

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



Safety procedures for reduction of risk outside a structure

Procédures de sécurité pour la réduction des risques à l'extérieur d'une structure





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

TECHNICAL REPORT

RAPPORT TECHNIQUE



Safety procedures for reduction of risk outside a structure

Procédures de sécurité pour la réduction des risques à l'extérieur d'une structure

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 91.120.40

ISBN 978-2-83220-744-4

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 General	8
4.1 Introductory remark	8
4.2 Lightning damage to human beings	9
4.2.1 General	9
4.2.2 Direct strikes	9
4.2.3 Side flash	9
4.2.4 Touch or contact voltages.....	10
4.2.5 Step voltages	10
5 Effects of lightning strikes to human beings	11
5.1 Possible injuries	11
5.2 How injured people can be helped.....	12
6 How to act in the presence of a thunderstorm	14
6.1 How to detect a lightning risk.....	14
6.2 Where to find safe locations	14
6.3 What to do outdoors	15
6.4 Hazardous situation in a car	17
6.5 What to do when camping	17
6.6 Thunderstorms in mountainous regions	18
6.7 What to do on water	18
6.8 What to do at open air festivals	19
6.9 What to do when playing outdoor sports	19
Bibliography.....	21
Figure 1 – Examples of roofs and facades damaged by lightning	8
Figure 2 – Direct strike.....	9
Figure 3 – Side flash.....	9
Figure 4 – Unsuitability of metallic structures when not earthed	10
Figure 5 – Electrization by touch voltage.....	10
Figure 6 – Current flow through body due to by step voltage	11
Figure 7 – Lichtenberg figures on human skin [1]	12
Figure 8 – Cardiopulmonary resuscitation (CPR).....	13
Figure 9 – How to avoid strikes inside a house	15
Figure 10 – Avoid the highest point in this area.....	16
Figure 11 – Safety distance (10 m) under a tree	16
Figure 12 – Generally, a car acts as a Faraday cage	17
Figure 13 – Example of a lightning protection system on a sailing boat	19

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SAFETY PROCEDURES FOR REDUCTION
OF RISK OUTSIDE A STRUCTURE**

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 62713, which is a technical report, has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

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

Enquiry draft	Report on voting
81/427/DTR	81/429/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.

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/TR 62713, which is a technical report, is informative, with the purpose of giving the lay person, i. e. a non-specialist in lightning protection and a non-medically trained person, appropriate action to reduce risk from lightning to people outside fixed structures, i. e. in a variety of everyday outdoor activities, including immediate action to take in the event of a person being injured by lightning. Part of these precautions includes taking shelter in either a lightning protected structure or an unprotected structure. Any action in the long term to ensure that such structures are suitably protected should be designed by a lightning protection specialist based on the requirements of the appropriate parts of IEC 62305 as listed in the normative references of this report. It is not the purpose of this report to quantify the risk reduction achieved by taking the precautions suggested in it.

SAFETY PROCEDURES FOR REDUCTION OF RISK OUTSIDE A STRUCTURE

1 Scope

This technical report introduces lightning to the layman, noting the right action in the presence of thunderstorms, as well as protective measures against lightning. It also contributes to the prevention of lightning injuries and damages.

It should be noted that so far there are no means to avoid lightning. However, by following some elementary rules, people can be protected against its deleterious effects.

2 Normative references

None.

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

aphasia

inability to express thought in words or inability to understand thought as expressed in spoken or written words or others

3.2

apnoea

cessation of breathing, asphyxia

3.3

arrhythmia

irregularity of the heartbeat

3.4

asystolic

relating to the inability of the heart to empty itself

3.5

ataxia

inability to co-ordinate voluntary movements

3.6

barotrauma

damage to the ears caused by rapid change of pressure

3.7

bradycardia

slowness of the heartbeat

3.8

bronchospasm

sustained involuntary muscular contractions of the windpipe

3.9**cardiopulmonary**

relating to the heart and lungs

3.10**cardiovascular**

relating to the heart and vessels

3.11**cutaneous**

belonging to or relating to the skin

3.12**electrization**

process of electrification, not necessarily resulting in death (electrocution)

3.13**erythematous**

reddening of the skin

3.14**hypertension**

high blood pressure

3.15**hypotension**

low blood pressure

3.16**keraunoparalysis**

paralysis caused by thunderstorms

3.17**macular puncture**

puncturing of the eye's macula, or 'yellow spot', a small area at the centre of the retina at which vision is most distinct

3.18**nystagmus**

spasmodic involuntary lateral oscillatory movement of the eyes

3.19**otorrhea**

discharge from the ear

3.20**papillary**

like, or of the nature of, or having papillae – small nipple like protuberances

3.21**paeresthesia**

paresthesia

abnormal sensation in any part of the body

3.22**pathognomic**

indicative of a particular disease

3.23

sequela

any abnormal condition following or relating to a previous disease; the psychological after-effect of any trauma

3.24

tachycardia

abnormal rapidity of the heartbeat

3.25

tympanic membrane

membrane separating the middle ear from the outer ear

3.26

ventricular fibrillation

uncontrolled rapid electric activity of a heart ventricle

4 General

4.1 Introductory remark

Generally, the instantaneous power brought by lightning is very high. Indeed, this energy acts on an object for less than a few milliseconds (ms). High voltages can occur and currents as large as 200 kA can flow. Consequently, thin wires melt and objects are heated up so strongly that highly flammable substances ignite or explode.

If the lightning current finds its way into structures containing trapped moisture such as damp walls, joists, roofs or trees these can suddenly explode. Indeed, objects struck by lightning can explode or ignite (see Figure 1).

Lightning currents can penetrate into buildings and structures, along telecommunication lines and power lines, destroying electrical and electronic equipments.



IEC 811/13

Figure 1 – Examples of roofs and facades damaged by lightning

4.2 Lightning damage to human beings

4.2.1 General

In open spaces, people are susceptible to direct strikes (more likely when they are standing up), to side flashes, induced discharges, touch voltages and step voltages.

4.2.2 Direct strikes

The direct lightning strike is the most dangerous of the lightning threats. The lightning current flows through a person and causes unconsciousness, inner or outer burning, apnoea, cardiac arrest or paralysis (see Figure 2).



Figure 2 – Direct strike

4.2.3 Side flash

It is dangerous to stay under an isolated tree (or by a mast) because if the human body is less than several metres from the trunk, it may experience a side flash at the head or shoulder level (see Figure 3).



Figure 3 – Side flash

Generally, all unprotected structures should be avoided as a means of shelter, especially small isolated structures such as huts and small barns. Structures with metallic roofs and non-metallic supports may give rise to an electrical discharge (see Figure 4).



IEC 814/13

Figure 4 – Unsuitability of metallic structures when not earthed

4.2.4 Touch or contact voltages

Metallic structures not only present a threat due to arcing resulting from induced voltages but also due to touch or contact voltages. To reduce the risk of electrical shock due to touch voltages it is advisable to stay away from potential lightning current conductors when storms are in the vicinity. Electrization by touch voltages (or contact voltages) occurs when people, with feet in contact with sufficiently conductive ground, touch a conductive structure that may be at a different potential due to a lightning strike (see Figure 5).



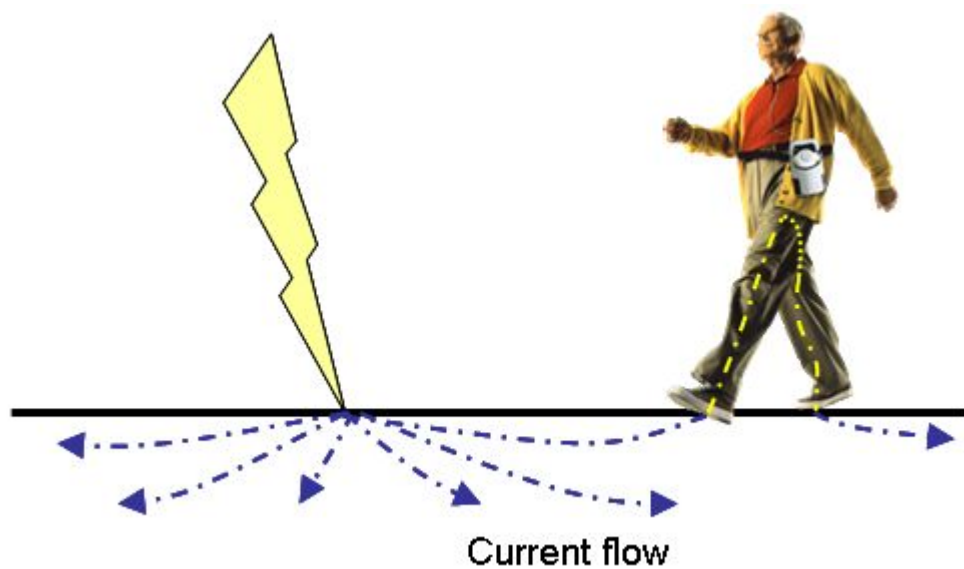
IEC 815/13

Figure 5 – Electrization by touch voltage

4.2.5 Step voltages

When lightning strikes the ground, the lightning current is spread out through the various layers of the soil. A high potential rise occurs at the point of strike. Step voltage can be experienced near this point. However, when lightning strikes buildings, structures or trees, the lightning current flows into the ground through the earthing devices of buildings or structures, or the roots of trees, and produces dangerously high potentials on the ground. Human beings may suffer dangerous step voltages close to buildings, structures or trees.

People can experience step voltage when standing with their feet apart or when walking (see Figure 6), when lightning strikes in the vicinity. This situation is more hazardous if the ground resistivity is higher, the distance to the strike point is smaller and/or the distance between the two feet is larger.



IEC 816/13

Figure 6 – Current flow through body due to by step voltage

5 Effects of lightning strikes to human beings

5.1 Possible injuries

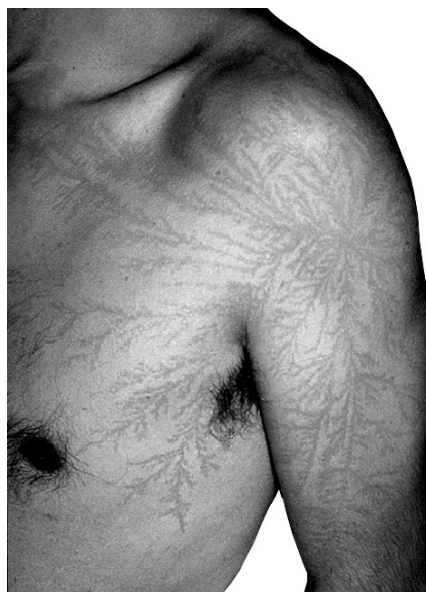
When a human being is directly struck by lightning, the voltage climbs up to about 300 kV (100 kV to 500 kV) from feet to head. The far larger portion of the lightning current does not flow through the body but on its surface. Due to this effect, many people have survived after a direct lightning strike.

Physiological effects range from being dazzled to almost instantaneous death (full cardiac arrest), through neurological troubles, visual loss or cataract, deafness or ruptured eardrum, paralysis, temporary fainting (sometimes with short respiratory arrest) and short or long-duration comas.

The body-crossing from feet (tree-like burns) to head (electrically, the human body behaves like a gel, with an internal resistance of about 300 Ω) leads to serious or even fatal injuries. Nevertheless, ionized skin and wet clothes represent a preferred path for the electrical discharge, which licks the body under the clothes, avoiding the whole lightning current crossing through the body itself. Clothes tear under the violently generated pressure wave. Even shoes can be blown to large distances. This thermal shock is so short that only superficial burns can occur, but metallic objects (e.g. necklaces) can reach high temperatures (at least superficially) leading to deeper burns.

Generally, burns are superficial (deeply cutaneous close to the incoming and outgoing points, linearly superficial, corresponding to the quickly bypassing electrical discharge, or superficial but spread out by the electrical arc). Those occurring through hot metallic objects are more serious.

Lightning victims can also have erythematous tree-like discharges or Lichtenberg figures (see Figure 7), which are initiated by a leader circulating between clothes and skin. These pathognomonic figures, which testify to the current flow, do not become white on pressure and disappear after one or two days. The lightning current also burns hair.



IEC 817/13

Figure 7 – Lichtenberg figures on human skin [1]¹

A lightning strike can cause abrupt loss of consciousness and sometimes incontinence of urine and/or ejaculation of semen. Commonly, there is cessation of heart action and breathing so that the victim appears clinically dead. Injury to the cardiovascular system can lead to cardiorespiratory arrest (asystolic arrest) which requires urgent medical treatment. Other arrhythmias (such as tachycardia and bradycardia) and ventricular fibrillation have been reported. Brain injury is often present as well (such as amnesia, papillary abnormalities, painful paresthesiae, aphasia, headaches).

Latent injuries may also occur only after some days or even months. These include chronic pains, high blood pressure, memory failures and even personality changes.

Injuries can include the following:

- a) burns (flash burns, feathering, erythema, linear streaking, punctuated full-thickness skin loss, contact burn from metal),
- b) heart (cardiac arrest, ventricular fibrillation, heart damage, hypertension),
- c) brain (central nervous system failures, brain damage, keraunoparalysis, unconsciousness, amnesia, personality changes),
- d) respiratory system (respiratory arrest, bronchospasm, pulmonary oedema, apnoea),
- e) musculoskeletal system (keraunoparalysis, contusions, lacerations, fractures of bones, chronic pains),
- f) eyes (corneal flash burns, vitreous haemorrhage, retinal tear, macular puncture, retinal detachment, nystagmus),
- g) ears (barotrauma, ruptured tympanic membrane, deafness, otorrhea, ataxia).

5.2 How injured people can be helped

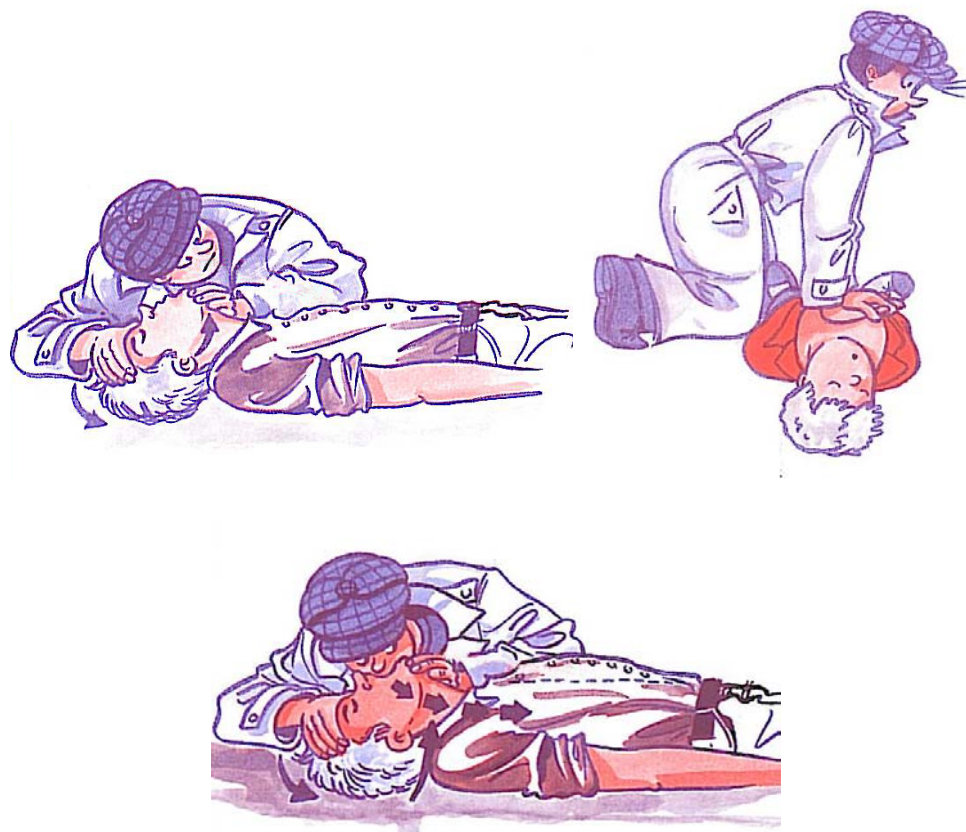
Call the emergency services immediately and obtain medical help. First aid can be life-saving. The emergency treatment shall be appropriate to the level of injury.

Lightning injuries can generally be grouped into three classes of severity: mild, moderate and severe. The mildly injured person is often just stunned by the lightning strike. He is usually

¹ References in square brackets refer to the bibliography.

awake though confused and amnesic of the event. Recovery can be gradual, but he may complain of paraesthesia and muscular pain, lasting for several months. First of all, assess the situation. Then provide supportive and physical care to the person, urging him to be transported to the hospital for evaluation and treatment.

The moderately injured patient may be disoriented with keraunoparalysis of the extremities lasting for several hours. Hypotension, tympanic membrane injury, burns (first- and second-degree) are common. Though he is likely to survive, he may have permanent sequelae (such as sleep disorders, personality changes, difficulty with some mental functions). If the victim is not breathing, cardiopulmonary resuscitation should be started immediately.



IEC 818/13

Figure 8 – Cardiopulmonary resuscitation (CPR)

After calling emergency services, check the victim's breathing. If there is a cardiac electronic defibrillator available in the area, it may be used. Lay the victim on his back. Press the victim's forehead back with one hand, lift the jaw with two fingers of the second hand and check airway. If the breathing has stopped or is not normal, start resuscitation. Press the victim's breastbone with both hands (one over the other) with your arms stretched out, push 30 times in 20 seconds so that the breastbone is each time depressed 5 cm. Check airway again, press the victim's nostrils tight with two fingers, press your lips to his mouth and blow twice so that the breast rises. Repeat the cycle "30 pushes – 2 blows" until breathing is restored or other aid is available (see Figure 8). For children (aged 1 year to puberty), give five initial rescue breaths before proceeding to CPR as for an adult. For an infant (under 1 year), procedures are somewhat different from those for a child.

The severely injured victim often experiences a cardiac arrest with either ventricular standstill or fibrillation. Cardiac resuscitation may be successful. Direct brain damage may occur; blunt trauma, skull fracture and intracranial injuries are common. Recovery is generally poor in this case if a medical response team is not present early enough.

6 How to act in the presence of a thunderstorm

6.1 How to detect a lightning risk

Advance information on the probability and corresponding approach of lightning is available from local weather forecasts in many regions and internet sites are available to provide near real-time lightning location information. Lightning warning systems can also be used, both for industrial sites and private activities. Networks of detectors exist in some countries and provide, by internet or by other means (such as fax, phone, e-mail, dedicated communication lines), a warning of the occurrence of a lightning event. A dangerous industrial activity can be stopped, people can be transferred to safe shelters and exposed activity (for example, on roof or tanks) can be avoided. Local detectors also exist. Some sensors can be portable but are generally less reliable than others. Being light and quite inexpensive, they can be used as a last resort for people involved in outdoor activity. Fixed sensors are more bulky but also more reliable, especially in their capability of giving an early warning. They can be used for industrial sites but are also efficient for golf courses and camping sites, for example. The warning time is generally less than 30 min, so a safe shelter on the site is strongly recommended.

You can evaluate the risk for your activity, by watching the approach of the thunderclouds with the accompanying far flashes and by listening to the thunder. The actual distance of a thunderstorm can be roughly estimated: the number of seconds between the flash and the thunder divided by 3 gives you the distance in kilometres. From 5 km, an outdoor sports event should be interrupted and you should avoid dangerous places, like isolated trees.

Half an hour after the last flash you see or the thunder you hear, you can assume that the lightning risk is over.

Correct behaviour considerably reduces the risk of being injured by lightning. Lightning is unpredictable; don't trust your good luck!

6.2 Where to find safe locations

The safest location to seek shelter is inside a building equipped with lightning protection systems (external and internal). For homes without lightning protection (see Figure 9), it is advised to close doors and windows to repel air streams, to sit away from fireside or other chimneys and to avoid using water where the structure is equipped with metallic water pipes. Avoid open spaces such as balconies.

Use mobile phones and cordless telephones. Don't call from a corded phone. Keep clear of electrical power lines, telecommunication lines, water or gas metallic pipes and metallic chimneys as well as household electrical equipment (e.g. extractor hoods, dishwashers, electric heaters). Don't take a shower or bath during a thunderstorm.

You should stay in the middle of the room or open-sided building with feet together and even in the squatting position inside small barns, wood or stone huts without lightning protection systems. The preferred option is to install surge protective devices (SPDs) in the incoming panelboard to protect the electrical devices, TV, antennas or telecommunication cables (even when these cables are underground). An SPD should be provided at the entry of each power and telecommunication line. When this is not provided you should unplug those devices.

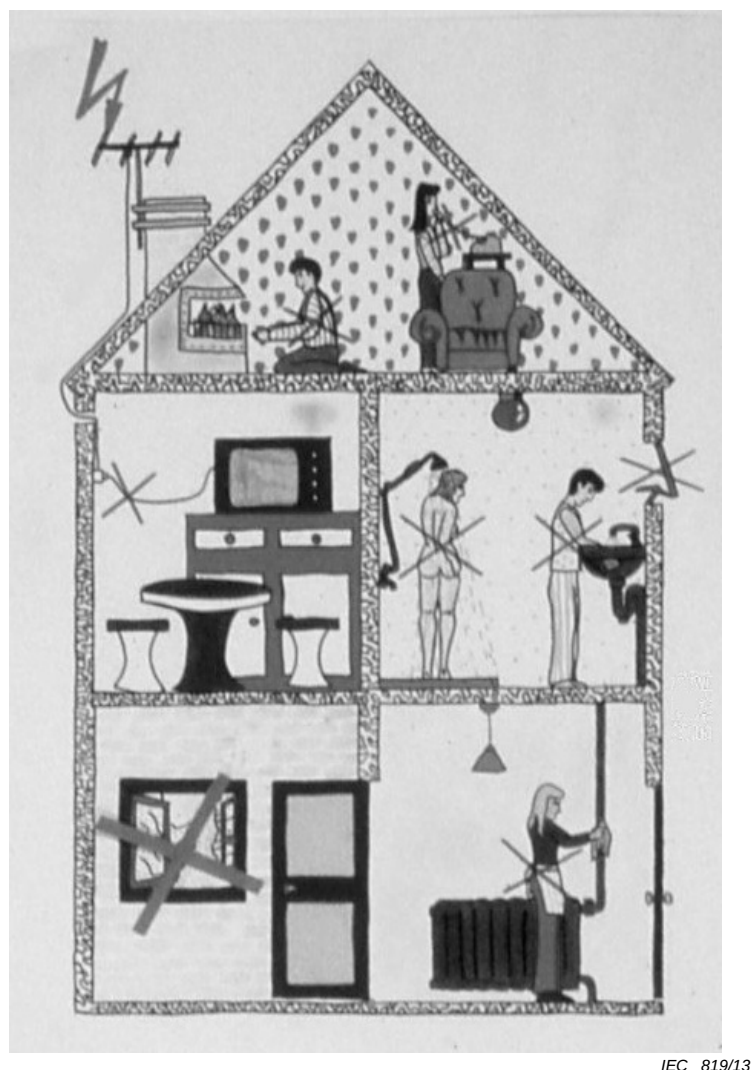


Figure 9 – How to avoid strikes inside a house

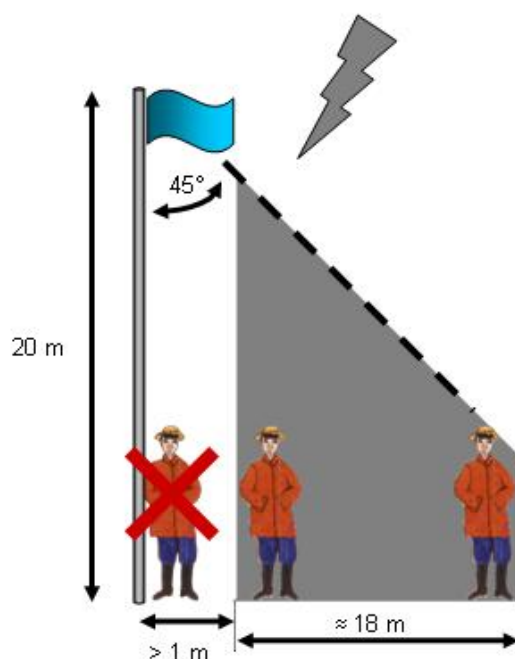
6.3 What to do outdoors

Although there is a higher probability of a lightning strike to tall objects, like trees or masts, don't forget that it may strike anywhere. When the possibility of a thunderstorm is great, take the precautions given below.

Avoid mountain climbing. Don't walk close to rivers and, more importantly, don't swim during a thunderstorm. Avoid horse riding, the use of a bicycle, motorcycle, convertible car or other open conveyance, a tractor or harvester (farmers have been struck by lightning).

Don't use sailing boats (unless properly protected against lightning), tents, open picnic pavilions, trams with open windows.

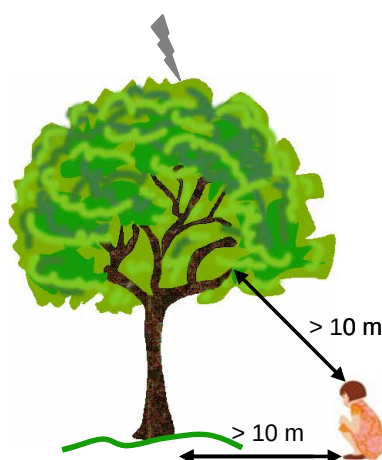
In the countryside, move away quickly from high points, don't stay in a group. In town, walk into a store or a public building where you are protected. Move away from street lights, towers and metallic fences as well as isolated trees. Metallic street lights and metallic towers provide a good protection against direct strikes (see Figure 10), but may cause dangerous step voltages. Keep a distance of at least 1 m – better 3 m – from a metallic street light or tower. Don't use umbrellas or golf clubs or hold long metallic or other conducting objects in your hands.



IEC 820/13

Figure 10 – Avoid the highest point in this area

Isolated trees are particularly hazardous. A safety distance of 10 m should be kept from the trunk and from the tree branches (see Figure 11).



IEC 821/13

Figure 11 – Safety distance (10 m) under a tree

The ideal position to be adopted in the open air is certainly not standing upright on the ground but ideally crouching down, with the head as close as possible to the ground and one's arms encircling one's legs. Human beings standing up, with feet together can be hit by a direct strike.

It is also dangerous to stay at the edge of a forest; in this case, it is better to stay inside the woods in the middle of the trees.

Keep away from fences and other metallic structures, ditches and other wet places, open fields, hilltops and shores.

If you are absolutely obliged to move in a thunderstorm, take short steps or run (in which case only one foot touches the ground), avoiding unfolding any protruding metallic object (umbrellas).

You should stay at least 1 m and preferably 3 m from walls, supports, metal fences, particularly from parts of the lightning protection system.

Place your feet together to avoid a possible surface voltage gradient. If several persons stand together, they should not touch one another but keep a distance of at least 1 m preferably 3 m from each other.

6.4 Hazardous situation in a car

A metallic car constitutes good protection (Faraday-like shield) if windows are wound up. As a good electrical conductor, a car keeps the passengers protected against lightning (see Figure 12). Nevertheless, it is advisable to drive carefully (at a moderate speed) in a thunderstorm. Vehicles with fibreglass bodywork (e.g. mobile homes) as well as convertibles without roof metallic framework or roll bar offer a far lower protection.



IEC 822/13

Figure 12 – Generally, a car acts as a Faraday cage

Dangers associated with driving a car in a thunderstorm include:

- the vehicle can be damaged through the tyres due to the transfer of heat and puncturing caused by the lightning current; tyres have no protecting effect;
- metallic parts should not be touched while sitting in the car as they may obtain a high voltage;
- electronics can be perturbed by the electromagnetic field accompanying the lightning current (check the functionality of the car electronics after a thunderstorm!);
- bright flashes and simultaneous loud thunder may cause fatal driving errors and heavy rain obstructs the view;
- traffic lights and signals may not be working properly.

You should delay your journey for the duration of an intense thunderstorm.

6.5 What to do when camping

In a camping tent or trailer, be sure that a metallic conductor surrounding the whole volume to be protected is correctly earthed.

Caravans and mobile homes with an outer metallic skin offer the same safe protection as cars with metallic bodywork. However, persons inside vehicles with fibreglass bodywork are endangered.

Recommendations:

- never put up tents or position vehicles or their trailers used as living accommodation in prominent sites, on hilltops, at the edge of the forest or under isolated trees;
- stay at least 3 m from neighbouring tents and camping cars;
- don't install metallic wires between tents and camping cars.

During a storm:

- where a protected structure or metallic skin vehicle is not available, stay inside the tent in the crouching down position, keeping distance from metallic tent poles;
- unplug all cables from site supply points;
- remove or take down external antennas;
- don't forget that metallic feet, connected to the bodywork of mobile homes generally act as lightning conductors.

6.6 Thunderstorms in mountainous regions

In the mountains, lightning is extremely dangerous for hikers and mountaineers. The weather can change very quickly. Move promptly and safely away from peaks and ridges and avoid cliffs, cracks, crevices, edges, protuberances and trees if storms can be seen forming or if you feel hair starting to stand up on arms or the back of the neck. Remove metallic objects, such as jewellery and watches, from close contact with the body. It is better to crouch down in order to decrease the body surface and to protect yourself against diverted currents.

Don't touch a rock face with hands or feet; a lightning current could flow through your body and throw you several metres away.

Stop climbing up the mountain when a thunderstorm is approaching and try to reach a safe mountain hut (preferably with a lightning protection system) or remain in accommodation in the valley before the outbreak of the thunderstorm.

If this is not possible, metal bivouac boxes offer a certain protection on fixed rope routes. You are also relatively safe in caves under ledges or at the lower parts of rock faces. There, try to keep 1 m away from the wall.

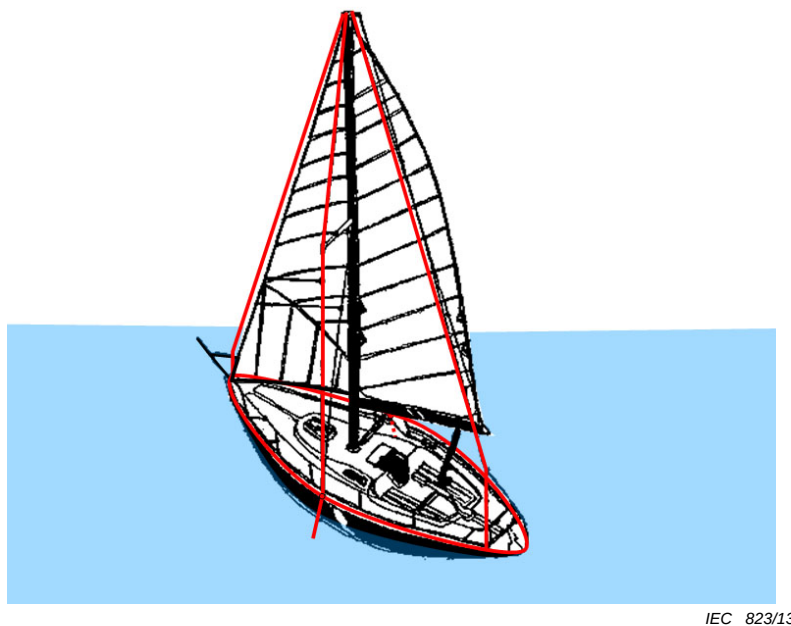
Metallic ropes, wet climbing ropes, ladders and bars as well as damp rock faces should not be touched.

Thunderstorms can initiate rock falls and dangerous avalanches.

6.7 What to do on water

At the approach of a thunderstorm, leave the water and the shore zone and proceed to a protected area. If you are caught off-shore in a watercraft, stop fishing or other activity and move below deck if possible. Squat with closed legs as deeply as possible into the boat and avoid touching the rigging or other metallic parts. In the water, the lightning current is spread over large areas; at 100 m from the strike point the current is still hazardous. Figure 13 shows a sailing boat protected by a lightning protective system.

Be cautious when scuba-diving. Although the danger of a direct lightning strike is low underwater, some vaporizing of the water can be triggered by lightning, generating a shock-wave. Possible injuries extend from a ruptured eardrum to an embolism and loss of consciousness. People are endangered when leaving the water.



IEC 823/13

Figure 13 – Example of a lightning protection system on a sailing boat

6.8 What to do at open air festivals

The same elementary rules apply to open air events as for other outdoors activities. In principle, spectators sitting or standing on open platforms are endangered; when a thunderstorm approaches, they should move to lightning protected areas. Platforms equipped with a lightning protection system or covered with a roof made of metal or reinforced concrete are regarded as protected areas.

No metallic parts, columns, walls, crowd barriers should be touched. Keep at least 1 m and preferably 3 m away from all these and other conductive parts.

You should place your feet close together to avoid a possible surface voltage gradient.

Before any event with many spectators attending, a good weather forecast should be obtained.

6.9 What to do when playing outdoor sports

People involved in outdoor sports activities should seek a safe location at the first sign of lightning or thunder in the area. Coaches and/or game officials should terminate games or practices at the first sign of thunder or sighting of lightning. Players and coaches should seek shelter in buildings with lightning protection systems or in closed metallic vehicles. Play may be resumed 30 mins after the last thunder is heard or lightning flash is seen.

If protected structures or closed vehicles are not available, the following areas should be considered as the second-best possibility:

- buildings without lightning protection systems;
- areas close to buildings or metallic masts but keeping a distance of at least 1 m, preferably 3 m, from walls and metallic parts; in order to reduce the surface voltage gradients, feet must be close together.

Golf courses are particularly dangerous places during thunderstorms, due to the area profile and the presence of isolated trees or clusters of trees as well as the golf equipment. Injuries and death by lightning strikes occur on golf courses when golfers try to continue playing as a storm approaches or seek shelter under isolated trees or at the edge of a group of trees.

Trees should never be considered trees as protected zones and standing in groups should be avoided; keeping a distance of at least 5 m from one another is highly recommended.

Bibliography

- [1] ANDREWS, C.J., COOPER, M.A., DARVENIZA, M., MACKERRAS, D., *Lightning Injuries: Electrical, Medical, and Legal Aspects*, CRC Press, Boca Raton, USA, 1992.
 - [2] BARTHOLOME C.W.: *Cutaneous manifestations of lightning injury*, Arch. Dermatology, 111 (11) 1466-8/ nov.1975
 - [3] BOUQUEGNEAU, C., *Doit-on craindre la foudre?*, EDP Sciences, les Ulis (Paris), 2006.
 - [4] BOUQUEGNEAU, C. and RAKOV, V., *How dangerous is lightning?*, Dover Publications, 2010.
 - [5] COORAY, V., editor, *Lightning Protection*, IET Power and Energy Series 58, London, 2010.
 - [6] COST P18 (The Physics of Lightning Flash and its Effects), *Lightning Safety Brochure*, 2010.
 - [7] GOURBIÈRE, E. et GARY, C., *Secours aux foudroyés – Recommandations*, Association Protection Foudre, Paris, 1995.
 - [8] Society of Atmospheric Electricity of Japan, *Lightning Threat! What can I do? Safety Rules* (60 pages, in Japanese), 2009
 - [9] VDE/ABB, *Wie kann man sich gegen Blitzeinwirkungen schützen?*, Electrosuisse, 2003. www.vde.com/abb
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes et définitions	26
4 Généralités.....	28
4.1 Remarque préliminaire	28
4.2 Dommages aux personnes causés par la foudre.....	29
4.2.1 Généralités.....	29
4.2.2 Coups de foudre directs.....	29
4.2.3 Foudroiement par éclair latéral	30
4.2.4 Foudroiement par tensions de toucher ou de contact.....	31
4.2.5 Foudroiement par tensions de pas	31
5 Effets des coups de foudres sur le corps humain	32
5.1 Lésions potentielles.....	32
5.2 Comment aider une personne foudroyée	34
6 Conduite à tenir en cas d'orage	35
6.1 Comment détecter un risque d'orage	35
6.2 Comment trouver des emplacements sûrs	35
6.3 Conduite à tenir à l'extérieur	36
6.4 Situation dangereuse à l'intérieur d'un véhicule.....	38
6.5 Conduite à tenir en camping	39
6.6 Orages en montagne	40
6.7 Conduite à tenir sur l'eau	40
6.8 Conduite à tenir dans les festivals en plein air	41
6.9 Conduite à tenir lors d'activités sportives à l'extérieur	41
Bibliographie.....	43
Figure 1 – Exemples de toits et de façades endommagés par la foudre	29
Figure 2 – Coup de foudre direct.....	29
Figure 3 – Foudroiement par éclair latéral.....	30
Figure 4 – Inadéquation des structures métalliques non reliées à la terre	30
Figure 5 – Electrification par tension de toucher	31
Figure 6 – Diffusion du courant au travers du corps due à la tension de pas	32
Figure 7 – Figures de Lichtenberg sur la peau d'une personne [1]	33
Figure 8 – Réanimation cardio-pulmonaire (RCP)	34
Figure 9 – Comment éviter la foudre à l'intérieur d'une maison	36
Figure 10 – Eviter le point le plus élevé de cette zone	37
Figure 11 – Distance de sécurité (10 m) sous un arbre	38
Figure 12 – En général, une voiture se comporte comme une cage de Faraday	39
Figure 13 – Exemple de système de protection contre la foudre sur un voilier.....	41

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROCÉDURES DE SÉCURITÉ POUR LA RÉDUCTION
DES RISQUES À L'EXTÉRIEUR D'UNE STRUCTURE****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 62713, qui est un rapport technique, a été établie par le comité d'études 81 de la CEI: Protection contre la foudre.

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

Projet d'enquête	Rapport de vote
81/427/DTR	81/429/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.

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

La CEI/TR 62713, qui est un rapport technique est informatif; il indique, à l'intention du profane, c'est-à-dire un non-spécialiste de la protection contre la foudre et une personne dépourvue de formation médicale, les mesures appropriées pour réduire le risque de foudroiement sur les personnes à l'extérieur de structures fixes, c'est-à-dire dans le cadre de diverses activités extérieures quotidiennes, y compris les mesures à prendre en cas de blessures dues à la foudre. Parmi ces précautions figure la mise sous abri dans une structure protégée contre la foudre ou une structure non protégée. Il convient que toute mesure à long terme destinée à assurer la protection adéquate de ces structures soit conçue par un spécialiste de la protection contre la foudre sur la base des exigences des parties applicables de la CEI 62305 répertoriées dans les références normatives de ce rapport. Le présent rapport ne vise pas à quantifier la réduction du risque obtenue grâce à l'application des précautions suggérées.

PROCÉDURES DE SÉCURITÉ POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES À L'EXTÉRIEUR D'UNE STRUCTURE

1 Domaine d'application

Le présent rapport technique expose le phénomène de la foudre à l'intention des non-spécialistes; il indique les bonnes pratiques à suivre en cas d'orage, ainsi que les mesures de protection contre la foudre. Il apporte également des éléments dans le domaine de la prévention des blessures et des dommages dus à la foudre.

Il est à noter que, jusqu'à présent, il n'existe aucun moyen pour éviter la foudre. Quoi qu'il en soit, il est possible, en suivant quelques règles élémentaires, de protéger les personnes contre ses effets nuisibles.

2 Références normatives

Aucun.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent

3.1

aphasie

incapacité de s'exprimer par des mots ou incapacité de comprendre les idées exprimées à l'oral ou à l'écrit par des tiers

3.2

apnée

arrêt de la respiration, asphyxie

3.3

arythmie

irrégularité des battements cardiaques

3.4

asystolique

relatif à l'incapacité du cœur à se vider lui-même

3.5

ataxie

incapacité de coordonner les mouvements volontaires

3.6

barotraumatisme

dommage subi par les oreilles et causé par une variation rapide de la pression

3.7

bradycardie

lenteur du rythme cardiaque

3.8**bronchospasme**

contractions musculaires involontaires prolongées de la trachée

3.9**cardio-pulmonaire**

lié au cœur et aux poumons

3.10**cardiovasculaire**

lié au cœur et aux vaisseaux

3.11**cutané**

appartenant ou lié à la peau

3.12**électrisation**

processus de passage d'un courant électrique, qui n'est pas nécessairement létal (électrocution)

3.13**érythémateux**

rougissement de la peau

3.14**hypertension**

pression artérielle élevée

3.15**hypotension**

pression artérielle faible

3.16**kérauno-paralysie**

paralysie résultant d'un foudroiement

3.17**trou maculaire**

perforation de la macule de l'œil, ou 'tache jaune', une petite zone au centre de la rétine au niveau de laquelle la vision est la plus distincte

3.18**nystagmus**

mouvement oscillatoire latéral involontaire saccadé des globes oculaires

3.19**otorrhée**

écoulement par l'oreille

3.20**papillaire**

semblable à, ou de la nature de, ou ayant des papillomes – petites protubérances mamelonnaires

3.21

paresthésie

sensation anormale dans une partie du corps

3.22

pathognomique

indicateur d'une maladie particulière

3.23

séquelle

toute condition anormale faisant suite ou liée à une maladie antérieure; effet psychologique résultant d'un traumatisme

3.24

tachycardie

rapidité anormale des battements cardiaques

3.25

membrane tympanique

membrane séparant l'oreille moyenne de l'oreille externe

3.26

ventriculaire (fibrillation)

activité électrique rapide non contrôlée d'un ventricule

4 Généralités

4.1 Remarque préliminaire

Généralement, la puissance instantanée véhiculée par la foudre est très élevée. En fait, cette énergie affecte un objet pendant moins de quelques millisecondes (ms). Des tensions élevées peuvent apparaître et des courants pouvant atteindre jusqu'à 200 kA peuvent circuler. Il en résulte que les fils de faible épaisseur fondent et que les objets subissent des échauffements amenant les substances hautement inflammables à prendre feu ou à exploser.

Si le courant de foudre parcourt des structures comportant une humidité occluse, telles que des murs, des solives, des toits ou des arbres, ceux-ci peuvent exploser de manière soudaine. En fait, les objets touchés par la foudre peuvent exploser ou s'enflammer (voir la Figure 1).

Les courants de foudre peuvent pénétrer à l'intérieur des bâtiments et des structures, suivre des lignes de télécommunication et des lignes électriques en détruisant les équipements électriques et électroniques.



IEC 811/13

Figure 1 – Exemples de toits et de façades endommagés par la foudre

4.2 Dommages aux personnes causés par la foudre

4.2.1 Généralités

En plein air, les personnes sont exposées aux coups de foudre directs (qui sont plus probables en station debout), aux éclairs latéraux, au foudroiement par décharges induites, tension de toucher et tension de pas.

4.2.2 Coups de foudre directs

Le coup de foudre direct est le plus dangereux des phénomènes liés à la foudre. Le courant de foudre traverse une personne et cause une perte de connaissance, des brûlures internes ou externes, une apnée, des arrêts cardiaques ou des paralysies (voir la Figure 2).



IEC 812/13

Figure 2 – Coup de foudre direct

4.2.3 Foudroiement par éclair latéral

Il est dangereux de se tenir sous un arbre isolé (ou à proximité d'un pylône) car à moins de quelques mètres du tronc, le corps humain peut subir un foudroiement par éclair latéral au niveau de la tête ou de l'épaule (voir la Figure 3).



IEC 813/13

Figure 3 – Foudroiement par éclair latéral

De manière générale, il convient d'éviter de s'abriter dans toutes les structures non protégées, en particulier dans les petites structures isolées telles que les cabanes et les petites granges. Les structures dotées de toits métalliques et de supports non métalliques peuvent provoquer une décharge électrique (voir la Figure 4).



IEC 814/13

Figure 4 – Inadéquation des structures métalliques non reliées à la terre

4.2.4 Foudrolement par tensions de toucher ou de contact

Les structures métalliques présentent non seulement un danger dû à l'arc produit par les tensions induites, mais aussi dû aux tensions de toucher ou de contact. Afin de réduire le risque de choc électrique dû aux tensions de toucher, il est conseillé de rester à l'écart des conducteurs de courant de foudre potentiels dans une zone orageuse. L'électrisation par les tensions de toucher (ou les tensions de contact) se produit lorsqu'une personne dont les pieds sont en contact avec un sol suffisamment conducteur touche une structure conductrice qui peut être à un potentiel différent suite à son foudrolement (voir la Figure 5).

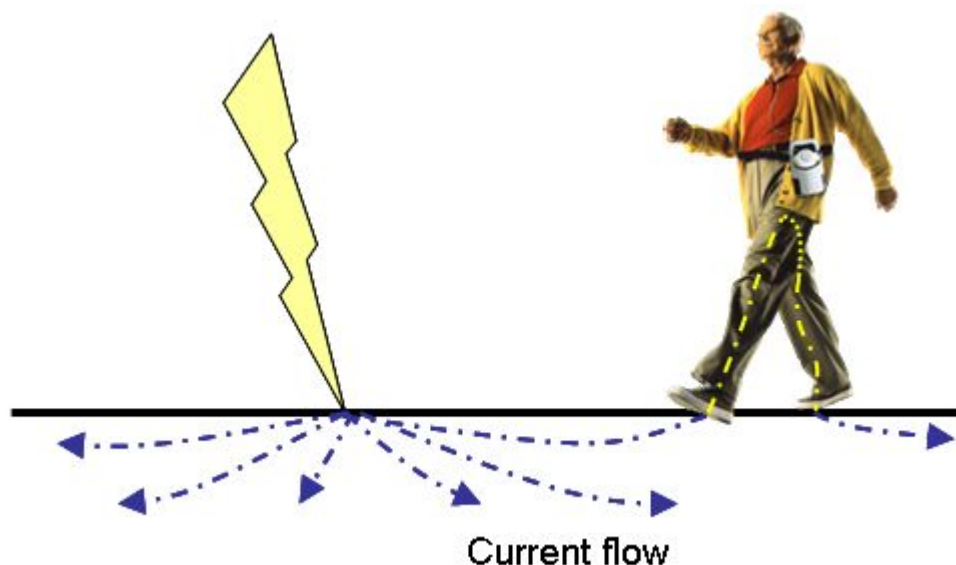


Figure 5 – Electrification par tension de toucher

4.2.5 Foudrolement par tensions de pas

Lorsque la foudre touche le sol, le courant de foudre se disperse à travers les différentes couches du sol. Une augmentation importante du potentiel se produit au point d'impact. La tension de pas peut être ressentie à proximité de ce point. Cependant, quand la foudre touche des bâtiments, des structures ou des arbres, le courant de foudre se disperse dans le sol au travers des dispositifs de mise à la terre des bâtiments, des structures ou des racines des arbres et il produit des potentiels dangereusement élevés sur le sol. Les êtres humains peuvent subir des tensions de pas dangereuses à proximité de bâtiments, de structures ou d'arbres.

Une personne qui se tient debout avec les pieds écartés ou qui marche peut subir une tension de pas (voir la Figure 6), lorsque la foudre tombe à proximité. Cette situation est d'autant plus dangereuse que la résistivité du sol est élevée, la distance par rapport au point d'impact faible et/ou la distance entre les deux pieds importante.



Légende

Current flow = Diffusion du courant

IEC 816/13

Figure 6 – Diffusion du courant au travers du corps due à la tension de pas

5 Effets des coups de foudres sur le corps humain

5.1 Lésions potentielles

Lorsqu'une personne est directement touchée par la foudre, la tension grimpe jusqu'à environ 300 kV (100 kV à 500 kV) entre les pieds et la tête. La plus grande partie du courant de foudre ne traverse pas le corps mais est dérivée à sa surface. En raison de cet effet, de nombreuses personnes survivent à un foudroiement direct.

Les effets physiologiques s'échelonnent de l'éblouissement à une mort quasi instantanée (arrêt cardiaque complet), en passant par des troubles neurologiques, des pertes d'acuité visuelle ou une cataracte, la surdité ou une rupture du tympan, une paralysie, une perte de connaissance temporaire (quelquefois avec un arrêt respiratoire de courte durée) et des comas de courte ou longue durée.

Lorsque le corps est traversé des pieds (brûlures arborescentes) à la tête (électriquement, le corps humain se comporte comme un gel, avec une résistance interne d'environ 300 Ω), cela provoque de graves lésions ou même la mort de la personne foudroyée. Néanmoins, la peau ionisée et les vêtements mouillés offrent un chemin préférentiel pour la décharge électrique qui s'insinue entre le corps et les vêtements ce qui évite que le courant de foudre complet ne traverse le corps lui-même. Les vêtements se déchirent sous l'effet de la vague de pression qui est générée de manière violente. Même les chaussures subissent un souffle pouvant les éjecter à une grande distance. Ce choc thermique est tellement bref qu'il ne peut donner lieu qu'à des brûlures superficielles mais les objets métalliques (par exemple les colliers) peuvent être portés à des températures élevées (au moins en surface) et causer des brûlures plus profondes.

En général, les brûlures sont superficielles (il peut y avoir des brûlures cutanées profondes à proximité des points d'entrée et de sortie, des brûlures linéaires superficielles correspondant au passage rapide de la décharge électrique ou des brûlures superficielles diffusées par l'arc électrique). Les brûlures dues à des objets métalliques chauds sont plus graves.

Les victimes de la foudre peuvent aussi présenter des décharges arborescentes érythémateuses ou figures de Lichtenberg (voir la Figure 7) qui sont causées par un traceur circulant entre les vêtements et la peau. Ces figures pathognomoniques qui attestent de la

circulation du courant ne deviennent pas blanches sous la pression et disparaissent au bout de un ou deux jours. Le courant de foudre brûle également les cheveux.



IEC 817/13

Figure 7 – Figures de Lichtenberg sur la peau d'une personne [1]¹

Un coup de foudre peut causer une perte brutale de connaissance et parfois une incontinence urinaire et/ou une éjaculation. Fréquemment, on constate un arrêt cardiaque et respiratoire de telle sorte que la victime semble cliniquement morte. Les lésions affectant le système cardiovasculaire peuvent entraîner un arrêt cardiorespiratoire (asystole) qui nécessite un traitement médical urgent. D'autres arythmies (telles que la tachycardie et la bradycardie) et une fibrillation ventriculaire ont été constatées. Des lésions neurologiques apparaissent aussi souvent (telles qu'une amnésie, des anomalies papillaires, des paresthésies douloureuses, une aphasie, des maux de tête).

Des lésions latentes peuvent également apparaître seulement après plusieurs jours voire plusieurs mois. Il s'agit entre autres de douleurs chroniques, tension artérielle élevée, troubles de la mémoire et même troubles de la personnalité.

On peut citer, entre autres, les lésions suivantes:

- a) brûlures (brûlures dues à un arc, brûlures en forme de plumes, érythèmes, brûlures linéaires en traits, perforations punctiformes de la peau, brûlures de contact dues au métal),
- b) lésions cardiovasculaires (arrêt cardiaque, fibrillation ventriculaire, lésions du cœur, hypertension),
- c) lésions neuropsychiques (défaillances du système nerveux central, lésions neurologiques, kérauno-paralysie, perte de connaissance, amnésie, troubles de la personnalité),
- d) pathologie respiratoire (arrêt respiratoire, bronchospasme, œdème pulmonaire, apnée),
- e) pathologie musculo-squelettique (kérauno-paralysie, contusions, lacérations, fractures des os, douleurs chroniques),
- f) lésions oculaires (brûlure de la cornée par flash, hémorragie du corps vitré, déchirure de la rétine, trou maculaire, décollement de la rétine, nystagmus),
- g) lésions auditives (barotraumatisme, rupture de la membrane tympanique, surdité, otorrhée, ataxie).

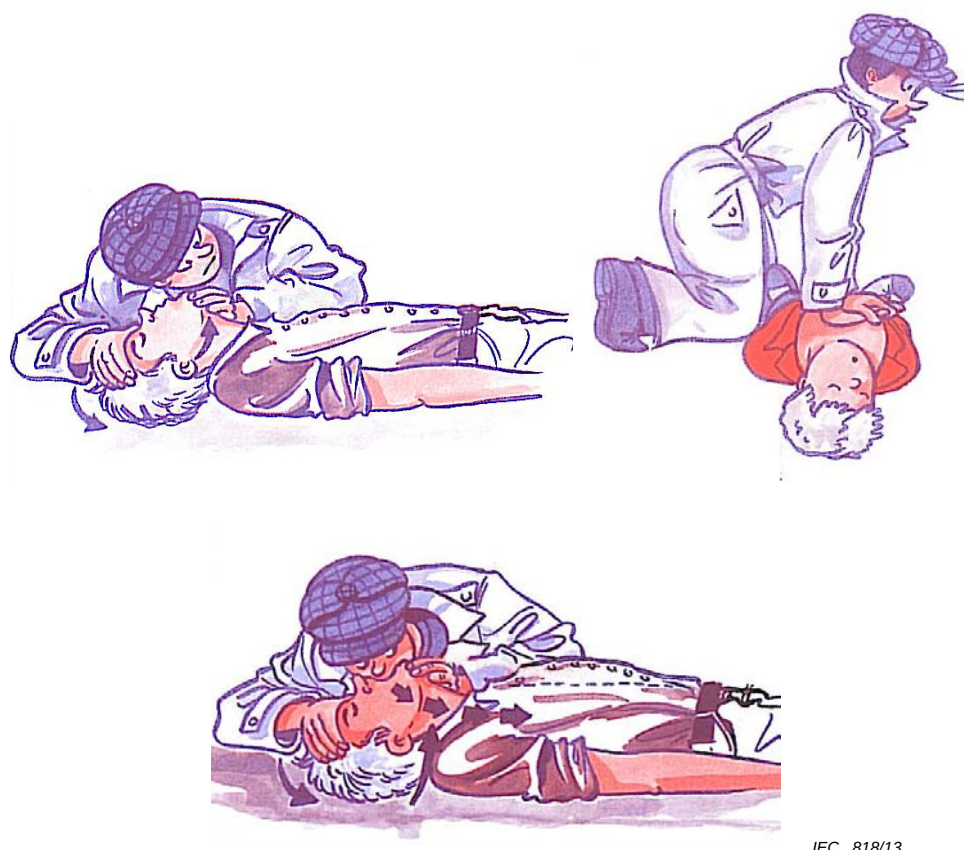
¹ Les références entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

5.2 Comment aider une personne foudroyée

Appeler immédiatement les services d'urgence pour obtenir une assistance médicale. L'administration des premiers soins peut sauver la vie de la victime. Le traitement d'urgence doit être adapté au niveau de gravité de la blessure.

Les blessures par foudroiement peuvent généralement être regroupées en trois classes de sévérité: légère, modérée et grave. Les personnes légèrement blessées sont souvent seulement étourdies par le coup de foudre. Elles sont généralement conscientes bien qu'en état de choc et amnésiques quant à l'événement. La récupération peut être progressive, mais ces personnes peuvent se plaindre de paresthésie et de douleurs musculaires qui peuvent durer plusieurs mois. En premier lieu, il faut évaluer la situation. Ensuite, il faut apporter assistance et soins physiques à la personne en l'engageant à se faire transporter à l'hôpital pour se faire examiner et recevoir un traitement.

Les victimes présentant des blessures modérées peuvent être désorientées et montrer des signes de kérauno-paralysie des extrémités pendant plusieurs heures. Une hypotension, une lésion de la membrane tympanique, des brûlures (de premier et deuxième degré) sont fréquentes. Bien que leur pronostic vital ne soit pas engagé, ces personnes peuvent souffrir de séquelles permanentes (troubles du sommeil, de la personnalité, difficultés pour certaines fonctions mentales). Si la victime ne respire pas, il convient de procéder immédiatement à une réanimation cardio-pulmonaire.



IEC 818/13

Figure 8 – Réanimation cardio-pulmonaire (RCP)

Après avoir appelé les services d'urgence, vérifier la respiration de la victime. Si un défibrillateur cardiaque électronique est disponible sur place, il peut être utilisé. Allonger la victime sur le dos. D'une main appuyer sur le front de la victime et faire basculer la tête en arrière, lever sa mâchoire avec deux doigts de la deuxième main et vérifier les voies respiratoires. Si la victime ne respire plus ou respire anormalement, commencer la

réanimation. Placer les deux mains (l'une sur l'autre) sur le sternum de la victime en gardant les bras tendus, réaliser 30 compressions en 20 secondes de manière que le sternum s'abaisse de 5 cm à chaque fois. Vérifier à nouveau les voies respiratoires, pincer le nez de la victime avec deux doigts pour empêcher toute fuite d'air, appuyer vos lèvres sur la bouche de la victime et faire deux insufflations de manière que la poitrine se soulève. Répéter le cycle "30 compressions – 2 insufflations" jusqu'à ce que la respiration reprenne ou qu'un autre moyen de secours soit disponible (voir la Figure 8). Pour les enfants (entre 1 an et la puberté), réaliser cinq insufflations initiales avant de procéder à la RCP comme pour un adulte. Pour un nourrisson (moins d'un an), les procédures sont un peu différentes de celles applicables à un enfant.

Les personnes gravement atteintes sont souvent victimes d'un arrêt cardiaque avec soit un arrêt soit une fibrillation ventriculaire. La réanimation cardiaque peut être réalisée avec succès. Des lésions neurologiques directes peuvent être constatées; un traumatisme fermé, une fracture du crâne et des lésions intracrâniennes sont fréquentes. Dans ce cas, les chances de guérison sont généralement faibles si une équipe médicale n'arrive pas suffisamment tôt.

6 Conduite à tenir en cas d'orage

6.1 Comment détecter un risque d'orage

Les prévisions météorologiques locales permettent, dans de nombreuses régions, d'obtenir à l'avance des informations relatives à la probabilité d'un orage et l'approche consécutive de la foudre, et des sites internet fournissent en temps quasi-réel des informations sur la localisation de la foudre. Les systèmes d'alerte d'orage peuvent être utilisés à la fois sur les sites industriels et pour les activités privées. Des réseaux de détecteurs existent dans certains pays et annoncent par Internet ou par d'autres moyens (tels que fax, téléphone, courriel, lignes de communication spécialisées) l'arrivée d'un épisode orageux. Une activité industrielle dangereuse peut être arrêtée, les personnes peuvent être mises à l'abri et les activités exposées (par exemple travaux sur des toits ou des réservoirs) peuvent être évitées. Il existe également des détecteurs locaux. Certains capteurs peuvent être mobiles mais ils sont généralement moins fiables. Comme ils sont légers et de faible coût, ils peuvent être utilisés en dernier ressort dans les activités d'extérieur. Les capteurs fixes sont plus volumineux mais aussi plus fiables, en particulier en ce qui concerne leur capacité d'alerte précoce. Ils peuvent être utilisés pour les sites industriels mais ils sont aussi efficaces pour les terrains de golf et de camping, par exemple. L'alerte est donnée généralement moins de 30 min avant l'orage, il est donc fortement recommandé de prévoir un abri sur le site.

Il est possible d'évaluer le risque pour votre activité en observant l'arrivée des nuages orageux et des éclairs qui les accompagnent et en écoutant les coups de tonnerre. La distance réelle à laquelle se trouve un orage peut être évaluée de manière approximative: le nombre de secondes entre l'éclair et le tonnerre divisé par 3 donne la distance en kilomètres. A partir d'une distance de 5 km, il est recommandé d'interrompre tout événement sportif à l'extérieur et d'éviter tous les emplacements dangereux comme les arbres isolés.

Une demi-heure après le dernier éclair ou le dernier coup de tonnerre, on peut estimer que l'orage est terminé.

Un comportement adapté réduit considérablement le risque d'être blessé par la foudre. La foudre est imprévisible, il ne faut pas compter sur sa bonne étoile!

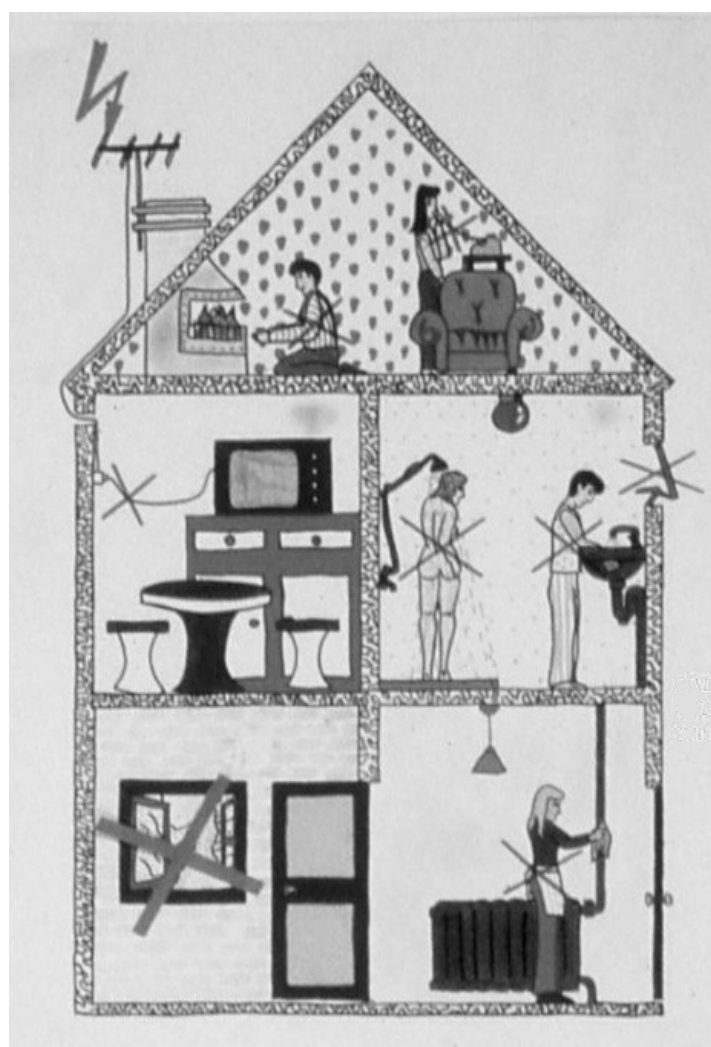
6.2 Comment trouver des emplacements sûrs

L'emplacement le plus sûr pour trouver refuge se situe à l'intérieur d'un bâtiment équipé de systèmes de protection contre la foudre (externes et internes). Pour les maisons non équipées de dispositifs de protection contre la foudre (voir la Figure 9), il est conseillé de fermer les portes et les fenêtres pour empêcher les écoulements d'air, de s'asseoir à l'écart de

tout foyer ou cheminée et d'éviter d'utiliser de l'eau lorsque la structure est dotée de conduites d'eau métalliques. Eviter tout espace ouvert comme les balcons.

Utiliser des téléphones mobiles et sans fil. Ne pas appeler à partir d'un téléphone filaire. Se tenir à l'écart des lignes électriques, des lignes de télécommunication, des tuyaux métalliques d'eau et de gaz, des cheminées métalliques ainsi que des appareils électrodomestiques (comme les hottes d'extraction, les lave-vaisselle et les chauffages électriques). Ne pas prendre de douche ou de bain pendant un orage.

A l'intérieur d'un local ou d'un bâtiment ouvert, il convient de rester au milieu avec les pieds serrés et même en position accroupie à l'intérieur des granges, des cabanes en bois ou en pierre qui ne sont pas équipées de systèmes de protection contre la foudre. Il est préférable d'installer des parafoudres dans le tableau d'entrée pour protéger les appareils électriques, les antennes TV et les câbles de télécommunication (même lorsque ceux-ci sont souterrains). Il convient d'installer un parafoudre au niveau de chaque entrée de câble électrique et de télécommunication. Si tel n'est pas le cas, il convient de débrancher ces équipements.



IEC 819/13

Figure 9 – Comment éviter la foudre à l'intérieur d'une maison

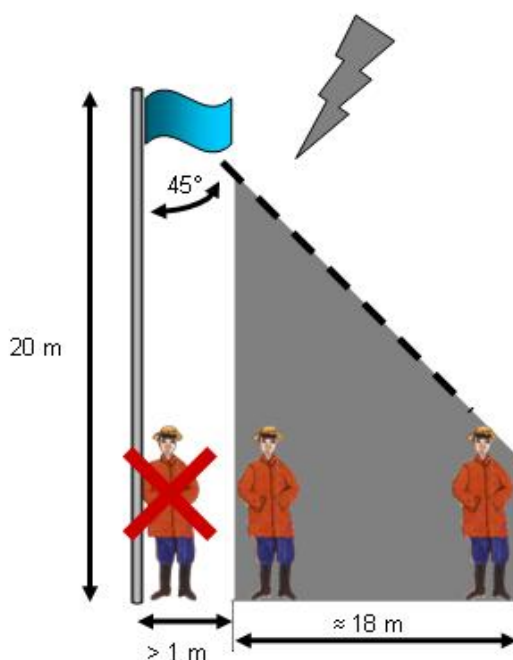
6.3 Conduite à tenir à l'extérieur

Même si les objets de grande taille comme les arbres ou les pylônes sont statistiquement plus exposés au foudroiement, il ne faut jamais oublier que la foudre peut tomber partout. En cas de fort risque d'orage, prendre les précautions indiquées ci-dessous.

Eviter de pratiquer l'escalade. Il ne faut pas marcher près d'un cours d'eau et, il est encore plus important de ne pas nager pendant un orage. Eviter de faire du cheval, du vélo, de la moto, de rouler dans une voiture décapotable ou tout autre moyen de transport découvert, un tracteur ou une moissonneuse (des agriculteurs ont été foudroyés).

Il ne faut pas utiliser de voiliers (sauf s'ils sont correctement protégés contre la foudre), de tentes, d'abris pour pique-nique ouverts, de tramways avec les fenêtres ouvertes.

A la campagne, il faut s'éloigner des points élevés, ne pas rester en groupe. En ville, il faut entrer dans un magasin ou un bâtiment public où vous serez protégé. S'écarter des éclairages publics, des pylônes et des clôtures métalliques ainsi que des arbres isolés. Les éclairages publics métalliques et les pylônes métalliques assurent une bonne protection contre les coups de foudre directs (voir la Figure 10), mais peuvent provoquer des tensions de pas dangereuses. Il faut garder une distance d'au moins 1 m – ou mieux de 3 m – par rapport à un éclairage public ou un pylône métallique. Il ne faut pas utiliser de parapluie ou de club de golf, ni tenir de longs objets métalliques ou autres objets conducteurs dans vos mains.



IEC 820/13

Figure 10 – Eviter le point le plus élevé de cette zone

Les arbres isolés sont particulièrement dangereux. Il convient de respecter une distance de sécurité de 10 m par rapport au tronc et aux branches (voir la Figure 11).

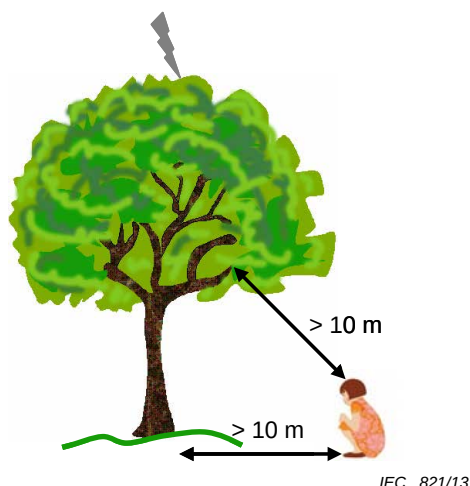


Figure 11 – Distance de sécurité (10 m) sous un arbre

La position idéale à adopter en plein air consiste certainement à ne pas rester debout mais idéalement à s'accroupir avec la tête le plus près possible du sol et les bras autour des jambes. Les personnes debout avec les pieds serrés peuvent être frappées par un éclair direct.

Il est aussi dangereux de rester à l'orée d'une forêt; dans ce cas, il est préférable de se tenir dans la forêt au milieu des arbres.

Il faut se tenir à l'écart des clôtures et des autres structures métalliques, des fossés et des autres zones humides, des champs ouverts, des sommets des collines et des rivages.

Si vous êtes vraiment obligés de vous déplacer pendant un orage, faire de petits pas ou courir (dans ce cas, un seul pied est en contact avec le sol), en évitant de déplier tout objet métallique saillant (parapluies).

Il convient de rester à au moins 1 m et, de préférence, 3 m des murs, des supports, des clôtures métalliques et en particulier des éléments faisant partie d'un système de protection contre la foudre.

Serrer les pieds pour éviter un éventuel gradient de tension à la surface. Dans le cas de groupes, il convient que les personnes ne se touchent pas et gardent une distance entre elles d'au moins 1 m et, de préférence, 3 m.

6.4 Situation dangereuse à l'intérieur d'un véhicule

Une voiture métallique constitue une bonne protection (cage de Faraday) si les vitres sont relevées. Une voiture se comporte comme un conducteur électrique de bonne qualité et protège donc ses passagers de la foudre (voir la Figure 13). Néanmoins, il est conseillé de conduire avec précaution (à vitesse modérée) sous un orage. Les véhicules dont la carrosserie est en fibres de verre (par exemple les caravanes) et les voitures décapotables sans structure de toit métallique ni arceau offrent une protection très inférieure.



IEC 822/13

Figure 12 – En général, une voiture se comporte comme une cage de Faraday

Conduire pendant un orage comporte notamment les dangers suivants:

- le véhicule peut être endommagé par l'intermédiaire de ses pneus à la suite du transfert de la chaleur et de la crevaison causés par le courant de foudre; les pneus n'assurent aucune protection;
- il convient de ne pas toucher de parties métalliques lorsqu'on est assis à l'intérieur de la voiture car celles-ci peuvent présenter une tension élevée;
- l'électronique de bord peut être perturbée par le champ électromagnétique qui accompagne le courant de foudre (vérifier le bon fonctionnement de l'électronique de la voiture après un orage!);
- les éclairs intenses avec simultanément le bruit fracassant du tonnerre peuvent être à l'origine d'erreurs de conduite fatales et les fortes pluies gênent la visibilité;
- les feux tricolores et de signalisation peuvent ne pas fonctionner correctement.

Il convient de retarder son voyage pendant la durée d'un épisode orageux intense.

6.5 Conduite à tenir en camping

A l'intérieur d'une tente de camping ou d'une caravane, il faut s'assurer qu'un conducteur métallique entourant l'intégralité du volume à protéger est correctement relié à la terre.

Les caravanes et les mobiles homes qui possèdent un revêtement métallique extérieur offrent la même protection que les voitures avec une carrosserie métallique. Toutefois, les personnes qui se trouvent à l'intérieur de véhicules dont la carrosserie est en fibres de verre sont en danger.

Recommandations:

- ne jamais installer de tentes, de véhicules ou de remorques utilisés à titre d'hébergement sur des sites proéminents, au sommet de collines, à l'orée d'une forêt ou sous des arbres isolés;
- maintenir au moins une distance de 3 m avec les tentes et les caravanes automobiles voisines;
- ne pas installer de fils métalliques entre des tentes et des caravanes automobiles.

Durant une tempête:

- en l'absence de structure protégée ou de véhicule possédant un revêtement métallique, rester à l'intérieur de la tente en position accroupie en se tenant à distance des poteaux métalliques de la tente;
- débrancher tous les câbles reliés aux points d'alimentation électrique du site;
- retirer ou déposer les antennes extérieures;

- ne pas oublier que les pieds métalliques reliés à la structure des mobiles homes se comportent généralement comme des conducteurs de foudre.

6.6 Orages en montagne

En montagne, la foudre est extrêmement dangereuse pour les randonneurs et les alpinistes. Les conditions atmosphériques peuvent changer très rapidement. Il faut s'écarter rapidement et en toute sécurité des pics et des arêtes et éviter les falaises, les fissures, les crevasses, les abrupts, les saillies et les arbres à l'approche d'un orage ou si l'on sent ses poils se dresser sur les bras ou sur la nuque. Il ne faut pas garder d'objets métalliques tels que les bijoux et les montres en contact étroit avec le corps. Il est conseillé de s'accroupir pour réduire la surface du corps et se protéger des courants déviés.

Il ne faut pas toucher une face rocheuse avec les mains ou les pieds car un courant de foudre pourrait traverser votre corps et vous éjecter à plusieurs mètres.

Il faut stopper toute ascension à l'approche d'un orage et essayer d'atteindre un refuge de montagne sûr (équipé de préférence d'un système de protection contre la foudre) ou rester dans la vallée avant le début de l'orage.

Si cela est impossible, les abris bivouac métalliques offrent une certaine protection sur les voies d'alpinismes fixes. On se trouve également relativement en sécurité dans les cavernes, sous les vires ou aux niveaux inférieurs des faces rocheuses. A ces emplacements, essayer de maintenir une distance de 1 m avec la paroi.

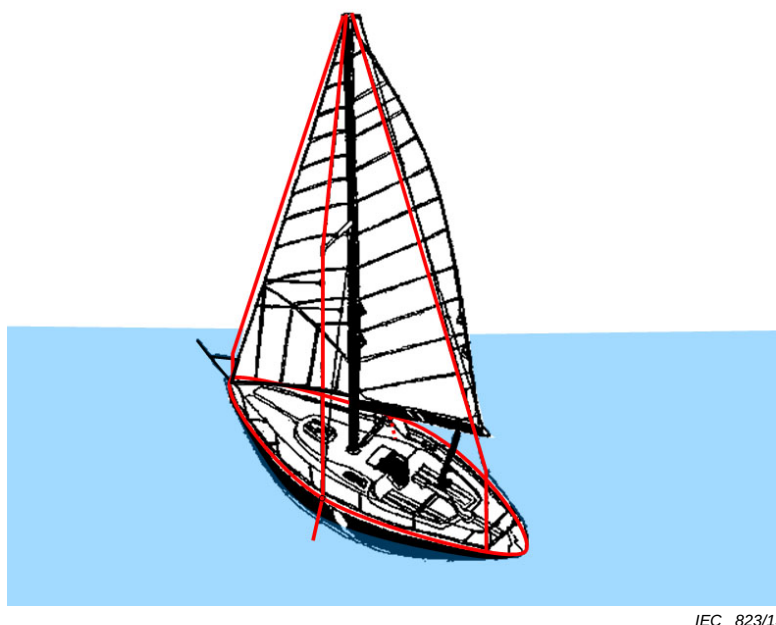
Il convient de ne pas toucher les câbles métalliques, les cordes d'escalade mouillées, les échelles et les barres ainsi que les faces rocheuses humides.

Les orages peuvent provoquer des chutes de pierres et des avalanches dangereuses.

6.7 Conduite à tenir sur l'eau

A l'approche d'un orage, il faut sortir de l'eau et de la zone du rivage et se rendre dans une zone protégée. Si l'on se trouve, lors d'un orage en mer, dans un véhicule nautique à moteur, il faut cesser la pêche ou toute autre activité et s'abriter sous le pont si possible. Il faut s'accroupir, jambes serrées au plus profond du bateau et éviter de toucher le gréement ou d'autres parties métalliques. Dans l'eau, les courants de foudre sont diffusés sur des zones étendues; à 100 m du point d'impact, le courant est toujours dangereux. Figure 13 représente un système de protection contre la foudre sur un voilier.

Il faut être très vigilant lors des plongées en scaphandre autonome. Bien que le danger d'un coup de foudre direct soit faible sous l'eau, une vaporisation de l'eau peut être provoquée par la foudre et générer une onde de choc. Les blessures possibles vont de la rupture du tympan à l'embolie et à la perte de conscience. Les personnes sont en danger au moment où elles sortent de l'eau.



IEC 823/13

Figure 13 – Exemple de système de protection contre la foudre sur un voilier

6.8 Conduite à tenir dans les festivals en plein air

Les règles élémentaires qui s'appliquent aux manifestations en plein air sont les mêmes que celles qui s'appliquent aux autres activités extérieures. En principe, les spectateurs assis ou debout sur des plateformes ouvertes sont en danger; à l'approche d'un orage, il convient qu'ils gagnent des zones protégées contre la foudre. Les plateformes équipées d'un système de protection contre la foudre ou recouvertes d'un toit en métal ou en béton armé sont considérées comme des zones protégées.

Il convient de ne pas toucher les parties métalliques, les colonnes, les parois, les barrières de séparation. Il faut maintenir une distance d'au moins 1 m et de préférence 3 m de ces éléments et les autres parties conductrices. Il convient de serrer les pieds pour éviter un gradient de tension à la surface.

Avant tout événement attirant un grand nombre de spectateurs, il convient de s'assurer que les prévisions météorologiques sont bonnes.

6.9 Conduite à tenir lors d'activités sportives à l'extérieur

Il convient que les participants à des activités sportives à l'extérieur recherchent un abri sûr dès les premiers signes de foudre ou d'orage dans la zone. Il convient que les entraîneurs et/ou les organisateurs mettent fin aux matchs ou aux entraînements dès les premiers signes d'orage ou de foudre. Il convient que les joueurs et les entraîneurs cherchent refuge dans des bâtiments dotés de systèmes de protection contre la foudre ou dans des véhicules métalliques fermés. Le jeu peut reprendre 30 min après le dernier coup de tonnerre ou le dernier éclair.

En l'absence de structures protégées ou de véhicules fermés, il convient de considérer les zones suivantes comme la meilleure alternative:

- bâtiments sans systèmes de protection contre la foudre;
- zones proches de bâtiments ou de mâts métalliques mais en respectant une distance d'au moins 1 m et de préférence 3 m par rapport aux murs et aux parties métalliques; afin de réduire les gradients de tension à la surface; les pieds doivent être tenus serrés.

Les terrains de golf sont des endroits particulièrement dangereux pendant les orages en raison du profil du sol et de la présence d'arbres et de bouquets d'arbres isolés ainsi que du matériel de golf. Les blessures et les décès dus à des coups de foudre surviennent sur les terrains de golf lorsque les golfeurs tentent de continuer à jouer à l'approche d'un orage ou lorsqu'ils trouvent refuge sous des arbres isolés ou en bordure d'un groupe d'arbres. Il convient de ne jamais considérer les arbres comme des zones protégées et il convient d'éviter de se tenir regroupés; il est fortement recommandé d'observer une distance d'au moins 5 m entre chaque individu.

Bibliographie

- [1] ANDREWS, C.J., COOPER, M.A., DARVENIZA, M., MACKERRAS, D., *Lightning Injuries: Electrical, Medical, and Legal Aspects*, CRC Press, Boca Raton, USA, 1992.
 - [2] BARTHOLOME C.W.: *Cutaneous manifestations of lightning injury*, Arch. Dermatology, 111 (11) 1466-8/ nov.1975
 - [3] BOUQUEGNEAU, C., *Doit-on craindre la foudre?*, EDP Sciences, les Ulis (Paris), 2006.
 - [4] BOUQUEGNEAU, C. and RAKOV, V., *How dangerous is lightning?*, Dover Publications, 2010.
 - [5] COORAY, V., editor, *Lightning Protection*, IET Power and Energy Series 58, London, 2010.
 - [6] COST P18 (The Physics of Lightning Flash and its Effects), *Lightning Safety Brochure*, 2010.
 - [7] GOURBIÈRE, E. et GARY, C., *Secours aux foudroyés – Recommandations*, Association Protection Foudre, Paris, 1995.
 - [8] Society of Atmospheric Electricity of Japan, *Lightning Threat! What can I do? Safety Rules* (60 pages, in Japanese), 2009
 - [9] VDE/ABB, *Wie kann man sich gegen Blitzeinwirkungen schützen?*, Electrosuisse, 2003. www.vde.com/abb
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch