



TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



**Effects of current on human beings and livestock –
Part 4: Effects of lightning strokes**

**Effets du courant sur le corps humain et sur les animaux domestiques –
Partie 4: Effets de la foudre**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 13.200; 29.020

ISBN 978-2-88912-694-1

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Physics of lightning	9
5 Interaction of strokes with human beings and livestock.....	10
5.1 General	10
5.2 Description of direct strike	10
5.3 Description of contact voltage	11
5.4 Description of side flash	12
5.5 Description of step-voltage	13
5.6 Description of streamer shock	15
5.7 Description of flashover	16
6 Effects of lightning strokes on the body of human beings and livestock	16
6.1 General	16
6.2 Physiological effects.....	16
6.3 Pathophysiological effects	17
6.4 Thermal effects	17
6.5 Comparison between effects of electric shock derived from electrical systems and lightning	17
6.6 Percentage occurrence	17
Bibliography.....	20
Figure 1 – Categorization of lightning [4].....	10
Figure 2 – Direct stroke	11
Figure 3 – Contact voltage	12
Figure 4 – Side flash.....	13
Figure 5 – Step voltage.....	14
Figure 6 – Step voltage on quadrupeds.....	14
Figure 7 – Step voltage with side flash.....	15
Figure 8 – Upward streamer current.....	16
Table 1 – Causes of lightning death and most typical reported consequent disorders [11-16], [20]	18
Table 2 – Differences between low voltage and high voltage injuries from electrical systems, and lightning injuries [1], [11-16], [20]	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

EFFECTS OF CURRENT ON HUMAN BEINGS AND LIVESTOCK –

Part 4: Effects of lightning strokes

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. 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. However, a technical committee may propose the publication of a technical report when it has collected data of a different kind from that which is normally published as an International Standard, for example "state of the art".

IEC/TR 60479-4, which is a technical report, has been prepared by technical committee No.64: Electrical installations and protection against electric shock.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 2004 and constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- the report has been completed with additional information on the influences and effects of natural electricity in the form of lightning strokes during thunderstorms;
- the definitions and technical terms have been updated;

- the explanation of the basic physical mechanisms for the dynamics of lightning where specified;
- the references to the relevant literature and the list of bibliography are updated;
- figures showing the current path during different interactions of lightning with the victim's body are updated.

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

Enquiry draft	Report on voting
64/1772/DTR	64/1804/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.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts in the IEC 60479 series, under the general title *Effects of current on human beings and livestock*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

IEC 60479-1, IEC 60479-2 and IEC 60479-3 deal with the effect of electric shock derived from electrical systems on the bodies of human beings and livestock. This part of IEC 60479, which is a technical report, describes the influence and effect of natural electricity in the form of lightning strokes during thunderstorms. Lightning current can consist of several uni-polar and/or bi-polar impulses with different peak values and durations; Clause 6 of IEC/TS 60479-2:2007[24]¹ does not cover these effects.

The interaction of a lightning stroke with the victim's body is quite different from the usual experience with electric shock derived from electrical systems. The pathway often includes the head in lightning accidents. The importance of the cranial orifices as points of entry of lightning current has been noted, and from these the proximity of the pathway to the brainstem. The brain stem includes the respiratory centre, in contrast with pathways of shock current arising from electrical systems. In particular it should be pointed out that differences exist between accidents caused by a direct flash compared with those interactions which are caused by step voltages. Even very short single impulses of lightning can cause cardiopulmonary arrest [5], [6], [15] and [16].

The intense electric interactions with living organisms are very dangerous but, surprisingly in many cases, not always lethal. It is accepted that more than 90 % of lightning accidents involving humans are not fatal [1], [12]. Corresponding reliable data for livestock is not known. There is a large variation in outcome due to different environments, different activities of people and knowledge of first aid and quality of medical care [1], [5].

It has been necessary, therefore, to create a separate standard concerning the special effects of lightning strokes. The physical behaviour of lightning is shown as a basis. The interaction with a living body is then described, followed by the consequences for the life of the victim.

¹ References in square brackets refer to the bibliography.

EFFECTS OF CURRENT ON HUMAN BEINGS AND LIVESTOCK –

Part 4: Effects of lightning strokes

1 Scope and object

This part of IEC 60479, which is a technical report, summarizes the basic parameters for lightning and their variability insofar as they apply to human beings and livestock.

The possible direct and indirect interactions of strikes with bodies of living beings are indicated and the resulting effects caused by lightning currents for the organism are described.

The object of this report is to show the differences of effects on human beings and livestock due to lightning strokes versus those effects of electric shocks derived from electrical systems.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC/TS 60479-1:2005, *Effects of current on human beings and livestock – Part 1: General aspects*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application et objet.....	26
2 Références normatives.....	26
3 Termes et définitions	26
4 Phénomène physique de la foudre.....	29
5 Interaction entre les coups de foudre et les personnes ou les animaux domestiques.....	30
5.1 Généralités.....	30
5.2 Description d'un coup de foudre direct	30
5.3 Description de la tension de toucher.....	31
5.4 Description de l'éclair latéral	32
5.5 Description de la tension de pas.....	33
5.6 Description du choc de décharge "dard"	35
5.7 Description de l'amorçage	36
6 Effets des coups de foudre sur les êtres humains et les animaux domestiques.....	36
6.1 Généralités.....	36
6.2 Effets physiologiques	37
6.3 Effets pathophysiologiques.....	37
6.4 Effets thermiques	37
6.5 Comparaison entre les effets des chocs électriques issus des réseaux électriques et de la foudre	37
6.6 Pourcentages d'occurrences	37
Bibliographie.....	41
Figure 1 – Classification de la foudre [4].....	30
Figure 2 – Coup de foudre direct.....	31
Figure 3 – Choc dû à la tension de toucher	32
Figure 4 – Éclair latéral.....	33
Figure 5 – Tension de pas	34
Figure 6 – Tension de pas pour un quadrupède	34
Figure 7 – Tension de pas en cas d'éclair latéral	35
Figure 8 – Courant de décharge dard ("streamer").....	36
Tableau 1 – Causes de mort dues à la foudre et troubles consécutifs les plus typiques relevés [11-16], [20].....	38
Tableau 2 – Différences entre les lésions dues à la Basse Tension et la Haute Tension des réseaux électriques, et les lésions provoquées par la Foudre [1], [11-16], [20].....	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

EFFETS DU COURANT SUR LE CORPS HUMAIN ET SUR LES ANIMAUX DOMESTIQUES –

Partie 4: Effets de la foudre

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La tâche principale des comités d'études de la CEI est l'élaboration des Normes internationales. Toutefois, un comité d'études peut proposer la publication d'un rapport technique lorsqu'il 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.

La CEI/TR 60479-4, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 64 de la CEI: Installations électriques et protection contre les chocs électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2004. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- le rapport a été complété par une information supplémentaire sur les influences et les effets de l'électricité naturelle sous la forme de foudre lors d'orages;
- les définitions et termes techniques ont été mis à jour;
- l'explication des mécanismes physiques de base pour la dynamique de la foudre a été précisée;
- les références à la littérature concernée et la liste de la bibliographie ont été mises à jour;
- les figures montrant le cheminement du courant dans différentes interactions de la foudre sur le corps de la victime ont été mises à jour.

Le texte du présent rapport technique est issu des documents suivants:

Projet d'enquête	Rapport de vote
64/1772/DTR	64/1804/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.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60479, regroupées sous le titre général *Effets du courant sur le corps humain et sur les animaux domestiques*, est disponible sur le site internet de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Les CEI 60479-1, CEI 60479-2 et CEI 60479-3 traitent de l'effet des chocs électriques provenant des réseaux électriques, sur le corps humain et celui des animaux domestiques. Cette partie de la CEI 60479, qui est un rapport technique, décrit l'influence et les effets de l'électricité naturelle sous la forme de foudre lors d'orages. Le courant de foudre peut comprendre plusieurs chocs unipolaires et/ou bipolaires présentant des valeurs crêtes et des durées différentes; l'Article 6 de la CEI/TS 60479-2:2007[24]¹ ne traite pas ces effets.

L'interaction entre un coup de foudre et le corps de la victime est très différente de l'expérience habituelle des chocs électriques provenant des réseaux électriques. Le chemin de passage comprend souvent la tête lors d'accidents dus à la foudre. L'importance des orifices crâniens comme points d'entrée du courant de foudre a été notée, et depuis ceux-ci, la proximité du chemin vers le tronc cérébral. Le tronc cérébral inclut le système respiratoire différent du passage de courant de choc découlant des réseaux électriques. Il convient de relever, en particulier, les différences existant entre les accidents dus à un éclair direct et les interactions dues aux tensions de pas. Même des chocs de foudre simples de faible durée peuvent entraîner des arrêts cardio-pulmonaires [5], [6], [15] et [16].

Les interactions électriques élevées avec les organismes vivants sont très dangereuses, mais étonnamment dans de nombreux cas, ne sont pas toujours mortelles. Il est admis que plus de 90 % des accidents dus à la foudre ne sont pas mortels [1], [12]. Les données fiables correspondantes pour les animaux domestiques ne sont pas connues. Il existe une grande variabilité de résultat due aux environnements différents, aux activités diverses des personnes et des connaissances des premiers soins et de la qualité des soins médicaux [1], [5].

C'est pourquoi il est nécessaire de créer une norme séparée relative aux effets particuliers des coups de foudre. L'aspect physique fondamental de la foudre est présenté. Puis, l'interaction avec le corps humain est décrite, suivie par les conséquences pour le pronostic vital de la victime.

¹ Les références entre crochets renvoient à la bibliographie.

EFFETS DU COURANT SUR LE CORPS HUMAIN ET SUR LES ANIMAUX DOMESTIQUES –

Partie 4: Effets de la foudre

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 60479, qui est un rapport technique, résume les paramètres essentiels de la foudre et leur variabilité dans la mesure où ils s'appliquent aux corps humains et aux animaux domestiques.

Les interactions directes et indirectes probables entre la foudre et le corps des êtres vivants sont indiquées. Les effets résultants dus au courant de foudre pour l'organisme sont décrits.

L'objet de ce rapport est de montrer les différences existant entre les effets dus à la foudre sur le corps humain et sur celui des animaux domestiques en comparaison avec les effets des chocs électriques en provenance des installations électriques.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI/TS 60479-1:2005, *Effets du courant sur l'homme et les animaux domestiques – Partie 1: Aspects généraux*