiellement sur les recherches des effets du courant pour des fréquences de 50 Hz ou 60 Hz, qui sont les plus habituelles dans les installations électriques. Les valeurs données sont censées être applicables pour des fréquences comprises entre 15 Hz et 100 Hz, les valeurs de seuil aux limites de ce domaine étant supérieures à celles obtenues pour des fréquences de 50 Hz et 60 Hz.

Cet article traite principalement du risque de fibrillation ventriculaire qui est la cause essentielle d'accidents mortels dans ce domaine de fréquences.

EFFECTS OF CURRENT ON HUMAN BEINGS AND LIVESTOCK –

Part 3: Effects of currents passing through the body of livestock

1 General

1.1 Scope

This technical report indicates values for the electrical impedance of the body of livestock as a function of the touch voltage, the degree of moisture of the hide or skin and the current path.

At this time values are only available for cattle.

It describes the effects of sinusoidal alternating current within the frequency range from 15 Hz to 100 Hz passing through the body of livestock.

NOTE – Unless otherwise specified, the current values defined in this technical report are r.m.s. values.

1.2 General remarks

For a given current path through the body, the danger depends mainly on the magnitude and duration of the current flow. However, the time/current relations specified in clause 5 are, in many cases, not directly applicable in practice for designing protection against electric shock. The necessary criterion is 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 body of livestock varies with the touch voltage, and data on this relationship is accordingly required.

The different parts of the body of livestock (such as the hide, skin, blood, muscles, other tissues and joints) present to the electric current an impedance composed of resistive and capacitive components. The dry hides in particular, in the range of voltages up to several hundred volts, frequently present a high resistance.

The value of these impedances depends on a number of factors, in particular the species of the animal, the current path, the touch voltage, the duration of current flow, the frequency, the degree of moisture of the hide and/or the skin, the surface area of contact, the pressure exerted and the temperature.

The impedance values indicated in this report result from close examination of the experimental results available from measurements carried out principally on living animals.

Clause 5 is primarily based on the findings related to the effects of current at frequencies of 50 Hz or 60 Hz which are the most common in electrical installations. The values given are deemed applicable to the frequency range from 15 Hz to 100 Hz, threshold values at the limits of this range being higher than those at 50 Hz and 60 Hz.

This clause considers principally the risk of ventricular fibrillation which is the main cause of fatal accidents in that range of frequencies.

1.3 Références normatives

Les documents normatifs suivant contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour le présent rapport technique. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur le présent rapport technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 60479-1:1994, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*

Guide 104 de la CEI:1997, *Elaboration des publications de sécurité et utilisation des publications fondamentales de sécurité et publications groupées de sécurité*

ISO/IEC Guide 51:1990, *Principes directeurs pour inclure dans les normes les aspects liés à la sécurité*

1.4 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60479, les définitions données dans la CEI 60479-1, ainsi que les suivantes s'appliquent.

1.4.1

impédance interne du corps (Z_i)

impédance entre deux électrodes en contact avec deux parties du corps, en négligeant les impédances du cuir et de la peau, et celle de sabots éventuels

1.4.2

impédance du cuir et de la peau (Z_p)

impédance entre une électrode sur le cuir et/ou la peau et les tissus conducteurs sous-jacents

1.4.3

impédance du sabot (Z_h)

impédance entre une électrode sous le sabot et les tissus conducteurs situés au-dessus

1.4.4

impédance totale du corps (Z_T)

somme vectorielle de l'impédance interne et des impédances du cuir, de la peau et de sabots éventuels (voir figure 1)

1.4.5

résistance initiale du corps (R_o)

résistance limitant la valeur crête du courant au moment où la tension de contact apparaît, en négligeant la résistance éventuelle du cuir, mais en tenant compte de la résistance de sabots éventuels

1.4.6

seuil de réaction

valeur minimale du courant entraînant une contraction musculaire involontaire

1.3 Normative references

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

IEC 60479-1:1994, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

IEC Guide 104:1997, *The preparation of safety publications and the use of basic safety publications and group safety publication*

ISO/IEC guide 51:1990, *Guidelines for the inclusion of safety aspects in standards*

1.4 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60479, the definitions given in IEC 60479-1, as well as the following definitions apply.

1.4.1

internal impedance of the body (Z_i)

impedance between two electrodes in contact with two parts of the body, neglecting hide and skin impedances and the impedance of the hooves, if any

1.4.2

impedance of the hide and skin (Z_p)

impedance between an electrode on the hide and/or skin and the conductive tissues underneath

1.4.3

impedance of the hoof (Z_h)

impedance between an electrode under the hoof and the conductive tissues above it

1.4.4

total impedance of the body (Z_T)

vectorial sum of the internal impedance and the impedances of the hide, skin and hooves, if any (see figure 1)

1.4.5

initial resistance of the body (R_0)

resistance limiting the peak value of the current at the moment when the touch voltage occurs omitting the resistance of the hide, if any, but including the resistance of the hooves, if any

1.4.6

threshold of reaction

the minimum value of current which causes involuntary muscular contraction

1.4.7

seuil d'immobilisation

valeur minimale du courant passant dans le corps et qui entraîne une réaction musculaire telle que l'animal ne puisse bouger pendant le passage du courant

1.4.8

seuil de fibrillation ventriculaire

valeur minimale du courant s'écoulant à travers le corps entraînant une fibrillation ventriculaire

2 Caractéristiques de l'impédance du corps des animaux domestiques

Le schéma de la figure 1 représente les impédances du corps des animaux.

Des schémas sont aussi donnés pour des trajets d'intérêt pratique, depuis le mufle jusqu'aux quatre pattes et depuis les pattes avant jusqu'aux pattes arrière (voir figure 2).

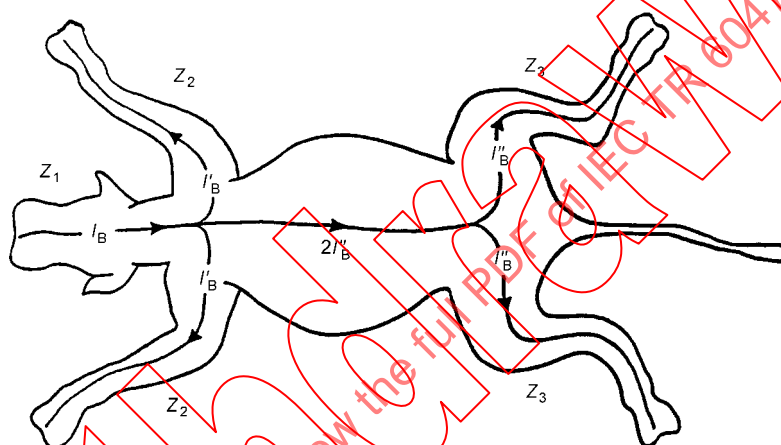
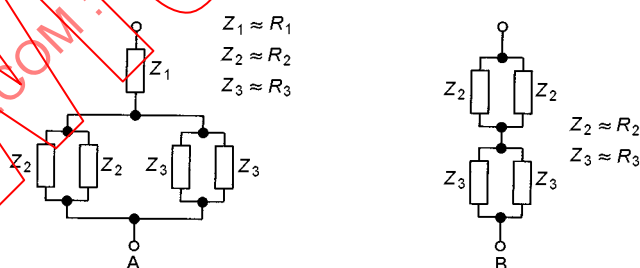


Figure 1 – Passage du courant et impédances des parties concernées d'un corps de vache pour un trajet du mufle aux pattes



NOTE – Les impédances des sabots sont comprises dans les impédances des extrémités.

Figure 2 – Schémas pour un animal, d'un trajet de courant du mufle aux quatre pattes (trajet A) et pattes avant-pattes arrière (trajet B)

1.4.7**threshold of immobilization**

the minimum value of current through the body which causes such muscular reaction that the animal cannot move as long as the current flows

1.4.8**threshold of ventricular fibrillation**

the minimum value of current through the body of the animal which causes ventricular fibrillation

2 Characteristics of the impedance of the body of livestock

A diagram for the impedance of the body is shown in figure 1.

Diagrams are also given for current paths of main practical interest, that is from the nose to all four legs and from the forelegs to the hindlegs (figure 2).

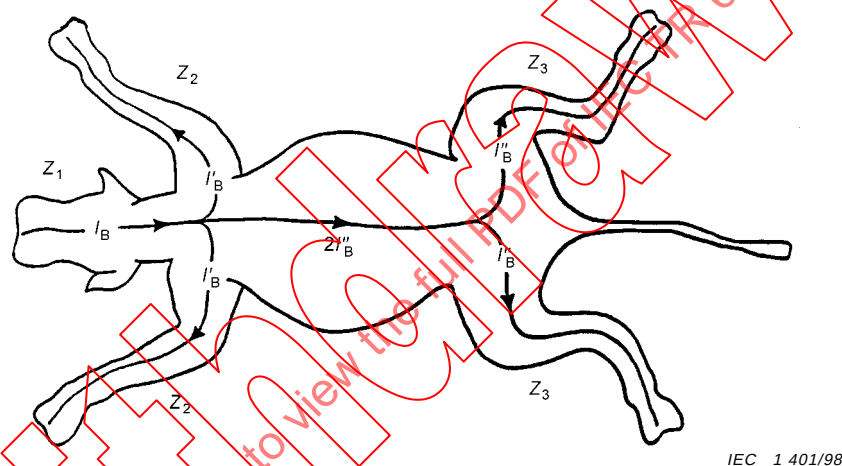
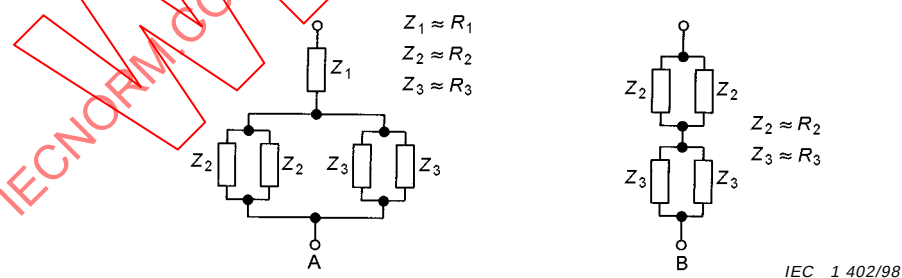


Figure 1 – Current flow and impedances of the relevant parts of the body of a cow for current path from the nose to the legs



NOTE – The impedances of the hooves are included in the impedances of the extremities.

Figure 2 – Diagrams for an animal, for a current path from the nose to the four legs (path A) and from the forelegs to the hindlegs (path B)

2.1 Impédance interne des animaux (Z_i)

L'impédance interne du corps peut être considérée comme essentiellement résistive. Sa valeur dépend d'abord du trajet du courant, et de façon moindre, de la surface de contact. Pour des trajets du mufle aux quatre pattes et des pattes avant aux pattes arrière, les impédances sont essentiellement localisées dans les extrémités (pattes avant et arrière). Les schémas simplifiés des figures 1 et 2 peuvent être pris en compte si l'impédance du tronc du corps est négligée.

Des mesures ont montré que l'impédance des pattes arrière est plus faible que celle des pattes avant (pour une vache, le rapport mesuré est d'environ la moitié).

2.2 Impédance du cuir et de la peau (Z_p)

L'impédance du cuir dépend largement de l'humidité. Dans des conditions sèches, le cuir peut être pratiquement considéré comme un isolant pour des tensions jusqu'à 100 V avec des valeurs de Z_p comprises entre quelques dizaines et quelques centaines de kilohms (k Ω).

L'impédance de la peau peut être considérée comme un réseau de résistances et de capacités. Sa structure est constituée d'une couche semi-isolante et, pour des animaux présentant des canaux sudorifères (glandes sudoripares), de petits éléments conducteurs. L'impédance de la peau chute si le courant augmente.

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

2.3 Impédance (résistance) du sabot (Z_h , R_h)

L'impédance du sabot est essentiellement résistive. Pour une vache, les valeurs suivantes peuvent se présenter pour des tensions jusqu'à 230 V. (Quelques mesures effectuées sur un sabot de cheval (avec chausson) et sur un sabot de mouton ont montré que les impédances des sabots de chevaux sont légèrement plus élevées et que celles des moutons sont beaucoup plus élevées que celles des sabots du bétail.)

Les valeurs indiquées dans le tableau 1 ont été mesurées sur dix sabots de bétail de dimensions et de poids divers, dans des conditions humides (solution saline, 3 % de NaCl, voir [7]*). Les valeurs mesurées ont été évaluées de manière statistique avec l'hypothèse d'une distribution logarithmique pour des pourcentages de 5 %, 50 % et 95 %. Elles ont été mesurées après un passage de courant d'une durée de 20 ms, pour des tensions comprises entre 10 V et 200 V, et ne dépendent pas, de façon significative, de la tension.

Tableau 1 – Impédance (résistance) des sabots de bétail (Z_h , R_h) pour des tensions en courant alternatif, 50/60 Hz et des tensions jusqu'à 230 V

Valeurs de résistance (Ω) qui ne sont pas dépassées par le pourcentage suivant de la population		
5 %	50 %	95 %
250	350	500

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

2.1 Internal impedance of animals (Z_i)

The internal body impedance can be considered as mostly resistive. Its value depends primarily on the current path and, to a lesser extent, on the surface area of the contact. For current paths from the nose to all four legs and from the forelegs to the hindlegs, the impedances are mainly located in the extremities (forelegs and hindlegs). The simplified diagrams shown in figures 1 and 2 can be established if the impedance of the trunk of the body is neglected.

Measurements have shown that the impedance of the hindlegs is smaller than the impedance of the forelegs (for a cow the ratio has been measured as approximately half).

2.2 Impedance of the hide and skin (Z_p)

The impedance of the hide depends largely on humidity. In dry conditions the hide may be considered to be practically an insulator for voltages up to 100 V with values of Z_p in the range from some tens to some hundreds of kilo ohms (k Ω).

The impedance of the skin can be considered as a network of resistances and capacitances. Its structure is made up of a semi-insulating layer and, for animals with sudoriferous ducts (sweat glands), of small conductive elements. The skin impedance falls when the current is increased.

The value of the impedance of the skin depends on the voltage, frequency, duration of the current flow, surface area of contact, pressure of contact, degree of moisture of the skin and temperature.

2.3 Impedance (resistance) of the hoof (Z_h, R_h)

The impedance of the hoof is mainly resistive. For a cow, the following values may be assumed for voltages up to 230 V. (Some measurements carried out on a hoof of a horse (with horseshoe) and on the hoof of a sheep indicate that the impedance of the hooves of horses are somewhat higher and the impedance of the hooves of sheep are considerably higher than the impedance of the hooves of cattle.)

The values shown in table 1 have been measured on ten hooves of cattle varying in size and weight in wet condition (saline solution 3 % NaCl, see [7]*). The measured values have been statistically evaluated under the assumption of a logarithmic distribution for a percentile rank of 5 %, 50 % and 95 %. They have been measured after a duration of current flow of 20 ms in a voltage range from 10 V to 200 V and do not depend significantly on the voltage.

Table 1 – Impedance (resistance) of the hooves of cattle (Z_h, R_h) for a.c. voltages up to 230 V, 50/60 Hz

Values for the resistance (Ω) that are not exceeded for a percentage of the population		
5 %	50 %	95 %
250	350	500

* Figures in square brackets refer to the bibliography.

2.4 Impédance totale du corps (Z_T)

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

Dans des conditions sèches dues à des propriétés d'isolation du cuir, Z_T peut atteindre des valeurs comprises entre quelques dizaines et quelques centaines de kilohms ($k\Omega$).

Si l'animal est placé sur un sol conducteur, Z_T comprend l'impédance d'éventuels sabots.

2.5 Résistance initiale du corps (R_0)

Lorsque les tensions de contact apparaissent, les capacités du corps ne sont pas chargées. Ainsi, l'impédance de la peau Z_p est négligeable. Par suite, la résistance initiale R_0 est à peu près égale à la somme de l'impédance interne du corps Z_i et de la résistance d'éventuels sabots. R_0 dépend essentiellement du trajet du courant et, de façon moindre, de la surface de contact.

La résistance initiale R_0 limite les crêtes de courant présentant des impulsions brèves (par exemple, chocs dus à des barrières électriques).

3 Valeurs de l'impédance totale du corps (Z_T)

Les valeurs de l'impédance totale du corps données dans le tableau 2 sont valables en courant alternatif sinusoïdal 50/60 Hz pour des animaux vivants et pour des trajets de courant du mufle aux quatre pattes, et des pattes avant aux pattes arrière, pour le bétail, dans des conditions sèches avec les animaux placés sur des sols conducteurs.

NOTE – Pour d'autres animaux, les valeurs de l'impédance totale du corps ne sont pas connues.

Les valeurs ont été mesurées sous diverses tensions et sont supposées valables jusqu'à des tensions de contact de 230 V. Pour des tensions inférieures à 100 V, elles peuvent être considérées comme valables avec une marge complémentaire de sécurité.

Tableau 2 – Impédances totales du corps Z_T , en courant alternatif 50/60 Hz, pour du bétail et pour des tensions de contact jusqu'à 230 V

Chemin du courant	Valeurs de l'impédance totale (Ω) du corps qui ne sont pas dépassée pour le pourcentage suivant de la population		
	5 %	50 %	95 %
Du mufle aux quatre pattes	220	300	425
Des pattes avant aux pattes arrière	600	850	1 250
NOTE – Les valeurs ont été arrondies à partir de résultats statistiques réalisés sur 80 têtes de bétail.			

Un schéma de l'impédance totale du corps pour le bétail, déduit des valeurs des tableaux 1 et 2 pour un pourcentage de 5 % de la population, est montré à la figure 3.

2.4 Total body impedance (Z_T)

The total impedance of the body consists of a resistive component and a capacitive component.

In dry conditions due to the insulating properties of the hide, Z_T may reach values in the range from some tens to some hundreds of kilo ohms (k Ω).

When the animal is standing on conductive ground, Z_T includes the impedance of the hooves, if any.

2.5 Initial body resistance (R_0)

At the moment when the touch voltages occur, capacitances of the body are not charged. Therefore, skin impedances Z_p are negligible. As a consequence, the initial resistance R_0 is approximately equal to the internal impedance of the body Z_i added to the resistance of the hooves, if any. R_0 depends mainly on the current path and to a lesser extent on the surface area of contact.

The initial resistance R_0 limits the current peaks of short impulses (for example shocks from electric fence controllers).

3 Values of the total body impedance (Z_T)

The values of the total body impedance given in table 2 are valid for sinusoidal alternating current 50/60 Hz for living animals and for the current paths nose to all four legs, and forelegs to hindlegs, for cattle under dry conditions with the animals standing on conductive floors.

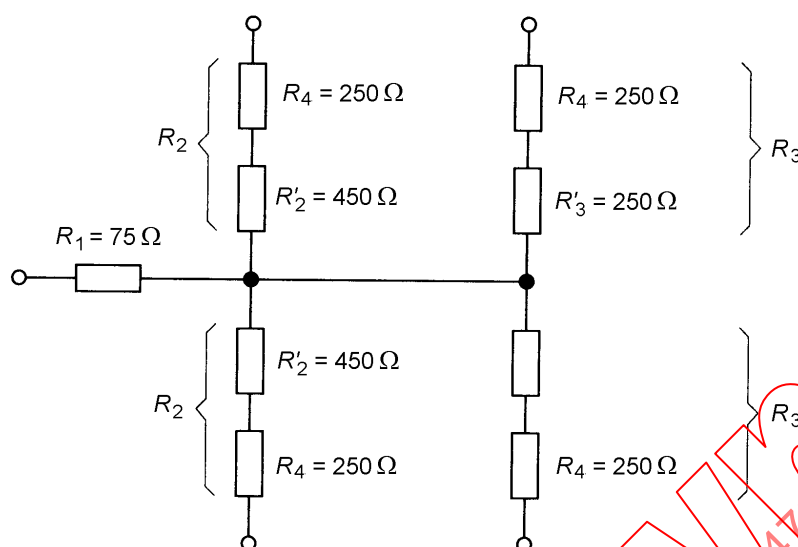
NOTE – For other animals, the values for total body impedance are unknown.

The values have been measured with various voltages and are deemed to be applicable up to touch voltages of 230 V. At voltages below 100 V they may be considered as conservative with an additional margin of safety.

Table 2 – Total body impedances Z_T for a.c. 50/60 Hz for cattle for touch voltages up to 230 V

Current path	Values for total body impedance (Ω) that are not exceeded for a percentage of the population		
	5 %	50 %	95 %
Nose to four legs	220	300	425
Forelegs to hindlegs	600	850	1 250
NOTE – The values are rounded off from statistical analysis of 80 cattle measured.			

A diagram for the total body impedance for cattle derived from the values of table 1 and 2 for a percentage of 5 % of the population is shown in figure 3.



Résistance R_1 : mufle-tronc

Résistance $R_2 = R'_2 + R_4$: tronc – pattes avant avec sabots

Résistance $R_3 = R'_3 + R_4$: tronc – pattes arrière avec sabots

Résistance R'_2 : tronc – pattes avant sans sabots

Résistance R'_3 : tronc – pattes arrière sans sabots

Figure 3 – Schéma de l'impédance totale du corps, pour le bétail, concernant 5 % de la population

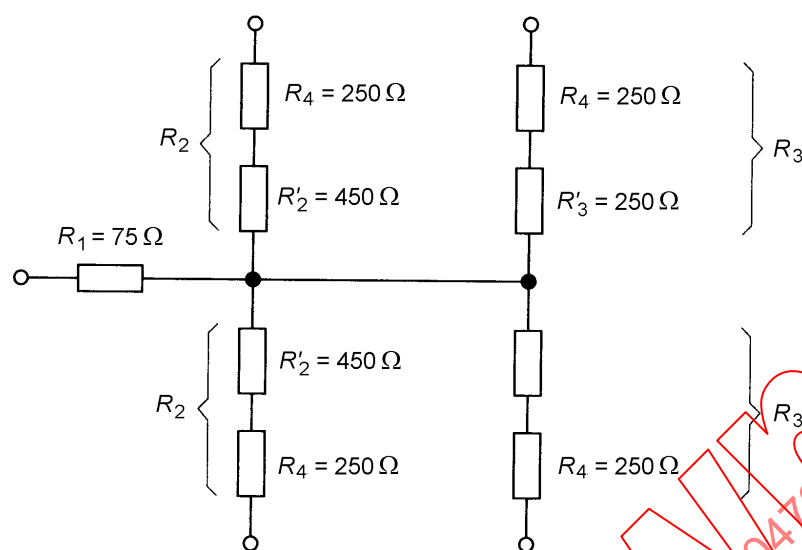
4 Valeurs de la résistance initiale du corps (R_0)

Les valeurs mesurées ne sont pas valables.

En prenant environ le même rapport entre l'impédance totale du corps Z_T et la résistance initiale du corps R_0 du corps humain (valeur asymptotique de 650 Ω pour Z_T 5 % du tableau 1 de la CEI 60479-1, et $R_0 = 500$ Ω pour 5 % de la population, indiquée en 2.6 de la CEI 60479-1), les valeurs du tableau 3 peuvent être déduites de la résistance initiale du corps R_0 pour du bétail, et pour un pourcentage de 5 % de la population.

Tableau 3 – Résistance initiale du corps R_0 , pour du bétail

Trajet du courant	Valeurs de la résistance initiale du corps (Ω) pour 5 % de la population
Du mufle aux quatre pattes	175
Des pattes avant aux pattes arrière	450



Resistance R_1 : nose-trunk

Resistance $R_2 = R'_2 + R_4$: trunk – forelegs with hoof

Resistance $R_3 = R'_3 + R_4$: trunk – forelegs with hoof

Resistance R'_2 : trunk – forelegs without hoof

Resistance R'_3 : trunk – hindlegs without hoof

Figure 3 – Diagram for the total body impedance for cattle for a percentage of 5 % of the population

4 Values of the initial resistance of the body (R_0)

No measured values are available.

Taking approximately the same ratio between total body impedance Z_T and initial body resistance R_0 valid for humans (Z_T 5 % asymptotic value 650 Ω in table 1 of IEC 60479-1 and $R_0 = 500 \Omega$ for 5 % of the population, in 2.6 of IEC 60749-1), the following values of table 3 may be derived for the initial body resistance R_0 of cattle for a percentile rank of 5 % of the population.

Table 3 – Initial body resistance R_0 for cattle

Current path	Values for the initial body resistance (Ω) for 5 % of the population
Nose to four legs	175
Forelegs to hindlegs	450

5 Effets du courant alternatif sinusoïdal sur les animaux domestiques, pour des fréquences comprises entre 15 Hz et 100 Hz

Le présent article se fonde essentiellement sur les recherches des effets du courant pour des fréquences de 50 Hz ou 60 Hz, qui sont les plus habituelles dans les installations électriques. Les valeurs données sont censées être applicables pour des fréquences comprises entre 15 Hz et 100 Hz, les valeurs de seuil aux limites de ce domaine étant supérieures à celles obtenues pour des fréquences de 50 Hz et 60 Hz.

Cet article traite principalement le risque de fibrillation ventriculaire qui est la cause essentielle d'accidents mortels dans ce domaine de fréquences.

5.1 Seuil de réaction

Les seuils pour les diverses réactions dépendent de plusieurs paramètres, tels que la surface de contact avec une électrode (zone de contact), les conditions de contact (sèches, humides, pression, température), le type de réaction (réaction musculaire, réduction de la production de lait pour une vache) et des espèces d'animaux et de leurs caractéristiques physiologiques.

Des mesures montrent que le seuil de réaction du bétail est de l'ordre de 3 mA pour chaque patte. Des observations ont été menées en fonction des réactions de fuite, de la production de lait, etc., mais elles n'ont aucune importance pour les mesures de protection contre les chocs électriques (voir [7]).

5.2 Seuil d'immobilisation

A l'étude.

5.3 Seuil de fibrillation ventriculaire

Le seuil de fibrillation ventriculaire dépend des espèces d'animaux et de leurs paramètres physiologiques (anatomie du corps, état de la fonction cardiaque, etc.) ainsi que des paramètres électriques (durée et trajet du courant, type de courant, etc.).

En courant alternatif sinusoïdal (50 Hz ou 60 Hz), le seuil de fibrillation décroît considérablement si la durée du passage du courant se prolonge au-delà d'un cycle cardiaque. Cet effet est le résultat d'un accroissement de l'hétérogénéité de l'état d'excitation du cœur dû aux extrasystoles produites par le courant.

5 Effects on livestock of sinusoidal alternating current in the range from 15 Hz to 100 Hz

This clause is primarily based on the findings related to the effects of current at frequencies of 50 Hz or 60 Hz which are the most common in electrical installations. The values given are deemed applicable to the frequency range from 15 Hz to 100 Hz, threshold values at the limits of this range being higher than those at 50 Hz and 60 Hz.

This clause considers principally the risk of ventricular fibrillation which is the main cause of fatal accidents in that range of frequencies.

5.1 Threshold of reaction

The thresholds for the various reactions depend on several parameters, such as the area of the body in contact with an electrode (contact area), the conditions of contact (dry, wet, pressure, temperature), the kind of reaction (muscular movement, reduction of milk production in the case of a cows) and on the species of animal and its physiological characteristics.

Some measurements indicate that the threshold of reaction of cattle is in the order of 3 mA for each leg. Some investigations have been carried out with regard to escape responses, milk production, etc. but they are of no practical importance for measures of protection against electric shock (see [7]).

5.2 Threshold of immobilization

Under consideration.

5.3 Threshold of ventricular fibrillation

The threshold of ventricular fibrillation depends on the species of the animal and on its physiological parameters (anatomy of the body, state of cardiac function, etc.) as well as on electrical parameters (duration and current path, kind of current, etc.).

With sinusoidal a.c. (50 Hz or 60 Hz) there is a considerable decrease of the threshold of fibrillation if the current flow is prolonged beyond one cardiac cycle. This effect results from the increase in inhomogeneity of the excitatory state of the heart due to the current-induced extrasystoles.