

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Protection against lightning – Thunderstorm warning systems

Protection contre la foudre – Systèmes d'alerte aux orages



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC 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: sales@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC 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.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. 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 de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Protection against lightning – Thunderstorm warning systems

Protection contre la foudre – Systèmes d'alerte aux orages

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN 978-2-8322-6231-3

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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	9
3 Terms, definitions and abbreviations	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviations.....	12
4 Thunderstorm phases and detectable phenomena for alarming.....	13
4.1 Introductory remark.....	13
4.2 Phase 1 – Initial phase (cumulus stage).....	13
4.3 Phase 2 – Growth phase.....	13
4.4 Phase 3 – Mature phase	13
4.5 Phase 4 – Dissipation phase.....	13
5 Classification of thunderstorm detection devices and their properties	14
6 Alarm method	15
6.1 General.....	15
6.2 Areas.....	16
6.2.1 Target area (TA).....	16
6.2.2 Surrounding area (SA).....	16
6.2.3 Monitoring area (MA).....	17
6.2.4 Coverage area (CA).....	17
6.3 Alarm triggering	17
6.4 Alarm information delivery.....	19
7 Installation and maintenance	19
8 Alarm evaluation.....	19
8.1 General.....	19
8.2 Evaluation of TWS by using lightning location data	21
8.3 Fine tuning of TWS by processing archived data.....	21
9 Thunderstorms warning systems application guide	21
9.1 General.....	21
9.2 Procedure.....	22
9.2.1 General	22
9.2.2 Step 1 – Identification of hazardous situations	22
9.2.3 Step 2 – Determination of type of loss	22
9.2.4 Step 3 – Risk control	23
Annex A (informative) Overview of the lightning phenomena	25
A.1 Origin of thunderclouds and electrification.....	25
A.2 Lightning phenomena	25
A.3 Electric thunderstorm and lightning characteristics useful for prevention	26
A.3.1 Electrostatic field	26
A.3.2 Electromagnetic fields.....	27
A.3.3 Other parameters useful in lightning detection.....	27
Annex B (informative) Thunderstorm detection techniques	28
B.1 Introductory remarks	28
B.2 Detection techniques and parameters to qualify a sensor	28

B.2.1	General	28
B.2.2	Class A.....	28
B.2.3	Class B.....	29
B.2.4	Class C.....	29
B.2.5	Class D.....	29
B.3	Location techniques.....	29
B.3.1	General	29
B.3.2	Multi-sensor location techniques.....	29
B.3.3	Single sensor techniques.....	30
B.4	Thunderstorm detectors evaluation.....	31
B.5	Choosing a thunderstorm detection system	31
Annex C (informative)	Examples of application of thunderstorm warning systems	32
C.1	Example n° 1 – Telecommunication tower	32
C.1.1	Step 1: Identification of hazardous situations	32
C.1.2	Step 2: Determination of type of loss	32
C.1.3	Step 3: Risk control	33
C.2	Example n° 2 – Golf course.....	33
C.2.1	Step 1: Identification of hazardous situations.....	33
C.2.2	Step 2: Determination of type of loss	34
C.2.3	Step 3: Risk control	35
Annex D (informative)	Catalogue of possible recommended preventive actions to be taken	36
Annex E (informative)	Example of TWS evaluation on a wind turbine site	38
Annex F (informative)	How to test thunderstorm detectors	40
F.1	General.....	40
F.2	Laboratory tests.....	40
F.2.1	General	40
F.2.2	Resistance to UV radiation tests (for non-metallic sensor housing)	40
F.2.3	Resistance tests to corrosion (for metallic parts of sensor)	41
F.2.4	Mechanical tests.....	41
F.2.5	Index of protection confirmation (IP Code).....	42
F.2.6	Electric tests.....	42
F.2.7	Marking test.....	43
F.2.8	Electromagnetic compatibility (EMC)	43
F.3	Optional tests on an open air platform under natural lightning conditions	43
Bibliography.....		47
Figure 1 – Examples of different target area shapes		16
Figure 2 – Example of the distribution of the coverage area (CA), the monitoring area (MA), the target area (TA), and surrounding area (SA).....		17
Figure 3 – Example of an alarm		18
Figure A.1 – Standard lightning classifications		26
Figure D.1 – Procedure flow chart		37
Figure E.1 – Lightning activity around the site for a period of eight years.....		38
Figure F.1 – Difference in electric field measurement during one thunderstorm event		45
Table 1 – Lightning detector properties		15

Table 2 – Contingency table	20
Table 3 – Identification of hazardous situations.....	22
Table 4 – Loss concerning people.....	23
Table 5 – Loss concerning goods.....	23
Table 6 – Loss concerning services	23
Table 7 – Loss concerning environment	23
Table 8 – Risk control	24
Table C.1 – Identification of hazardous situations	32
Table C.2 – Loss concerning goods	32
Table C.3 – Loss concerning services.....	33
Table C.4 – Loss concerning environment	33
Table C.5 – Risk control.....	33
Table C.6 – Identification of hazardous situations	34
Table C.7 – Loss concerning people	34
Table C.8 – Loss concerning goods	34
Table C.9 – Loss concerning services.....	34
Table C.10 – Loss concerning environment.....	35
Table C.11 – Risk control.....	35
Table E.1 – Results of TWS evaluation based on archived lightning data for an 8-year period (2000 to 2007), when some of the key parameters (size of MA, trigger parameters and dwell time) were varied.....	39

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PROTECTION AGAINST LIGHTNING –
THUNDERSTORM WARNING SYSTEMS**

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.

International Standard IEC 62793 has been prepared by IEC technical committee 81: Lightning protection.

This bilingual version (2018-11) corresponds to the monolingual English version, published in 2016-05.

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

FDIS	Report on voting
81/508/FDIS	81/519/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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 website 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

Natural atmospheric electric activity and, in particular, cloud-to-ground lightning poses a serious threat to living beings and property. Every year severe injuries and even deaths of humans are caused as a result of direct or indirect lightning strikes.

Lightning:

- may affect sport, cultural and political events attracting large concentrations of people; events may have to be suspended and people evacuated in the case of a risk of thunderstorm;
- may affect industrial activities by creating power outages and unplanned interruptions of production processes;
- may interrupt all kinds of traffic (people, energy, information, etc.);
- has led to a steady increase in the number of accidents per year due to the wider use of electric components that are sensitive to the effects of lightning (in industry, transportation and communication);
- may be a hazard for activities with an environmental risk, for example handling of sensitive, inflammable, explosive or chemical products;
- may be a cause of fire.

During the last decades, technical systems including systems devoted to real-time monitoring of natural atmospheric electric activity and lightning, have experienced an extraordinary development. These systems can provide high quality and valuable information in real-time of the thunderstorm occurrence, making it possible to achieve information which can be extremely valuable if coordinated with a detailed plan of action.

Although this information allows the user to adopt anticipated temporary preventive measures, it should be noted that all the measures to be taken based on monitoring information are the responsibility of the system user according to the relevant regulations. The effectiveness will depend largely on the risk involved and the planned decisions to be taken. This International Standard gives an informative list of possible actions.

Lightning and thunderstorms, as with many natural phenomena, are subject to statistical uncertainty. It is not possible therefore to achieve precise information on when and where lightning will strike.

Other lightning protection standards do not cover the use of thunderstorm warning systems.

PROTECTION AGAINST LIGHTNING – THUNDERSTORM WARNING SYSTEMS

1 Scope

This International Standard describes the characteristics of thunderstorm warning systems and evaluation of the usefulness of lightning real time data and/or storm electrification data in order to implement lightning hazard preventive measures.

This standard provides the basic requirements for sensors and networks collecting accurate data of the relevant parameters, giving real-time information of lightning tracks and range. It describes the application of the data collected by these sensors and networks in the form of warnings and historical data.

This standard applies to the use of information from thunderstorm warning systems (systems or equipment providing real-time information) on atmospheric electric activity in order to monitor preventive measures.

This standard includes:

- a general description of available lightning and storm electrification hazard warning systems;
- a classification of thunderstorm detection devices and properties;
- guidelines for alarming methods;
- a procedure to determine the usefulness of thunderstorm information;
- some informative examples of possible preventive actions.

The following aspects are outside the scope of this standard:

- a) lightning protection systems; such systems are covered by the IEC 62305 series;
- b) other thunderstorm related phenomena such as rain, hail, wind;
- c) satellite and radar thunderstorm detection techniques.

A non-exhaustive list of situations to which this standard could be applicable is given below:

- people in open areas involved in activities such as maintenance, labour, sports, competitions, agriculture and fisheries or situations where large crowds gather;
- wind farms, large solar power systems, power lines;
- occupational health and safety prevention;
- sensitive equipment such as computer systems, emergency systems, alarms and safety equipment;
- operational and industrial processes;
- storage, processing and transportation of hazardous substances (e.g. flammable, radioactive, toxic and explosive substances);
- determined environments or activities with special danger of electrostatic discharges (e.g. space and flight vehicle operations);
- operations in which the continuity of the basic services is very important (e.g. telecommunications, the generation, transport and distribution of energy, sanitary services and emergency services);
- infrastructures: ports, airports, railroads, motorways and cableways;

- civil defense of the environment: forest fires, land slide and floods;
- wide networks (e.g. power lines, telecommunication lines) may also benefit from having early detection of thunderstorms.

2 Normative references

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

IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

alarm

information indicating that the target or the surrounding area is likely to be affected by thunderstorms and the accompanying lightning related events

3.1.2

cloud-to-ground lightning

CG

electric discharge of atmospheric origin that is comprised of one or more cloud-to-ground lightning strokes that propagate from cloud to ground or vice versa and lead to a net transfer of charge between cloud and ground

3.1.3

coverage area

CA

area where a given warning equipment has a sufficient detection efficiency and/or accuracy to give a warning

3.1.4

detection efficiency

DE

percentage of cloud-to-ground discharges (flashes or strokes) that are detected and located by a sensor or a network

Note 1 to entry: As cloud-to-ground flashes are often composed of several strokes, there is a difference between flash detection efficiency and stroke detection efficiency. A flash is reported (detected) if at least one stroke (first or subsequent) is detected and therefore flash detection efficiency is always equal or higher than stroke detection efficiency.

3.1.5

dwelt time

DT

time that an alarm is sustained after all warning criteria are no longer met

3.1.6

effective alarm

EA

alarm where a lightning related event occurs in the surrounding area during the total alarm duration

3.1.7

time to clear

TTC

time between the occurrence of the last lightning related event in the monitoring area and the time when the alarm is released

3.1.8

failure to warn

FTW

occurrence of a lightning related event in the surrounding area for which no alarm occurred

3.1.9

failure to warn ratio

FTWR

ratio of failure to warn with respect to the total number of situations with lightning related events affecting the surrounding area

3.1.10

false alarm

FA

alarm not followed by lightning-related events within the surrounding area

3.1.11

false alarm ratio

false alarm rate

FAR

ratio of false alarms to the total number of alarms

3.1.12

field strength meter

FSM

device for continuous monitoring of the atmospheric electrostatic field associated with thunderstorms

EXAMPLE: Field mill.

3.1.13

cloud lightning

IC

discharge occurring within or among thunderclouds or between thunderclouds and air and which does not have a ground termination

3.1.14

lead time

LT

time between the start of an alarm and the effective occurrence of the first lightning related event in the target area

3.1.15

lightning flash

electric discharge of atmospheric origin consisting of one or more strokes

Note 1 to entry: This discharge may occur within or between clouds, between the clouds and air and between a cloud and the ground.

3.1.16

lightning related event

LRE

CG lightning flash to or near the structure to be protected, or to or near a line connected to the structure to be protected

3.1.17**lightning stroke**

single electric discharge in a lightning flash to earth

3.1.18**median location accuracy****LA**

median value of the distances between real stroke locations and the stroke locations given by the lightning location system

3.1.19**monitoring area****MA**

geographic area where the lightning activity is monitored in order to provide a valid warning for the target area

3.1.20**physical damage**

damage to a structure (or to its contents) due to mechanical, thermal, chemical or explosive effects of lightning

3.1.21**preventive actions**

actions of a temporary nature, taken on the basis of the preventive information and framed within the emergency plans of each organization which covers all that is required

3.1.22**point of strike**

point where a lightning flash strikes the earth or protruding objects (e.g. structure, lightning protection system, line, tree)

Note 1 to entry: A lightning flash may have more than one point of strike.

3.1.23**surrounding area****SA**

geographic area in which a lightning related event (LRE) causes a potential danger and which surrounds and includes the target area (TA)

Note 1 to entry: Any lightning related event occurring in the surrounding area is potentially dangerous. This area is used when evaluating a thunderstorm warning system to determine the false alarm ratio and other performance parameters.

3.1.24**target area****TA**

geographic area where a warning is needed in order to facilitate decision-making and to activate preventive actions before a lightning related event occurs in that area

3.1.25**thunderstorm**

local storm produced by atmospheric activity and accompanied by lightning and thunder

3.1.26**thunderstorm detector**

equipment capable of evaluating one or more parameters associated with the electrical characteristics of the thunderstorm

Note 1 to entry: Thunderstorm detectors may consist of a single detector or of a network of connected detectors.

3.1.27 **thunderstorm warning system** **TWS**

system composed of thunderstorm detectors able to monitor the thunderstorm activity in the monitoring area and means of processing the acquired data to provide a valid alarm (warning) related to the lightning related events for a defined target area

Note 1 to entry: Some countries refer to TWS as 'lightning warning systems'.

3.1.28 **total alarm duration** **TAD**

time between triggering and the end of an alarm

3.1.29 **percentage of alarms delivered** **POD_x**

percentage of alarms delivered with a lead time of more than or equal to x minutes

EXAMPLE: POD₁₀ is the percentage of alarms delivered with a lead time of more than or equal to 10 min.

3.2 Abbreviations

CA	Coverage area
CG	Cloud to ground
DC	Direct current
DE	Detection efficiency
DT	Dwell time
EA	Effective alarm
EMC	Electromagnetic compatibility
EMI	Electromagnetic interference
FA	False alarm
FAR	False alarm ratio
FSM	Field strength meter
FTW	Failure to warn
FTWR	Failure to warn ratio
HV	High voltage
IC	Intercloud, intracloud or cloud to air discharges
IP	Index of protection
LA	Location accuracy
LF	Low frequencies
LLS	Lightning location system
LPS	Lightning protective system
LT	Lead time
LRE	Lightning related event
MA	Monitoring area
MCS	Mesoscale convective systems
MDF	Magnetic duration finder
OI	Optical imaging
POD _x	Percentage of alarms delivered

RFI	Radio frequency interferometry
RFM	RF signal strength measurement
RF	Radio frequency
SA	Surrounding area
TA	Target area
TAD	Total alarm duration
TOA	Time of arrival
TTC	Time to clear
TWS	Thunderstorm warning system
UV	Ultraviolet
VHF	Very high frequencies
VLF	Very low frequencies

4 Thunderstorm phases and detectable phenomena for alarming

4.1 Introductory remark

Four distinct stages can be identified during the thunderstorm life time cycle regarding detectable phenomena:

- 1) initial phase;
- 2) growth phase;
- 3) mature phase;
- 4) dissipation phase.

4.2 Phase 1 – Initial phase (cumulus stage)

This is the phase of cloud electrification by means of electric charge separation within the cloud. The charges are distributed in regions within the cloud and produce a measurable electrostatic field at ground level. It is considered the first detectable phenomenon before a thunderstorm.

NOTE Electrostatic fields can produce potential dangers such as electrostatic discharges even in the case of no lightning activity.

4.3 Phase 2 – Growth phase

This phase, sometimes also called the development phase, is characterized by the occurrence of the first lightning discharge (IC or CG). The first intra-cloud (IC) flashes appear after a certain development of the charge regions in the cloud. However, in some situations there is no clear time delay between the first IC flash and the first CG flash.

NOTE IC flashes typically represent the majority of the total lightning activity generated by a thunderstorm. Significant variation in the IC/CG rate is observed for individual storms.

4.4 Phase 3 – Mature phase

This stage is characterized by the presence of both CG and IC flashes.

4.5 Phase 4 – Dissipation phase

This phase is characterized by the decaying of both IC and CG flash rates and the reduction of the electrostatic field to the fair weather level.

5 Classification of thunderstorm detection devices and their properties

Portable devices (a device where the sensor is not fixed) are outside the scope of this standard (calibration and testing for these devices may not be sufficient to provide efficient warning).

Thunderstorm detectors are classified in accordance with the detectable thunderstorm phases depending on the detectable phenomena. However, a thunderstorm detector can detect one or several phenomena.

There are several ways to look at the means to detect thunderstorms in general, and lightning strikes in particular. One way is to look at the phase of the thunderstorm for which a detector is designed to operate. Another way is to compare the frequency range of the electromagnetic radiation emitted by a lightning strike with the frequency range detectable by a sensor. A third way is to look at techniques that a sensor uses to detect a lightning strike and to calculate its position.

For the classification of thunderstorm or lightning strike detectors the following classes are defined:

- class A: detect a thunderstorm over its entire lifecycle (phases 1 through 4);
- class B: detect IC and CG flashes (phases 2 through 4);
- class C: detect CG flashes only (phases 3 and 4);
- class D: detect CG flashes (phase 3) and other electromagnetic sources with very limited efficiency.

The classes are explained in more detail in Annex B. The classes are not related to the efficiency of the system.

The frequency ranges that are used in lightning detection are as follows:

- DC: static and quasi static electric fields;
- VLF: very low frequencies (3 kHz to 30 kHz);
- LF: low frequencies (30 kHz to 300 kHz);
- VHF: very high frequencies (30 MHz to 300 MHz).

All these phenomena to be measured result in different sensor and location techniques. Those techniques may be distinguished as follows:

- MDF: magnetic direction finder;
- TOA: time of arrival;
- RFI: radio frequency interferometry;
- FSM: field strength meter;
- RF: radio frequency signal strength measurements.

This list is not exhaustive.

These detection techniques are described in some detail in Clause B.2.

Table 1 shows the connection between the frequency range in which a detector may operate and the phases, classes and typical ranges of operation for those detectors.

Table 1 – Lightning detector properties

Technique	Physical detectable phenomenon	Frequency	Phase(s)	Main class	Secondary class	Typical sensor range km	Application
FSM	Electrification process	DC	1, 2, 3, 4	A		20	Short range early warning systems
MDF	Electric charges motion	VLF	2, 3	C	B	No limit	Low detection efficiency and location accuracy – very long range detection
MDF, TOA	Electromagnetic radiation (lightning current)	LF	2, 3	C	B	600 to 900	Long range – high location accuracy for CG detection. A fraction of IC processes are also detected
TOA	Breakdown and leader processes (IC/CG)	VHF	2, 3	B	C	200	Medium range – high location accuracy for both CG and IC
RFI	Breakdown and leader processes (IC/CG)	VHF	2, 3	B	C	300	Medium range – high location accuracy for both CG and IC
RF	Electromagnetic radiation (lightning current)	LF	3	D		100	Meteorological interest
NOTE The main class is the class for which the detector is designed. The secondary class is the class or the classes for which the sensor is also appropriate.							

TWS may also be classified based on their detection range (typically from a few km to 500 km or more).

More information on the properties and guidance in choosing a sensor for a certain purpose is given in Annex B.

6 Alarm method

6.1 General

In order to let the user take all possible preventive actions, a thunderstorm warning system (TWS) shall provide an alarm for a target area where the lightning related event (LRE) represents a threat. The identification of the lightning related event (LRE) is deduced from the description of dangerous situations provided in Clause 9. An alarm derives from monitoring the lightning activity, either or both CG and IC but also other parameters such as the electrostatic field in the monitoring area (MA). Combinations with additional meteorological observations are usually employed (e.g. meteorological radar). For detection systems able to provide mapping information (lightning detection networks, radars, etc.) it is possible to track potentially dangerous thunderstorm cells thus improving the performance of TWS. Information about TWS is given in Annex B.

The set-up of an alarm includes three steps:

- areas definitions;
- alarm triggering criteria;
- alarm information delivery.

All three steps should be documented. Guidelines to set up an alarm are presented in this Clause 6 and some examples are included in Annex E.

6.2 Areas

6.2.1 Target area (TA)

A precise description of the area should include the physical extension where the warning is needed. The target area can be limited to a single point (Figure 1a)), for example tower on which workers are operating, limited size factory or can be extended (e.g. large buildings, wind farms, golf courses: Figure 1b)). It is however recommended to use larger areas for safety reasons. In many cases, it may appear simpler to limit the lightning related event (LRE) to the occurrence of CG flashes and therefore adapt the size and shape of the target area in order to take into account all possible induced effects. For example, a system sensitive to overvoltages on the power line can be set up or the occurrence of CG flashes in a target area encompassing not only the site but also the power line and its vicinity (Figure 1c)). Therefore, each CG flash occurring in this target area will be treated as a lightning related event (LRE) able to cause the overvoltage. Thus, the target area also depends on the type of lightning related event (LRE) and the effects that it could cause (see Clause 7).

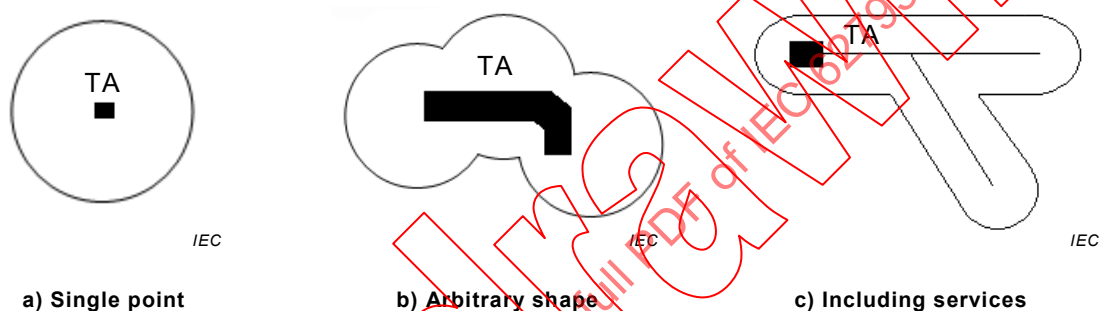


Figure 1 – Examples of different target area shapes

6.2.2 Surrounding area (SA)

In the process of evaluating a TWS it is advisable to introduce a surrounding area (SA) encompassing the target area as shown in Figure 2 in order to confirm the efficiency of the alarm. Where the target area receives a warning even though it does not see an LRE, the occurrence of an LRE in the close neighborhood of the target area (as defined by the surrounding area) indicates that the risk is high and this situation should not be treated as a false alarm (FA). On the other hand, a target area receiving a warning with no LRE being recorded, clearly indicates a malfunction of the equipment and should be treated as a false alarm (FA). Moreover, the introduction of the surrounding area (SA) allows for taking into account the limited location accuracy (LA) of the validation data set.

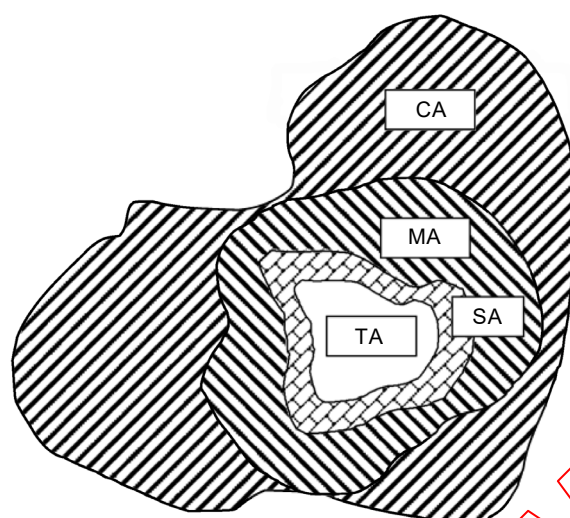


Figure 2 – Example of the distribution of the coverage area (CA), the monitoring area (MA), the target area (TA), and surrounding area (SA)

6.2.3 Monitoring area (MA)

The size and the shape of the monitoring area should be adjusted according to the type of the TWS (see Annex B), its capabilities (see Annex B, e.g. detection efficiency and location accuracy), the shape of the target area, the objectives and the performance of the alarm system.

6.2.4 Coverage area (CA)

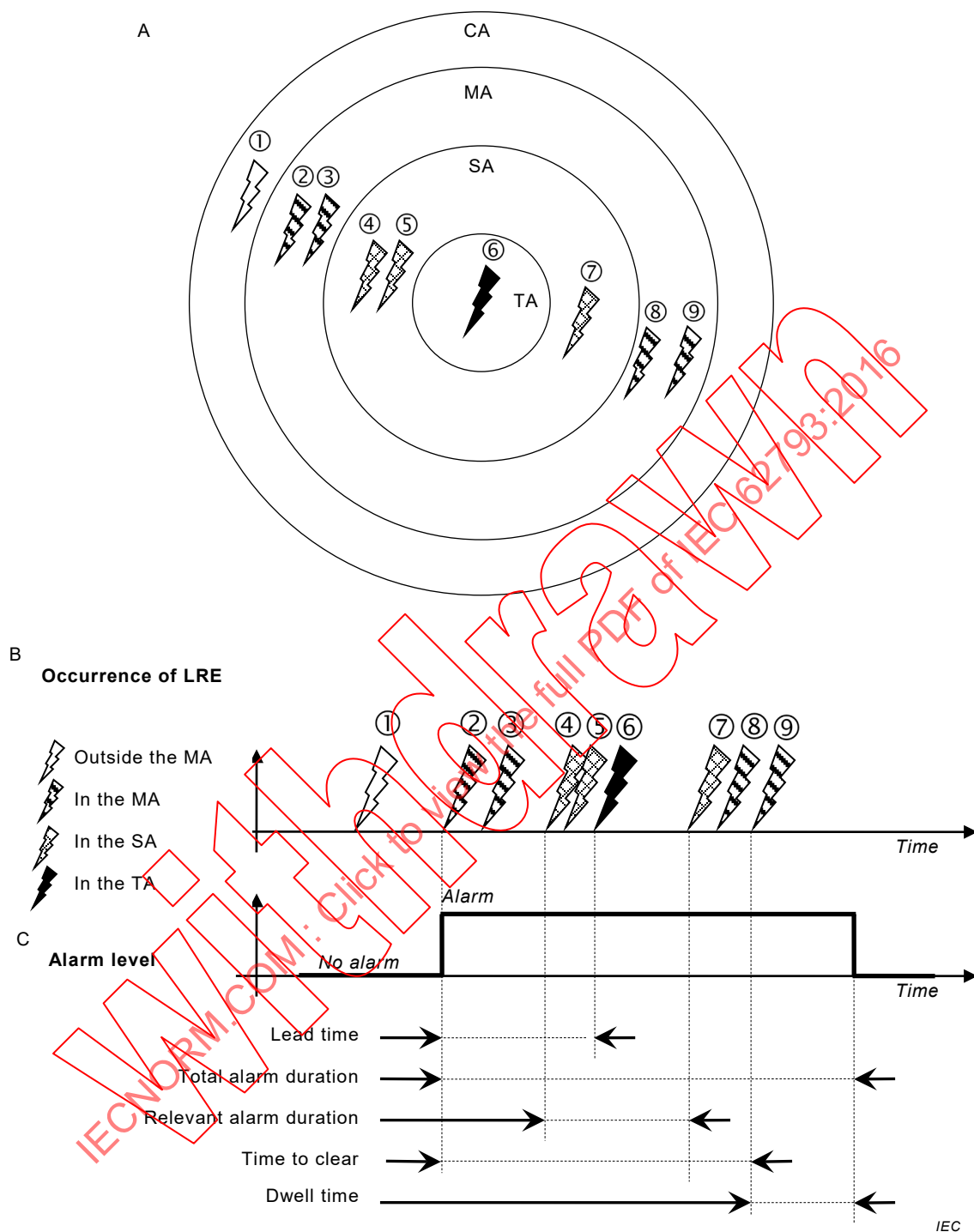
Once the monitoring area (MA) is defined, the detection system should have a coverage area (CA) that includes the monitoring area (MA). When the coverage area (CA) does not cover the whole monitoring area (MA) necessary to elaborate a reliable warning on the target area, it will be essential to juxtapose several elementary systems. The detection efficiency (DE) and/or the location accuracy (LA) of the detection system within the range of the monitoring area (MA) should be known and their influence on the alarm performance should be considered.

Generally, for detection networks, $MA = CA$.

6.3 Alarm triggering

In general, an alarm is triggered when the monitored information provided by the TWS is detected within the monitoring area (MA). The criteria of triggering should be defined and depends on the characteristics of the TWS and its performance within the monitoring area (MA) (e.g. one or several CG flashes, one or several IC flashes, a certain electrostatic field level, electrostatic field polarity and combinations of some criteria).

An example of a timing of an alarm is displayed in Figure 3.



Key

- A Locations of the lightning related events (LRE) in the defined areas (coverage area CA, monitoring area MA, surrounding area SA and target area)
- B Temporal occurrence of the lightning related events (LRE)
- C Timing of the alarm according to the occurrence of the lightning related events (LRE) in the defined areas

Figure 3 – Example of an alarm

The lead time (LT) is the time available to conduct the preventive actions before the first lightning related event (LRE) in the target area may occur.

In order to avoid switching the warning level frequently, the lightning warning system shall use a dwell time (DT) to sustain the alarm even when the alarm criteria are no longer met. If the value set for the dwell time is too large, the time to clear (TTC) will rise significantly, thus making the alarm costlier (depending on the application). Note that systems able to accurately detect the end of an alarm by means other than the occurrence of lightning flashes in the monitoring area (such as class A field strength meter (FSM) systems), may not use the dwell time to release the alarm but rather the occurrence of this end-of-alarm condition.

The total alarm duration corresponds to the interval between the alarm trigger and the end of the dwell time (DT).

6.4 Alarm information delivery

A clear alarm delivery procedure and protocol should be defined to ensure that the alarm information will be properly received by the end user.

It is necessary to monitor faults of the thunderstorm detectors and communication links and notify the end users of all possible detected faults that may affect the availability and the quality of the alarm.

7 Installation and maintenance

Any thunderstorm detectors shall be installed according to the manufacturer's instructions and in the best conditions for ensuring the fewest disruptions produced by its environment. For this purpose, it is highly recommended to make a prior study of the proposed location in order to adapt the sensors of the system to the specific conditions of the site.

The installation of thunderstorm detectors is prone to be affected by multiple factors, so, any new installation may need a prior adjustment period before it is considered to be working at its optimum level. This adjustment shall be made by the system's manufacturer or by a technician specifically authorized by this manufacturer.

Maintenance of the systems integrated in a TWS, including alarm delivery, is indispensable. The precision of the information provided by a TWS is directly determined by the physical conditions of its sensors, their environment (i.e. growing vegetation, buildings, towers, etc.), communications links between the sensors and the TWS as well as between TWS and end users. Therefore it is considered necessary to carry out the maintenance tasks every year or even at shorter periods according to the manufacturer's recommendations.

All these installation and maintenance recommendations are really a key factor for a successful warning system.

NOTE Maintenance tasks can include for example: cleaning, readjusting of parameters, verification of good operation, communication ability, etc.

8 Alarm evaluation

8.1 General

By evaluating the operation of the TWS, it is possible to optimize its parameters and then improve the quality and the reliability. The alarm can thus be better adapted to the end user applications.

Performance evaluation results in extremely valuable information for future alarm settings, preventive action improvements, and increases the knowledge of the target area lightning environment.

It is recommended that an evaluation procedure be established by the installer. In this procedure the user should provide information about previous experiences when available (e.g. number of alarms, potential failure to warn, false alarms, damages) during a particular alarm set-up.

The evaluation can be performed in different ways depending on the availability of validation information, such as:

- cross-correlation with other sources of information with a better accuracy than the tested device: data from other lightning location systems, meteorological radar, satellite, etc.;
- processing archived data for systems that are able to record all the information useful for elaborating warnings; this is the only way to fine tune and verify the settings of the alarm parameters;
- experience: climatology, local observations, unrealistic alarm durations, etc.

The main performance data of a specific TWS are as follows:

- the false alarm ratio (FAR) determined as the ratio of the observed false alarms (FA) to the total observed alarms (FA + EA);

$$FAR = \frac{FA}{FA + EA} \quad (1)$$

- the failure to warn ratio (FTWR) determined as the ratio of the number of failures to warn (FTW) to the expected total number of alarms (FTW + EA);

$$FTWR = \frac{FTW}{FTW + EA} \quad (2)$$

- the distribution of lead time (LT);
- the distribution of time to clear (TTC).

Table 2 summarizes how effective alarms (EA), false alarms (FA) and failure to warn (FTW) are counted.

Table 2 – Contingency table

Event	LRE did occur in the SA	LRE did not occur in the SA
Alarm was delivered	EA	FA
No alarm was delivered	FTW	–

The main parameters that can be adjusted to improve the performance of a TWS are as follows:

- the alarm trigger criteria in the monitoring area (MA);
- the size and shape of the monitoring area (MA);
- the dwell time (DT).

A change in parameters will always lead to compromises, for example:

- increasing monitoring area (MA) size will increase the number of alarms, the lead time (LT), along with the false alarm ratio (FAR) and time to clear (TTC);
- reducing monitoring area (MA) size is likely to increase the failure to warn ratio (FTWR) but decrease the false alarm ratio (FAR) and lead time (LT);

- increasing the sensitivity of the triggering criteria will decrease the failure to warn ratio (FTWR) and increase the lead time (LT) but could increase the false alarm ratio (FAR);
- reducing the dwell time (DT) will reduce the time to clear (TTC) but also tend to artificially increase the number of alarms.

According to the warning applications, the goal of performance optimization can be different:

- a minimum false alarm ratio (FAR) and a minimum time to clear (TTC) are required in applications where the cost of service interruption is huge;
- a minimum failure to warn ratio (FTWR) is required in applications where human safety is involved;
- a sufficient lead time (LT) is required in applications where preventive actions require a long time to activate.

8.2 Evaluation of TWS by using lightning location data

Lightning location data is available from many sources (lightning detection networks, satellite observations, etc.) almost everywhere with different quality in terms of detection efficiency (DE) and location accuracy (LA). These data can be used to evaluate the performance of the TWS keeping in mind the limitation due to the given detection efficiency (DE) and location accuracy (LA). Indeed, a poor detection efficiency (DE) of the validation data set will have a tendency to artificially increase the false alarm ratio (FAR).

8.3 Fine tuning of TWS by processing archived data

Some TWS have the ability to save raw data (lightning locations, electric field, etc.) over a long period that can be used to optimize the warning parameters. According to the targeted performance of TWS (low failure to warn ratio, long lead time, etc.) it will be possible to check the sensitivity of desired metrics when the warning parameters (size and shape of monitoring area (MA) and triggering criteria) are adjusted.

In the case of a TWS based on field strength measurements (FSM) the only adjustable parameter will be the triggering criteria. Indeed, in that case, the size and shape of the monitoring area (MA) are strictly merged with coverage area (CA). The optimization will then consist of adjusting threshold values, field variation analysis, peak detections, etc. This will require a sufficient time resolution for the archived data.

In the case of TWS based on lightning detection network it would be possible to adjust the size and shape of the monitoring area (MA), as well as the triggering criteria in order to achieve the optimum performance.

NOTE For some TWS, it is not possible to adjust MA.

9 Thunderstorms warning systems application guide

9.1 General

In general terms, TWS are useful to control, prevent or reduce loss of life, damage to goods/services or properties (with the economic losses associated) and environmental hazards. Risk management for the application of TWS shall consider a wide range of situations. In general terms, a TWS is intended to reduce risks due to dangerous events (LRE) by means of anticipated temporary preventive measures allowing for reduction of the exposure time to the threat and/or isolation of lines which might conduct surges into the structure. More specifically, a TWS is not able to replace a lightning protection system nor is it able to protect against lightning surges, as specified in the IEC 62305 series.

A TWS provides real-time information on atmospheric electric activity, thus the statistical data concerning thunderstorms might have no direct relation with the evaluation of the prevention advisability. Thus, the advisability of implementing lightning safeguard procedures in a certain

area depends on the characteristics of the activity performed, the public zones exposed to thunderstorms, its human presence and the possibility of taking effective preventive actions as a consequence of the information provided by the TWS.

IEC 62305-2[17]¹ should be used for evaluating the risk on structures.

NOTE How to use a TWS to reduce the risk inside structures is under consideration.

In some cases, for example open air applications, the risk method described in IEC 62305-2 generally cannot be used and a procedure is proposed below.

9.2 Procedure

9.2.1 General

Evaluation of advisability of the use of TWS includes three steps:

- 1) hazardous situations identification;
- 2) type of loss determination;
- 3) risk control: options to reduce the risk (selection, implementation and follow-up of the proper measures for the control and reduction of risk).

This standard does not address any details on preventive actions. For examples of possible recommended preventive actions, however, see Annex D.

9.2.2 Step 1 – Identification of hazardous situations

Identify one or several hazardous situations among the different possibilities of Table 3. In the event of a situation that is not covered in the table, select “Other situations”.

Table 3 – Identification of hazardous situations

No.	Situation
1	People in open areas without an appropriate lightning protected shelter available (according to the IEC 62305 series or other IEC standards): outdoor activities, sports (football, golf, etc.), competitions, crowded events, farming, ranching or fishing activities, beaches, leisure areas
2	Safeguard of sensitive goods: computer systems, electric or electronic controls, emergency, alarm and safety systems
3	Losses in operations and industrial processes
4	Structures containing dangerous substances (inflammable, radioactive, toxic and explosive materials)
5	Basic services whose continuity, quality or fast recovery shall be guaranteed (telecommunications, energy generation, transport and distribution, sanitary and emergency services)
6	Infrastructures: ports, airports, railroads, roads, motorways, cableways
7	Safety at workplace (activities that imply a risk at workplace in case of a thunderstorm)
8	Zones that need civil or environmental protection: prevention of forest fires, etc.
9	Buildings, transport or facilities with their external areas open to the public
10	Other situations

9.2.3 Step 2 – Determination of type of loss

For each selected situation of Table 3, evaluate the different losses concerning people (Table 4), goods (Table 5), services (Table 6) and environment (Table 7) to determine the category of loss (A, B, C or –).

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

Table 4 – Loss concerning people

Loss	Category of loss
Loss of human life	A
Serious injuries to people	B
Minor injuries to people	C
No injuries to people	–

Table 5 – Loss concerning goods

Loss	Category of loss
Loss of valuable goods	A
Loss of common value goods	B
Minor losses of goods	C
No loss	–

Table 6 – Loss concerning services

Loss	Category of loss
Loss of valuable services	A
Loss of common services	B
Minor losses of services	C
No loss	–

Table 7 – Loss concerning environment

Loss	Category of loss
Environmental disaster	A
Damages to environment	B
Minor environmental damage	C
No loss	–

9.2.4 Step 3 – Risk control

Determine if the information given by a TWS helps to take temporary preventive actions (as given in Annex C) in order to reduce the risk. If negative, the TWS is not useful (independently of the type of damage). If affirmative, each situation (selected from Table 3) and type of loss (selected from Tables 4 to 7) determines the appropriateness of TWS (see Table 8). In case of several different solutions, the final solution will be given by choosing the safest solution.

Table 8 – Risk control

Worst loss severity (as result of Tables 4 to 7)	Implementation of adequate TWS
A	Very highly recommended
B	Highly recommended
C	Recommended
–	Not recommended

Withdawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 62793:2016

Annex A (informative)

Overview of the lightning phenomena

A.1 Origin of thunderclouds and electrification

Lightning is produced by electrified clouds, but not all clouds are electrified. Thunderclouds produce lightning and are usually characterized by substantial vertical (deep) development and the simultaneous presence of supercooled cloud drops, ice crystals, and graupel (soft hail) particles. Thunderclouds can also produce high winds and severe weather on the ground (hail, tornados).

Thunderstorms or cumulonimbus clouds are produced by buoyancy forces that are set up initially when sunlight heats the earth's surface and the air in the planetary boundary layer. The thermodynamic basis for the formation of convective clouds is a conditional temperature instability and an initial trigger to start this process. The trigger can be produced by a variety of mechanisms: boundary layer thermals, frontal and gust-front boundaries, orographic lifting (typical in mountains) and frontal surfaces. When buoyant air parcel ascends and enters a lower pressure environment, the parcel expands and cools until the temperature reaches the dew point. After that, the condensation of water vapor produces a cloud, and the latent heat released by the condensing vapor enhances the parcel buoyancy. If the parcel reaches subfreezing temperatures, the conditions for the formation of ice crystals and graupel that are fundamental for cloud electrification and lightning will be present.

Typical thunderstorm cells are characterized by diameters of 10 km, cloud top altitudes of 12 km, and a life cycle of less than 30 min. But other types of thunderstorms such as multi-cell lines, cluster, super-cells, and mesoscale convective systems (MCS) have larger dimensions and durations that can reach several hours. Different types of thunderstorms tend to occur in different geographic regions.

A model of the charge distribution of a simple thundercloud consists of three charge regions, a concentrated negative layer in the middle of the cloud with a more disperse positive layer above that and a small pocket of positive charge below the negative region. Lightning tends to begin at or near the edge of the negative region, and if it begins near the top of the layer, it usually develops into an intra-cloud (IC) discharge involving the main negative and positive regions. If a discharge begins at or near the lower edge of the negative layer, it can produce a downward-propagating, negative leader and a cloud-to-ground (CG) discharge.

A.2 Lightning phenomena

Although cloud-to-ground (CG) lightning is the most dangerous type for human activities, most of the lightning produced by a thunderstorm does not reach the ground. These flashes are commonly called intra-cloud (IC).

Lightning appears after the thundercloud acquires a certain level of electrification. Intra-cloud flashes usually appear several minutes before the first cloud-to-ground flash, but this is not always the case. The polarity of lightning is defined by the polarity of the electric charge delivered to the ground. Lightning can also be characterized by the direction of the initial leader, downward in the case of cloud-to-ground or upward in the case of ground-to-cloud. Figure A.1 shows the standard lightning classifications. Downward flashes are the most common and upward flashes are usually initiated by tall structures (i.e. structures higher than 100 m or smaller structures in mountainous terrain).

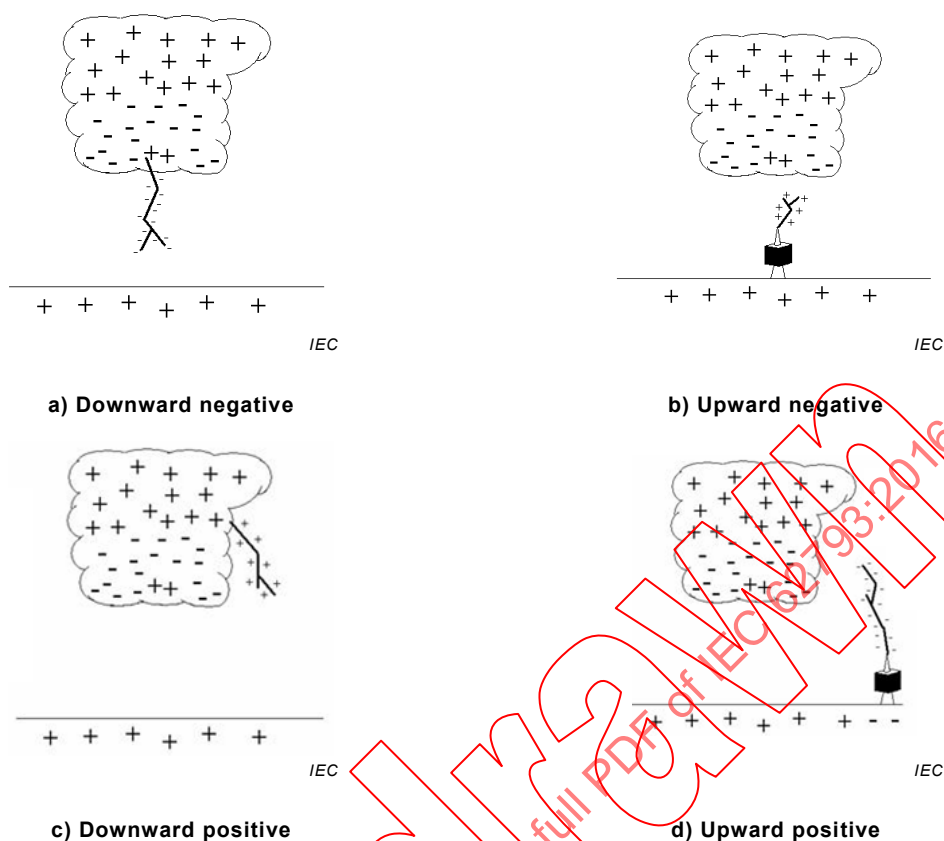


Figure A.1 – Standard lightning classifications

The most common type of lightning is negative, downward (typically around 90 %), but not in particular cases such as winter thunderstorms, severe thunderstorms or in the stratiform regions of mesoscale convective systems (MCS) where there can be a preponderance of positive CG flashes. Typically, a downward negative flash begins with a preliminary breakdown process within the cloud that, in turn, produces a downward leader that develops in an intermittent, highly branched and stepped fashion as it propagates toward ground. This process is known as the stepped-leader. When any negative stepped-leader channel gets close to the ground, the electric field under the leader produces one or more upward, connecting discharges that usually emanate from the sharpest extremity of the nearest grounded conductor. When attachment between both leaders occurs, the return stroke begins. The return stroke is an intense pulse of current that transfers current into the ground, and it propagates up the pre-ionized leader channel at roughly a third of the speed of light. The peak temperature of a return stroke is about 30 000 K, and it is the brightest lightning process. The duration of a return stroke is several hundred microseconds to tens of milliseconds, depending on the duration of any continuing current. A subsequent return stroke often appears a few tens of milliseconds after the first return stroke, and there are three to four leader/return stroke sequences in a typical lightning flash.

See [9] for more details.

A.3 Electric thunderstorm and lightning characteristics useful for prevention

A.3.1 Electrostatic field

The electric charge within a thundercloud produces a large electrostatic field at the ground which usually is much larger than the fair-weather electric field. Thus, measuring the electric field of a thunderstorm as it develops or approaches can provide an element of warning but with some limitations. One of these limitations is that the electric field at ground level is not the true field produced by the cloud charge because there are significant layers of space charge between the cloud and the ground. Therefore, it is not possible to define a precise

field threshold that corresponds to an imminent lightning strike. The second limitation is that the electric field can only be measured up to a few kilometers from the thunderstorm.

CG and IC flashes produce abrupt changes in the electric field that can be used to detect lightning flashes, and if the field changes are measured at several sites simultaneously, the centroid of the lightning-caused change in the cloud charge can be located. However, locating lightning flashes using changes in the electrostatic field is not a common method.

A.3.2 Electromagnetic fields

A.3.2.1 General

A lightning discharge radiates electromagnetic energy because of the large and rapidly changing currents at the source. This radiation is commonly used to detect and locate lightning using several techniques either individually or combined. Annex B describes several techniques that are in use today.

By locating IC, CG or both types of lightning, a thunderstorm can be tracked for purposes of warning and lightning damage prevention.

A.3.2.2 Detection of IC flashes

In a thunderstorm, IC flashes usually appear before the first CG discharge; thus, cloud discharges are commonly used for warning purposes.

On average, thunderstorms produce two or three times more IC flashes than CG, and this in turn provides more sources for monitoring and tracking the electric activity of a thunderstorm.

The higher IC activity compared with the CG activity also requires more data processing capacity. There can be tens of thousands of sources of electromagnetic radiation in the very high frequency (VHF) range, and this high rate can limit detections to just a few hundred kilometers.

A.3.2.3 Detection of CG flashes

Detection of CG flashes is commonly performed in the low or very low frequency range (LF/VLF), and the range is several hundred kilometres in this frequency range.

A.3.3 Other parameters useful in lightning detection

A.3.3.1 Inter-lightning intervals and lightning rates

The times and distances between flashes provide information about the thunderstorm activity. A lightning rate is the number of flashes per time unit, and this parameter is commonly used to describe the lightning activity of a thunderstorm.

A.3.3.2 IC to CG ratio

The number of IC discharges relative to CG provides information about the lightning activity and type of thunderstorm.

A.3.3.3 CG polarities

Positive flashes are common in winter thunderstorms and in the stratiform regions of mesoscale convective systems (MCS). Moreover, a high percentage of positive CG relative to negative CG may be an indicator of severe weather.

All these parameters are very sensitive to the performance of the lightning location systems used.

Annex B (informative)

Thunderstorm detection techniques

B.1 Introductory remarks

Annex B explains the classification of thunderstorm detection techniques. Furthermore, it describes the technical methods used in thunderstorm detection and gives guidance in choosing the right type of detector and/or detection system to accommodate the need for lightning information.

B.2 Detection techniques and parameters to qualify a sensor

B.2.1 General

Thunderstorm detectors are classified in relation to the thunderstorm phases depending on the detectable phenomena. However, a thunderstorm detector can detect one or several phenomena. The following subclauses give a description and a brief explanation for every class of detector.

B.2.2 Class A

The purpose of class A detectors is to detect the first sign of a thunderstorm (phase 1), useful for an early warning to take preventive actions, before the occurrence of any intra-cloud or cloud-to-ground lightning and during all the time when the risk of lightning exists. Detection is conducted by the measurement of the electrostatic field produced by the thunderstorm.

The electrification of a thunderstorm, or its simple presence produces an alteration of the fair weather electrostatic field. The atmospheric electrostatic field at ground level during fair weather has a positive value of about 100 V/m to 150 V/m (atmospheric electricity sign convention) in a flat area, as the atmosphere above the earth is positively charged. Under the electrified cloud of a thunderstorm, the electric field at ground level can reach several kilovolts per metre. Commonly the electrostatic field at ground level is screened from the field produced by the cloud due to the presence of screening layers and hence the electrostatic field usually remains below 10 kV/m.

An electric field sensor, for detection purposes, should have a minimum resolution of 200 V/m and should be able to measure an electric field of at least ± 20 kV/m. Electrostatic field changes during the initial phase are relatively slow and sampling of the field every few seconds is sufficient. If for the application of the sensor, information concerning changes in the field is needed, a minimum sampling rate of one sample per second is recommended.

The detector device should provide information about the electric field level. Some devices can also provide information about the field evolution in time.

Detectors of class A are able to detect the presence, or not, of an electrified cloud. However, there is no clear electrostatic field threshold that defines the electrostatic field level at which the first lightning discharges are initiated. The monitoring area is strongly constricted by the rapid decrease of the electrostatic field with distance. The measurement of the electrostatic field, therefore, should cover a range of a maximum of 20 km from the border of the charge region. Because it is dependent on the topological environment, it is used as a local detector.

As any nearby lightning causes rapid changes in the electrostatic field, Class A detectors can also provide some information during phases 2, 3, and 4.

In any case, the manufacturer or the service provider should give information about the levels and warning methods, as those levels also depend on the conditions at the installation site, when the measurement is affected by local field enhancement.

B.2.3 Class B

Detectors of class B detect intra-cloud (IC) and cloud-to-ground (CG) flashes (phases 2 to 4). IC discharges produce a large number of RF sources in the VHF frequency range. Typically, IC discharges are detected and located from measurements in this frequency range (around 100 MHz).

A detector for IC flashes should have detection efficiency in accordance with the needs of the application intended by the user (see Annex E). Since the location of the IC activity is important for preventive actions, the manufacturer or the service provider should give the range of detection and the location uncertainty. The location uncertainty for CG flashes should be in accordance with the needs of the application intended by the user (see Annex E).

Information about detection methods and warnings should be given by the manufacturer or the provider.

B.2.4 Class C

Detectors of class C detect cloud-to-ground flashes and also certain intra-cloud flashes. Cloud-to-ground flashes produce significant radiation in the LF frequency range (10 kHz to 500 kHz).

A detector for cloud-to-ground flashes should have flash detection efficiency for the monitoring area higher than 90 %. Since the location of the cloud-to-ground activity is important for preventive actions, the manufacturer or provider should give the range of detection, and the location accuracy. The 50 % location accuracy should be less than 1 km for the monitoring area.

Information about employed detection methods and warnings should be given by the manufacturer or the lightning data provider.

B.2.5 Class D

Detectors of class D detect CG flashes (phase 3) but also other electromagnetic pulses with poor capability of discrimination between lightning events and other signal sources (EMI).

B.3 Location techniques

B.3.1 General

Thunderstorm detectors may be divided according to their application into two kinds of location techniques. To determine where lightning will strike a multi-sensor lightning location system is needed. When only general information about lightning activity and/or a course distance and bearing of a thunderstorm is wanted, a single sensor lightning detector may be appropriate.

B.3.2 Multi-sensor location techniques

There are four kinds of multi-sensor location (ML) techniques:

ML1 Magnetic direction finder (MDF):

The principle of magnetic direction finding is to use two orthogonal magnetic loops measuring the H_x and H_y components of the magnetic field. The magnetic flux into a loop being proportional to the incidence angle, one of the loops will be related to the

cosine of the azimuth of the source, while the other will be related to the sine, the ratio of the two providing the tangent of the azimuth.

With two or more magnetic direction finders, locations of lightning strikes can be determined by calculating the cross bearing of the azimuths of the direction finders.

ML2 Time of arrival (TOA):

The principle of time of arrival is to use the delay necessary for a pulse to travel from the source of radiation to the sensors: closer sensors will see the signal before further ones. The time of arrival method can be used in the VLF and LF frequency range as well as in the VHF frequency range.

ML3 Interferometry (RFI):

Interferometry consists in measuring a phase difference between closely spaced antennas. The main difference with time of arrival is that it can operate on continuous wave and therefore there is no need to identify pulses.

ML4 Optical imaging (OI):

Space (satellite)-based sensors are able to detect fast changing optical effects produced by lightning and map them accordingly. This technique is not very accurate but gives the possibility of lightning research over areas where an earth based detection system is not possible, such as over the oceans.

B.3.3 Single sensor techniques

The single sensor (SS) techniques are as follows:

SS1 Field strength measurements (FSM):

The rise of the electric field during the build-up of a thunderstorm may be used to give a warning of an upcoming lightning activity. The fast change in field strength that occurs during a lightning strike is used to determine the actual lightning strikes.

SS2 Magnetic direction finder (MDF):

The magnetic direction finder technique used in lightning detection networks may also be used as a single sensor system giving the azimuth of occurring lightning strikes, providing it has a technique present to determine the distance roughly by measuring the signal strength and/or the signals waveform.

SS3 RF signal strength measurements (RFM)

Measuring the signal strength of the lightning signal on an antenna in itself is not a valid method because of the large variety in lightning current characteristics. Elaborate signal processing and combination with optical detection is able to improve the possibility of determining the distance of a lightning strike significantly. However, the method is, in essence, inaccurate.

All available lightning detection techniques have their own application.

The location methods ML1 to ML3 find their use in lightning detection networks for very practical as well as scientific purposes. They are often exploited as commercial networks making the data available to the general public. These networks can be found all over the world.

Location method ML4 is mostly installed for scientific purposes and installed and owned by universities and governmental organizations.

The single sensor techniques also have distinct properties with different applications.

Type SS1 sensors are useful for early warning at the local level before lightning occurs and over the entire thunderstorm lifecycle.

Detectors according to type SS2 give information on the bearing and distance of actual lightning strikes. They find their users in companies who need accurate, real-time information for safety purposes and who do not want to be dependent on a commercial lightning detection network to provide them with the data needed. However, the users should bear in mind that the information from these sensors is not very accurate, compared with multi-sensor lightning detection networks.

Lightning detectors of type SS3 may be divided in two levels of quality. The more sophisticated sensors have elaborate signal processing on board, determining the distance of the lightning with some accuracy. Some types also use optical sensors to confirm that the signal detected indeed is related to a lightning flash.

The less sophisticated sensors use a simple measurement of the signal strength on a small antenna and have only limited signal processing on board, giving only a very crude indication of lightning activity in the local area. They are fit for purposes of general interest only in lightning activity but not for lightning warning purposes whatsoever.

B.4 Thunderstorm detectors evaluation

For a warning system to be accurate and efficient, it is important that the thunderstorm detector(s) used to elaborate the warning has some level of performance. Several methods can be used in order to verify those characteristics, such as:

- theoretical calculations based on the system configuration and detection technique;
- laboratory tests;
- comparisons between different systems;
- experimental validation with instrumented towers or time-stamped video or picture recordings;
- *in situ* validation.

B.5 Choosing a thunderstorm detection system

According to the risk evaluation presented in Annex C and the preventive actions described in Annex D, it is possible to choose thunderstorm detectors in order to build a TWS. Depending on the warning application and the availability of lightning information, several detection techniques can be suitable. The final decision requires a detailed analysis of the warning needs (necessary lead time, acceptable failure to warn and false alarm ratios), the allowed budget and what each detection technique can provide.

As an example, a very good description of what has been done for airport safety can be found in [4].

Annex C (informative)

Examples of application of thunderstorm warning systems

NOTE In the tables in Annex C the relevant selection(s) is/are shown with a white background. The selection(s) not relevant is/are shown with a grey background.

C.1 Example n° 1 – Telecommunication tower

C.1.1 Step 1: Identification of hazardous situations

Identify one or several hazardous situations among the different possibilities of Table C.1. In case of a situation not covered in the table, select "Other situations".

Table C.1 – Identification of hazardous situations

No.	Situation
1	People in open areas without an appropriate lightning protected shelter available (according to the IEC 62305 series or other IEC standards): outdoor activities, sports (football, golf, etc.), competitions, crowded events, farming, ranching or fishing activities, beaches, leisure areas
2	Safeguard of sensitive goods: computer systems, electric or electronic controls, emergency, alarm and safety systems
3	Losses in operations and industrial processes
4	Structures containing dangerous substances (inflammable, radioactive, toxic and explosive materials)
5	Basic services whose continuity, quality or fast recovery shall be guaranteed (telecommunications, energy generation, transport and distribution, sanitary and emergency services)
6	Infrastructures: ports, airports, railroads, roads, motorways cableways
7	Safety at workplace (activities that imply a risk at workplace in case of a thunderstorm)
8	Zones that need civil or environmental protection: prevention of forest fires, etc.
9	Buildings, transport or facilities with their external areas open to the public
10	Other situations

C.1.2 Step 2: Determination of type of loss

For each selected situation of Table C.1, evaluate the different losses concerning goods (Table C.2), services (Table C.3), and environment (Table C.4) to determine the category of loss (A, B, C or –).

The loss of human life is not considered in this example.

Table C.2 – Loss concerning goods

Loss	Category of loss
Dangerous goods (chemical, explosive)	A
No loss	–

Table C.3 – Loss concerning services

Loss	Category of loss
Loss of valuable services	A
Loss of common services	B
Minor losses of services	C
No loss	–

Vital equipment can be destroyed by direct and nearby lightning thus interrupting the service.

Table C.4 – Loss concerning environment

Loss	Category of loss
Environmental disaster	A
Damages to environment	B
Minor environmental damage	C
No loss	–

C.1.3 Step 3: Risk control

The loss of human life is not considered in this example. The loss of goods is negligible and there is no loss concerning the environment. The loss concerning services is in the highest category and therefore this determines the selection of loss severity of A in Table C.5 with TWS very highly recommended.

The installation of a TWS can enable action to be taken to reduce substantially the loss of service resulting from a direct strike to the power lines (by disconnecting the power supply from the external network, ensuring that there is adequate separation distance to avoid flashover of any lightning current, and, if available, connection to a local standby generator). However the use of a TWS cannot assist in reducing the risk arising from a direct strike to the structure.

Table C.5 – Risk control

Severity of the loss (as result of Tables C.3 to C.4)	Implementation of adequate TWS
A	Very highly recommended
B	Highly recommended
C	Recommended
–	Not recommended

C.2 Example n° 2 – Golf course

C.2.1 Step 1: Identification of hazardous situations

Identify one or several hazardous situations among the different possibilities of Table C.6. In the case of a situation not covered in the table, select “Other situations”.

Table C.6 – Identification of hazardous situations

No	Situation
1	People in open areas without an appropriate lightning protected shelter available (according to the IEC 62305 series or other IEC standards): outdoor activities, sports (football, golf, etc.), competitions, crowded events, farming, ranching or fishing activities, beaches, leisure areas
2	Safeguard of sensitive goods: computer systems, electric or electronic controls, emergency, alarm and safety systems
3	Losses in operations and industrial processes
4	Structures containing dangerous substances (inflammable, radioactive, toxic and explosive materials)
5	Basic services whose continuity, quality or fast recovery should be guaranteed (telecommunications, energy generation, transport and distribution, sanitary and emergency services)
6	Infrastructures: ports, airports, railroads, roads, motorways, cableways
7	Safety at workplace (activities that imply a risk at workplace in case of a thunderstorm)
8	Zones that need civil or environmental protection: prevention of forest fires, etc.
9	Buildings, transport or facilities with their external areas open to the public
10	Other situations

C.2.2 Step 2: Determination of type of loss

For each selected situation of Table C.6, evaluate the different losses concerning people (Table C.7), goods (Table C.8), services (Table C.9) and environment (Table C.10) to determine the category of loss (A, B, C or –).

Table C.7 – Loss concerning people

Loss	Category of loss
Loss of human life	A
Serious injuries to people	B
Minor injuries to people	C
No injuries to people	–

During thunderstorm activity, there is a potential lightning threat for everyone outside in the open area of the golf course. Additional information can be found in [7].

Table C.8 – Loss concerning goods

Loss	Category of loss
Dangerous goods (chemical, explosive)	A
No loss	–

Table C.9 – Loss concerning services

Loss	Category of loss
Loss of valuable services	A
Loss of common services	B
Minor losses of services	C
No loss	–

Table C.10 – Loss concerning environment

Loss	Category of loss
Environmental disaster	A
Damages to environment	B
Minor environmental damage	C
No loss	–

C.2.3 Step 3: Risk control

The loss category A in Table C.7 determines the TWS selection ‘very highly recommended’ in Table C.11

The loss concerning people can be reduced by avoiding having people exposed to the lightning threat.

Table C.11 – Risk control

Severity of the loss (as result of Tables C.7 to C.10)	Implementation of adequate TWS
A	Very highly recommended
B	Highly recommended
C	Recommended
–	Not recommended

Annex D (informative)

Catalogue of possible recommended preventive actions to be taken

Preventive actions resulting in a better knowledge of the lightning and/or storm electrification hazard strongly depend on the involved risk situation. These actions should therefore be evaluated and applied in a detailed plan of action.

There is a great variety of situations and facilities that may need the implementation of a thunderstorm detection system. Thus, the actions taken from an analysis resulting from the preventive information given by this system should be specifically defined by the final user or by a designer specifically focused on this implementation.

For this purpose, what should be taken into account is either the security and emergency plans or the possible technical modifications to be carried out in processes and systems.

It should be kept in mind that decisions on preventive actions can involve actions (automatic, manual, acoustic, etc.) systemized into their own processes.

In order to give guidance on possible preventive actions, some example directives that could be implemented from the preventive information given by the detection system are listed. These actions have a logical grading depending on the severity of the thunderstorm, which determines the activation level reached by the system:

No alert level:

- Normal operation in the target area

Level 1 – Alert:

- Primary preventive actions, consisting of informative notices, for example, remote, visual or acoustic messages, etc.
- Auxiliary power systems can be activated
- Do not plan or start activities in exposed zones

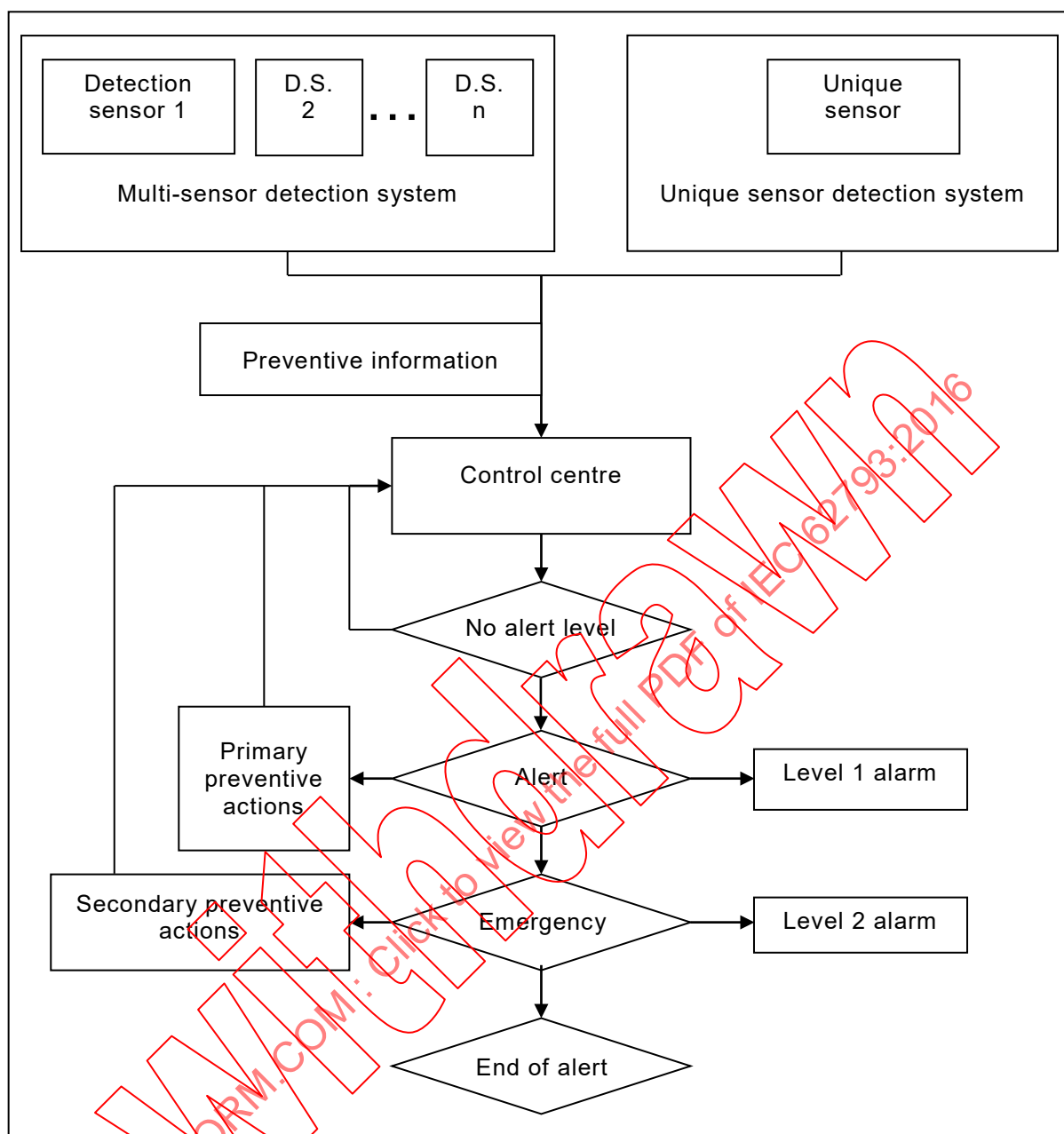
Level 2 – Emergency:

- Secondary preventive actions
- Auxiliary power systems can be activated
- Critical and sensitive systems can be disconnected
- Possible evacuation of exposed zones to safe areas protected by an LPS
- Check that previous actions have already been engaged efficiently
- Follow up the evolution of lightning activity
- No additional action when previous actions are already engaged

Level 3 – End of alert:

- Back to normal operation in the target area
- When an LRE has occurred, inspect the state of the LPS depending on the regulations

The procedure is summarized in the flow chart given in Figure D.1.



IEC

Figure D.1 – Procedure flow chart

Annex E (informative)

Example of TWS evaluation on a wind turbine site

In this example, lightning data are used to trigger the warnings and also to evaluate the efficiency of the alarms by checking what really occurred at the site location. Figure E.1 shows the CG lightning activity 5 km around the site for a period of eight years.

NOTE A different approach can be used for TWS of class A.

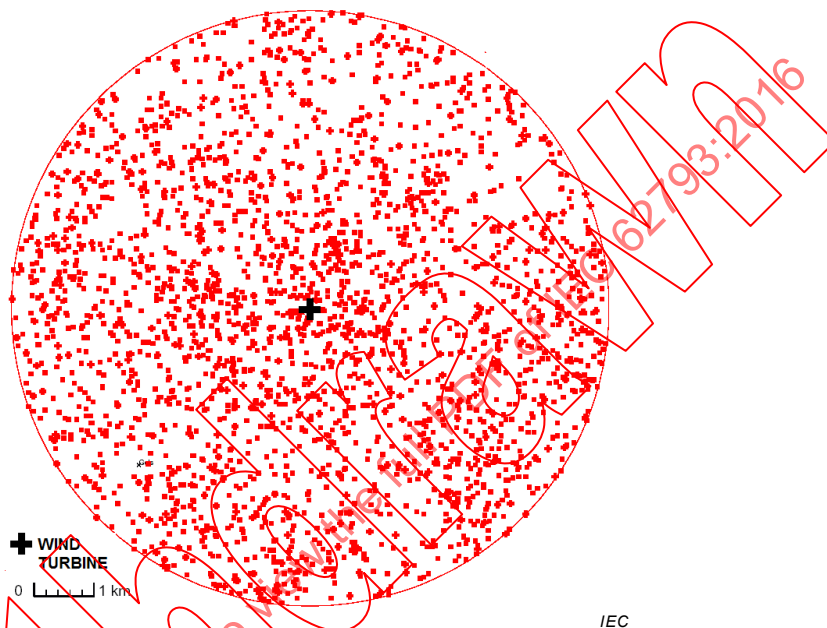


Figure E.1 – Lightning activity around the site for a period of eight years

The target area is a circular area of 1 km radius around the site. The surrounding area (SA) is assumed to be a circle of 5 km radius around the site (same area as displayed in Figure E.1). The monitoring area (MA) consists also of a circular area around the site.

In this example the varying parameters are as follows:

- radius of the monitoring area (MA) (10 km, 15 km and 20 km);
- triggering criteria (number of flashes and time between flashes);
- dwell time (DT) (10 min, 20 min, 30 min).

All results are presented in Table E.1.

Table E.1 – Results of TWS evaluation based on archived lightning data for an 8-year period (2000 to 2007), when some of the key parameters (size of MA, trigger parameters and dwell time) were varied

Radius MA (km)	Number of flashes to trigger alarm	Time between strokes for triggering (ms)	Dwell time (DT) (min)	Number of alarms (FA + EA)	EA	FTW	FA	FAR (%)	FTWR (%)	POD ₁₀ (%) ^a
20	2	5	30	285	102	1	183	64	1	89
15	2	5	30	220	102	2	118	54	2	85
10	2	5	30	145	102	4	43	30	4	73
20	1	5	30	571	102	1	469	82	1	93
20	2	5	30	285	102	1	183	64	1	89
20	3	5	30	229	102	2	127	55	2	93
20	5	5	30	165	102	5	63	38	5	88
20	2	2	30	264	102	2	162	61	2	93
20	2	4	30	281	102	1	179	64	1	89
20	2	5	20	321	102	1	219	68	1	89
20	2	5	10	420	102	2	318	76	2	86

^a POD₁₀ is the percentage of alarms delivered with a lead time of more than 10 min.

Annex F (informative)

How to test thunderstorm detectors

F.1 General

Annex F only applies to outdoor thunderstorm detectors. Annex F does not apply to TWS where maintenance is the duty of the TWS operator and does not cover software and indoor hardware. A more complete Annex dealing with the testing of TWS is under consideration.

F.2 Laboratory tests

F.2.1 General

F.2.1.1 General conditions for the tests

Tests are carried out with the specimens assembled and installed as in normal use, according to the manufacturer's or supplier's instructions. The sensor is tested and the remote control, when it is needed for some tests, shall be located in the control room of the laboratory, unless otherwise specified by the manufacturer.

All tests are carried out on new specimens unless otherwise specified.

One specimen is subjected to the tests. The requirements are satisfied if all the tests are met. If the specimen does not satisfy a test due to an assembly or a manufacturing fault, that test and any preceding test which may have influenced the results of the test shall be repeated. The tests which follow shall also be carried out in the required sequence on a set of 3 specimens, all of which shall comply with the requirements.

F.2.1.2 Identification of the sensor or assembly (sensor + cable + remote control) submitted for testing

The detectors submitted for testing shall be identified by means of the following elements:

- marks and indications;
- assembly instructions with reference and date.

F.2.1.3 Assembly of the detectors

The detectors shall be mounted in accordance with the instructions specified by the manufacturer in his assembly instructions.

F.2.1.4 Conditions of ambient temperature and moisture

Unless otherwise specified, the tests are carried out at an ambient temperature ranging between 5 °C and 35 °C and shall not vary during the duration of tests by more than 30 K. The detectors shall be protected from heating or an excessive external cooling.

F.2.2 Resistance to UV radiation tests (for non-metallic sensor housing)

Non-metallic sensor housings for outdoor application shall withstand UV effects.

In order that a sensor meets the requirements of this standard, environmental tests shall be carried out according to IEC 62561-4 [10]. This test is necessary for detectors designed to be installed outdoors or in specific environments.

One sensor shall be assembled and mounted rigidly on an insulating plate (e.g. brick, Teflon) in accordance with the manufacturer's installation instructions.

The specimen shall be subjected to an environmental test consisting of an ultra violet light test as specified in IEC 62561-4.

Passing criteria

The specimen is deemed to have passed this part of the test if there are no signs of disintegration and no cracks visible to normal or corrected vision.

F.2.3 Resistance tests to corrosion (for metallic parts of sensor)

The specimen used for F.2.2 shall be subjected to corrosion tests according to IEC 62561-1 [9] consisting of a salt mist treatment followed by a humid sulphurous atmosphere treatment.

Passing criteria

After the parts have been dried for 10 min in a drying oven at a temperature of $100\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$, they should not present any trace of rust on surfaces.

One does not take into account traces of rust on the edges, nor a yellowish veil disappearing by simple friction. White rust is not considered as corrosive deterioration.

F.2.4 Mechanical tests

The specimen used for F.2.3 shall be stressed three times by a mechanical test.

The sensor is subjected to mechanical test by applying mechanical impacts.

The impacts are carried out on the accessible parts of the sensor which may be mechanically stressed accidentally.

The specimen is assembled under its normal operating conditions specified in the manufacturer's documentation.

Testing device

The sensor is mounted on a pendulum hammer test apparatus according to Clause 4 of IEC 60068-2-75:2014. The striking element material shall be polyamide according to Table 1 of IEC 60068-2-75:2014, its mass shall be 200 g according to Table 2 of IEC 60068-2-75:2014.

Test procedure

The hammer is allowed to fall from a height of 200 mm so that one impact on each side is applied as far as possible perpendicular to the length of the arrangement. The drop height is the vertical distance between the position of the point of control, when the pendulum is released, and the position of this point at the time of the impact.

The point of control is located on the surface of the striking part where the line passing by the point of intersection of the axes of the steel tube of the pendulum and the part of striking, perpendicular to the plan crossing the two axes, comes into contact with the surface.

The impacts are not applied to the display window or to connectors.

Passing criteria

After the test, the sensor shall show no cracks or similar damage visible to normal or corrected vision without magnification and shall not present damage which can potentially affect its later use.

F.2.5 Index of protection confirmation (IP Code)

IP confirmation shall be performed in accordance with IEC 60529 [12], on the specimen used for F.2.4.

Passing criteria

The specimen shall be in compliance with IEC 60529 requirements.

F.2.6 Electric tests

F.2.6.1 General

After the test F.2.5, the specimen shall be tested with the following electric tests.

The tests are carried out in accordance with IEC 61180-1 [13].

F.2.6.2 Test under DC electric field

The sensor is mounted below a testing plate with dimensions such that the electric field in the area centered below it is homogeneous (variation around the linear electric field by less than 2 %). This can be demonstrated by a simulation or by measurement. The field effect at the edge of the plate should be taken into consideration to achieve the homogeneous rule.

The sensor should be mounted as in normal use and should be located so that its highest point is at 1 m above the ground plate located below the testing plate. Use of wooden support is allowed to obtain this distance above ground.

The testing plate should be at 2 m (so 1 m above the highest point of the sensor) with a tolerance of ± 1 cm.

The voltage applied on the plate should be a DC high voltage (negative polarity) to obtain an electric field at sensor head varying from 1 kV/m to 10 kV/m.

The voltage is increased to obtain at the sensor head 10 values equally distributed between 1 kV/m and 10 kV/m.

Detectors are mounted with their cable and attached remote control.

Passing criteria

No detectors should be disturbed by this test. This is checked by monitoring the data collected on the remote control.

A sensor that does not lead to a valid indication (warning or measurement of electric field to meet the criteria defined by the manufacturer) on the remote control for that test should provide such a valid indication for the F.2.6.3 test. Failure to do so is considered as a failure of that test.

Failure to meet one or more of these criteria means that the test has failed.

F.2.6.3 Test with high current impulse

The sensor is mounted as in normal use and located at least 5 m from a discharge path created between two electrodes with a distance of at least 1 m between them and with a Marx generator, organized in such a way that the impulse current meets the criteria of a 8/20 μ s shape.

The sensitivity of the sensors should be tested in a laboratory able to generate electromagnetic fields according to the manufacturer's specifications.

Passing criteria

No detectors should be disturbed by this test. This is checked by monitoring the data collected on the remote control.

A sensor that does not lead to valid electric indications (according to the manufacturer's specifications) on the remote control for that test, it should provide such a valid indication for the test mentioned in F.2.6.2. Failure to do so is considered as a failure of that test.

Failure to meet one or more of these criteria means that the test has failed.

F.2.7 Marking test

All specimens used, and complying with the tests of F.2.6, shall be subjected to marking tests.

Applicability

Marking made by molding, pressing or engraving is not subjected to this test.

Marking test

The marking is checked by inspection and by rubbing it by hand for 15 s with a piece of cloth soaked with water and again for 15 s with a piece of cloth soaked with white spirit.

Passing criteria

After the test the marking shall be legible. Marking shall allow the identification of the sensor. It should not be possible to remove the labels easily.

F.2.8 Electromagnetic compatibility (EMC)

F.2.8.1 Electromagnetic immunity

Detectors shall fulfil the requirements of IEC 61000-6-4 [14].

F.2.8.2 Electromagnetic emission

Detectors shall fulfil the requirements of IEC 61000-6-4.

F.3 Optional tests on an open air platform under natural lightning conditions

Due to the difficulty in representing the lightning conditions in a laboratory, the design and use of a thunderstorm detector should be validated either by field application under a valid testing scheme, using if possible third party approval, or to test it on an open air platform.

The platform should be located in an area prone to lightning, as the testing period should not exceed one year (ideally six months). A typical site should have a yearly average number of thunderstorm days of twenty or above (see IEC 62858-1 [16] for adjusting testing period to the lightning activity of the site).

A lightning monitoring system should be used by this platform as a reference. This monitoring system should be validated by other means (to be determined and justified by the open air laboratory team, for example the parameters of the reference system may be checked under triggered lightning conditions) and will be used as a reference for the experiment. It may be a proven system, to be used as a reference to compare the other thunderstorm detectors. It is also possible to make inter-comparison of two thunderstorm detectors and to see how they react under the same event.

The lightning monitoring system should have a known efficiency for lightning detection, including as far as possible intra-cloud discharges. Ability to locate cloud-to-ground discharges and determine the ratio of intra-cloud discharges to all discharges will allow the system to determine the early warning capacity of tested thunderstorm detectors as well as the failure rate. The location accuracy should be at least 500 m. This is to be demonstrated by the open air laboratory team using ground truth data. If intra-cloud discharges are detected by the device under test, then it should also be detected by the lightning monitoring system

This reference lightning monitoring system should also provide the lightning density in the given area at the given time. Using analyzing tools, it should be possible to forecast the direction(s) of movement of thunder clouds with a high level of confidence.

The thunderstorm detectors under test should be located on an open air platform in conditions defined by the manufacturer.

There are a lot of influencing factors on the electric field. Distinctive differences of monitoring data between different thunderstorm detectors also exist. So it is clear that false warnings and missed warnings will occur. For example, Figure F.1 shows the variation curve of the electric field measured by two different thunderstorm detectors (A and B) during the same lightning event. In this example, the time scale is different for the two detectors.

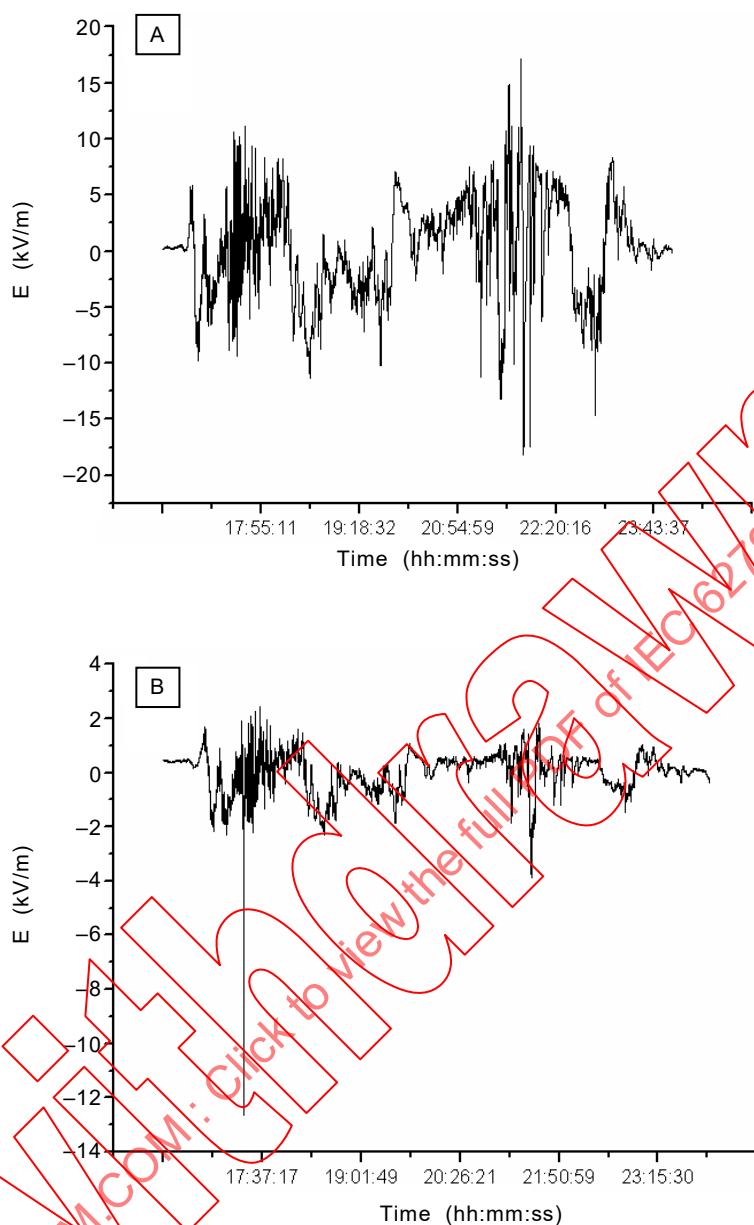


Figure F.1 – Difference in electric field measurement during one thunderstorm event

It is noted that, even in fair weather, the fields recorded are not always exactly the same. In the case of thunderstorms, the difference becomes greater. The software and techniques used by the thunderstorm detectors is proprietary but the warning provided to the user should be similar or at least consistent with what is declared in the thunderstorm detector data sheet.

For example, during the above event, there were obvious distinctions between data from the two devices under test. The maximum and minimum values of the electric field observed by one of them was +2,5 kV/m and –12,7 kV/m respectively, while for the other they were ranging between +17 kV/m and –17 kV/m respectively, as can be seen in Figure F.1. The basic test for a thunderstorm detector is to check if the events recorded by the thunderstorm detector under test are consistent with the events recorded by the reference system. Failure to do so regularly, will give an indication of the inability of the thunderstorm detector to perform as announced. Thus, many events are needed and it is foreseen that at least 10 thunderstorm events are needed to validate the operational quality of the thunderstorm detector. This means that the testing duration is usually between six months to one year. It may be extended after agreement between the laboratory and the manufacturer of the thunderstorm detector under test.

False warnings may occur and also need to be evaluated. Even if the measuring system is the same, the electronic treatment and numerical treatment may differ, leading to different conclusions and to different levels of reliability.

Parameters measured at the open air testing platform are as follows:

- LT
- POD_x
- FAR
- FTWR

These parameters should be related to the area defined by the manufacturer's data sheet.

Bibliography

- [1] RAKOV, Vladimir A., UMAN, Martin A., *Lightning: Physics and Effects*, Ed. Cambridge University Press, 2003
 - [2] BETZ, H.D., SCHUMANN, U., LAROCHE, P., *Lightning: principles, instruments and applications: review of modern lightning research*. Springer, 2008
 - [3] *Thunderstorm threat! What can I do?* (European COST Action P-18)
 - [4] ACRP Report 8: *Lightning-Warning Systems for Use by Airports*. ISBN: 978-0-309-11752-4, published by US Transportation Research Board in 2008
 - [5] IEC 61400-24:2010, *Wind turbines – Part 24: Lightning protection*
 - [6] CIGRE Brochure 376 “*Cloud-to-Ground Lightning Parameters Derived from Lightning Location Systems – The Effects of System Performance*”, Task Force C4.404, accepted for publication 2009
 - [7] R&A Rules Limited and The United States Golf Association, *Rules of Golf*, 31st Edition, 2008
 - [8] CIGRE Brochure 549, *Lightning parameters for engineering applications*, Task Force C4.407, 2013
 - [9] IEC 62561-1:2012, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 1: Requirements for connection components*
 - [10] IEC 62561-4:2010, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 4: Requirements for conductor fasteners*
 - [11] IEC 60068-2-75: 2014, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eh: Hammer tests*
 - [12] IEC 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
 - [13] IEC 61180-1:1992, *High-voltage test techniques for low voltage equipment – Part 1: Definitions, test and procedure requirements*
 - [14] IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6: Generic standards – Section 4: Emission standard for industrial environments*
 - [15] IEC 62305-1:2010, *Protection against lightning – Part 1: general principles*
 - [16] IEC 62858-1:2015, *Lightning density based on lightning location systems – Part 1: general principles*
 - [17] IEC 62305-2, *Protection against lightning – Part 2: Risk management*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	51
INTRODUCTION.....	53
1 Domaine d'application	54
2 Références normatives	55
3 Termes, définitions et abréviations	55
3.1 Termes et définitions	55
3.2 Abréviations.....	59
4 Phases d'un orage et phénomènes détectables pour le déclenchement d'une alarme.....	60
4.1 Remarque d'introduction	60
4.2 Phase 1 — Phase initiale (étape du cumulus)	60
4.3 Phase 2 — Phase de croissance.....	61
4.4 Phase 3 — Phase de maturité.....	61
4.5 Phase 4 — Phase de dissipation.....	61
5 Classification des appareils de détection des orages et de leurs propriétés	61
6 Méthode d'alerte.....	63
6.1 Généralités	63
6.2 Zones	63
6.2.1 Zone cible (TA).....	63
6.2.2 Zone environnante (SA).....	64
6.2.3 Zone de surveillance (MA).....	64
6.2.4 Zone de couverture (CA).....	65
6.3 Déclenchement d'une alarme.....	65
6.4 Transmission des informations d'alarme	67
7 Installation et maintenance	67
8 Evaluation de l'alarme.....	67
8.1 Généralités	67
8.2 Evaluation d'un TWS à partir des données de localisation de la foudre	69
8.3 Réglage précis d'un TWS à partir du traitement de données d'archive	69
9 Guide d'application des systèmes d'alerte aux orages	70
9.1 Généralités	70
9.2 Procédure.....	70
9.2.1 Généralités.....	70
9.2.2 Etape 1 – Identification des situations à risques	70
9.2.3 Etape 2 – Détermination du type de perte	71
9.2.4 Etape 3 – Maîtrise du risque	72
Annexe A (informative) Présentation du phénomène des éclairs	73
A.1 Origine des nuages d'orage et de l'électrification	73
A.2 Phénomène des éclairs.....	73
A.3 Caractéristiques électriques de l'orage et de la foudre utiles pour la prévention.....	75
A.3.1 Champ électrostatique	75
A.3.2 Champs électromagnétiques.....	75
A.3.3 Autres paramètres utiles pour la détection des éclairs	76
Annexe B (informative) Techniques de détection des orages	77
B.1 Remarques d'introduction	77

B.2	Techniques de détection et paramètres de préparation d'un capteur	77
B.2.1	Généralités	77
B.2.2	Classe A	77
B.2.3	Classe B	78
B.2.4	Classe C	78
B.2.5	Classe D	78
B.3	Techniques de localisation	79
B.3.1	Généralités	79
B.3.2	Techniques de localisation multicapteurs	79
B.3.3	Techniques à capteur unique	79
B.4	Evaluation des détecteurs d'orages	80
B.5	Choix d'un système de détection des orages	81
Annexe C (informative)	Exemples d'application des systèmes d'alerte aux orages	82
C.1	Exemple n° 1 — Tour de télécommunication	82
C.1.1	Etape 1: Identification des situations à risques	82
C.1.2	Etape 2: Détermination du type de perte	82
C.1.3	Etape 3: Maîtrise du risque	83
C.2	Exemple n° 2 — Parcours de golf	83
C.2.1	Etape 1: Identification des situations à risques	83
C.2.2	Etape 2: Détermination du type de perte	84
C.2.3	Etape 3: Maîtrise du risque	85
Annexe D (informative)	Catalogue des actions préventives possibles recommandées à entreprendre	86
Annexe E (informative)	Exemple d'évaluation d'un TWS sur le site d'une éolienne	88
Annexe F (informative)	Comment procéder à des essais de détecteurs d'orages	90
F.1	Généralités	90
F.2	Essais en laboratoire	90
F.2.1	Généralités	90
F.2.2	Résistance aux essais de rayonnement UV (pour les boîtiers de capteurs non métalliques)	90
F.2.3	Essais de résistance à la corrosion (pour les parties métalliques d'un capteur)	91
F.2.4	Essais mécaniques	91
F.2.5	Confirmation de l'indice de protection (code IP)	92
F.2.6	Essais électriques	92
F.2.7	Essai du marquage	93
F.2.8	Compatibilité électromagnétique (CEM)	93
F.3	Essais facultatifs sur une plateforme en plein air en conditions d'orage naturelles	94
Bibliographie		97
Figure 1	— Exemples de formes pour la zone cible	64
Figure 2	— Exemple de distribution de la zone de couverture (CA), de la zone de surveillance (MA), de la zone cible (TA) et de la zone environnante (SA)	64
Figure 3	— Exemple d'alarme	66
Figure A.1	— Classification normalisée des éclairs	74
Figure D.1	— Diagramme de procédure	87
Figure E.1	— Activité orageuse autour du site sur une période de huit ans	88

Figure F.1 — Différence de mesures du champ électrique pendant un même orage.....95

Tableau 1 — Propriétés des détecteurs d'orages	62
Tableau 2 — Tableau de contingence	68
Tableau 3 — Identification des situations à risques.....	71
Tableau 4 — Pertes touchant les personnes	71
Tableau 5 — Pertes concernant les biens	71
Tableau 6 — Pertes concernant les services.....	71
Tableau 7 — Dégâts environnementaux.....	72
Tableau 8 — Maîtrise du risque	72
Tableau C.1 — Identification des situations à risques	82
Tableau C.2 — Pertes concernant les biens.....	82
Tableau C.3 — Pertes concernant les services	83
Tableau C.4 — Dégâts environnementaux	83
Tableau C.5 — Maîtrise du risque.....	83
Tableau C.6 — Identification des situations à risques	84
Tableau C.7 — Pertes touchant les personnes.....	84
Tableau C.8 — Pertes concernant les biens.....	84
Tableau C.9 — Pertes concernant les services	85
Tableau C.10 — Dégâts environnementaux	85
Tableau C.11 — Maîtrise du risque	85
Tableau E.1 — Résultats d'évaluation du TWS basée sur les données d'archive relatives aux orages sur une période de 8 ans (de 2000 à 2007), avec une variation de certains paramètres clés (taille de la zone de surveillance (MA), paramètres de déclenchement et durée de maintien).....	89

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**PROTECTION CONTRE LA FOUDRE –
SYSTÈMES D'ALERTE AUX ORAGES****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC»). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 Norme internationale IEC 62793 a été établie par le comité d'études 81 de l'IEC: Protection contre la foudre.

La présente version bilingue (2018-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2016-05.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 81/508/FDIS et 81/519/RVD.

Le rapport de vote 81/519/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, 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 l'IEC 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

L'activité électrique atmosphérique naturelle, en particulier les éclairs nuage-sol, constitue une menace sérieuse pour les biens et les personnes. Chaque année, les coups de foudre sont la cause directe ou indirecte de blessures graves et même de décès.

La foudre:

- peut affecter les événements sportifs, culturels et politiques entraînant une forte concentration de personnes; il peut être nécessaire de suspendre ces événements et d'évacuer leurs participants en cas de risque d'orage;
- peut affecter l'activité industrielle en provoquant des pannes d'alimentation et des interruptions imprévues des processus de production;
- peut interrompre toutes sortes de circulations (celle des personnes, de l'énergie, de l'information, etc.);
- a conduit à une augmentation régulière du nombre annuel d'accidents en raison de l'utilisation de plus en plus répandue de composants électriques sensibles aux effets de la foudre (dans l'industrie, les transports et les communications);
- peut représenter un danger dans le cadre d'activités comportant un risque environnemental, par exemple le maniement de produits sensibles, inflammables, explosifs ou chimiques;
- peut entraîner des incendies.

Au cours des dernières décennies, les systèmes techniques, y compris les systèmes dédiés à la surveillance en temps réel de l'activité électrique atmosphérique naturelle et de la foudre, ont connu un développement considérable. Ces systèmes peuvent fournir des informations précieuses et de grande qualité, en temps réel, sur la survenue des orages, permettant ainsi de récolter des données extrêmement intéressantes à exploiter dans le cadre d'un plan d'action détaillé.

Bien que ces informations permettent à l'utilisateur d'adopter des mesures préventives temporaires par anticipation, il convient de noter que toutes les mesures à prendre sur la base des informations de surveillance relèvent de la responsabilité de l'utilisateur du système, conformément aux réglementations applicables. Leur efficacité dépendra largement des risques en jeu et des décisions planifiées à prendre. La présente Norme internationale propose une liste indicative des actions possibles.

La foudre et les orages, comme de nombreux phénomènes naturels, sont soumis à l'incertitude statistique. Il n'est donc pas possible d'obtenir des informations précises sur le moment et le lieu où la foudre frappera.

D'autres normes de protection contre la foudre ne couvrent pas l'utilisation des systèmes d'alerte aux orages.

PROTECTION CONTRE LA FOUDRE – SYSTÈMES D'ALERTE AUX ORAGES

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit les caractéristiques des systèmes d'alerte aux orages, ainsi que l'évaluation du degré d'utilité des données en temps réel relatives aux éclairs et/ou à l'électrisation des orages, afin de mettre en œuvre des mesures préventives contre les dangers de la foudre.

La présente norme indique les exigences fondamentales applicables aux capteurs et aux réseaux de collecte de données précises pour les paramètres pertinents, qui fournissent des informations en temps réel sur la trajectoire et l'amplitude d'un éclair. Elle décrit les applications des données collectées par ces capteurs et ces réseaux sous la forme d'alertes et de données historiques.

La présente norme s'applique à l'usage des informations recueillies par les systèmes d'alerte aux orages (systèmes ou équipements fournissant des informations en temps réel) sur l'activité électrique atmosphérique, à des fins de surveillance des mesures préventives.

La présente norme inclut:

- une description générale des systèmes d'alerte contre le danger d'électrisation des orages et de foudre disponibles;
- une classification des appareils de détection des orages et de leurs propriétés;
- des lignes directrices relatives aux méthodes de déclenchement d'alertes;
- une procédure de détermination du degré d'utilité des informations relatives aux orages;
- des exemples d'actions préventives possibles donnés à titre d'information.

Les éléments suivants ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme:

- a) les systèmes de protection contre la foudre; ces systèmes sont couverts par la série IEC 62305;
- b) les autres phénomènes associés aux orages, tels que la pluie, la grêle, le vent;
- c) les techniques de détection des orages par satellite et par radar.

Une liste non exhaustive des situations dans lesquelles la présente norme peut s'appliquer est fournie ci-dessous:

- activités impliquant des personnes en espaces ouverts, par exemple la maintenance, la production, le sport, les compétitions, l'agriculture, la pêche ou toute autre situation rassemblant un grand nombre de personnes;
- parcs éoliens, systèmes de modules photovoltaïques de grande ampleur, lignes électriques;
- prévention des risques de santé et de sécurité professionnels;
- équipements sensibles tels que les systèmes informatiques, les systèmes d'urgence, les alarmes et les équipements de sécurité;
- processus industriels et d'exploitation;
- stockage, traitement et transport de substances dangereuses (par exemple de substances inflammables, radioactives, toxiques et explosives);

- environnements ou activités spécifiques présentant un danger particulier de décharge électrostatique (par exemple utilisation de véhicules aérospatiaux);
- activités dans lesquelles la continuité des services de base est très importante (par exemple télécommunications, production/transport/distribution d'énergie, services sanitaires et d'urgence);
- infrastructures: ports, aéroports, chemins de fer, réseau routier et réseau câblé;
- protection civile et risques environnementaux: incendies de forêt, glissements de terrain et inondations;
- réseaux étendus (électriques ou de télécommunications, par exemple), qui peuvent également tirer parti d'une détection précoce des orages.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 62305 (toutes les parties), *Protection contre la foudre*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1 alarme

information indiquant que la cible ou la zone environnante est susceptible d'être affectée par des orages et par les phénomènes de foudre qui les accompagnent

3.1.2 éclair nuage-sol CG

décharge électrique d'origine atmosphérique constituée d'un ou de plusieurs coups de foudre nuage-sol qui se propagent du nuage vers le sol ou inversement et qui entraînent un transfert de charge entre le nuage et le sol

Note 1 à l'article: L'abréviation "CG" est dérivée du terme anglais développé correspondant "cloud-to-ground lightning".

3.1.3 zone de couverture CA

zone au sein de laquelle un équipement d'alerte donné dispose des capacités de détection et/ou de la précision suffisantes pour donner l'alerte

Note 1 à l'article: L'abréviation "CA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "coverage area".

3.1.4

capacité de détection

DE

pourcentage de décharges d'électricité d'un nuage vers le sol (éclairs ou coups de foudre) détectées et localisées par un capteur ou un réseau

Note 1 à l'article: Les éclairs nuage-sol étant souvent composés de plusieurs décharges électriques, il existe une différence entre la capacité de détection des éclairs et la capacité de détection des décharges. Un éclair n'est rapporté (détecté) que si au moins une décharge (antérieure ou ultérieure) est détectée; la capacité de détection des éclairs est donc supérieure ou égale à la capacité de détection des décharges.

Note 2 à l'article: L'abréviation "DE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "detection efficiency".

3.1.5

durée de maintien

DT

période durant laquelle une alarme est maintenue lorsque tous les critères d'alerte ne sont plus remplis

Note 1 à l'article: L'abréviation "DT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "dwell time".

3.1.6

alarme effective

EA

alarme au cours de laquelle un phénomène de foudre se manifeste dans la zone environnante

Note 1 à l'article: L'abréviation "EA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "effective alarm".

3.1.7

intervalle entre deux alertes

TTC

période allant de la dernière manifestation d'un phénomène de foudre dans la zone de surveillance au déclenchement de l'alarme

Note 1 à l'article: L'abréviation "TTC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "time to clear".

3.1.8

défaillance d'alerte

FTW

manifestation d'un phénomène de foudre dans la zone environnante en l'absence d'alarme

Note 1 à l'article: L'abréviation "FTW" est dérivée du terme anglais développé correspondant "failure to warn".

3.1.9

taux de défaillance d'alerte

FTWR

nombre de défaillances d'alerte rapporté au nombre total de situations impliquant des phénomènes de foudre ayant affecté la zone environnante

Note 1 à l'article: L'abréviation "FTWR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "failure to warn ratio".

3.1.10

fausse alarme

FA

alarme non suivie de phénomènes de foudre dans la zone environnante

Note 1 à l'article: L'abréviation "FA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "false alarm".

3.1.11**taux de fausse alarme****FAR**

nombre de fausses alarmes rapporté au nombre total d'alarmes

Note 1 à l'article: L'abréviation "FAR" est dérivée du terme anglais développé correspondant "false alarm ratio" ou "false alarm rate".

3.1.12**appareil de mesure de l'intensité de champ****FSM**

appareil destiné à une surveillance continue du champ électrique statique atmosphérique associé aux orages

EXEMPLE: Moulin à champ.

Note 1 à l'article: L'abréviation "FSM" est dérivée du terme anglais développé correspondant "field strength meter".

3.1.13**éclair nuage-nuage****IC**

décharge à l'intérieur d'un nuage d'orage ou entre plusieurs nuages d'orage et l'air, qui ne touche pas le sol

Note 1 à l'article: L'abréviation "IC" est dérivée du terme anglais développé correspondant "cloud lightning".

3.1.14**délai d'anticipation****LT**

période entre le début d'une alarme et la manifestation effective du premier phénomène de foudre dans la zone cible

Note 1 à l'article: L'abréviation "LT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "lead time".

3.1.15**éclair**

décharge électrique d'origine atmosphérique consistant en une ou plusieurs décharges électriques

Note 1 à l'article: Cette décharge peut survenir à l'intérieur d'un nuage, entre des nuages, entre les nuages et l'air ou entre un nuage et le sol.

3.1.16**phénomène de foudre****LRE**

éclair CG survenu sur ou à proximité de la structure à protéger, ou bien sur ou à proximité d'une ligne connectée à la structure à protéger

Note 1 à l'article: L'abréviation "LRE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "lightning related event".

3.1.17**coup de foudre**

simple décharge électrique lors d'un impact de foudre à la terre

3.1.18

précision de localisation médiane

LA

valeur médiane des distances entre les localisations réelles et les localisations indiquées des décharges par le système de localisation de la foudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "LA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "median location accuracy".

3.1.19

zone de surveillance

MA

zone géographique dans laquelle l'activité orageuse est surveillée afin de produire des alertes valides pour la zone cible

Note 1 à l'article: L'abréviation "MA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "monitoring area".

3.1.20

dommages physiques

dommage subi par une structure (ou son contenu) en raison des effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre

3.1.21

actions préventives

actions de nature temporaire, prises sur la base d'informations préventives et encadrées par les plans d'urgence de chaque organisation couvrant l'ensemble des points exigés

3.1.22

point d'impact

point où un coup de foudre frappe la terre ou un objet saillant (par exemple une structure, un système de protection contre la foudre (SPF), une ligne, un arbre)

Note 1 à l'article: Un coup de foudre peut avoir plusieurs points d'impact.

3.1.23

zone environnante

SA

zone géographique dans laquelle un phénomène de foudre (LRE) occasionne un danger potentiel et qui entoure et inclut la zone cible (TA)

Note 1 à l'article: Tout phénomène de foudre survenant dans la zone environnante est potentiellement dangereux. Cette zone est utilisée lors de l'évaluation d'un système d'alerte aux orages, afin d'établir le taux de fausse alarme et d'autres paramètres de performance.

Note 2 à l'article: L'abréviation "SA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "surrounding area".

3.1.24

zone cible

TA

zone géographique dans laquelle une alerte est nécessaire afin de faciliter la prise de décision et de lancer des actions préventives avant la manifestation d'un phénomène de foudre

Note 1 à l'article: L'abréviation "TA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "target area".

3.1.25

orage

phénomène météorologique local dû à l'activité atmosphérique et accompagné de manifestations telles que les éclairs et le tonnerre

3.1.26**détecteur d'orage**

dispositif capable d'évaluer un ou plusieurs paramètres associés au mécanisme électrique de l'orage

Note 1 à l'article: Les détecteurs d'orages peuvent consister en un détecteur unique ou en un réseau de détecteurs interconnectés.

3.1.27**système d'alerte aux orages****TWS**

système composé de détecteurs d'alertes capables de surveiller l'activité orageuse dans la zone de surveillance et de moyens de traiter les données acquises pour déclencher une alarme (alerte) valide en cas de phénomène de foudre pour une zone cible définie

NOTE 1 à l'article: Dans certains pays, on parle de "système d'alerte à la foudre".

Note 2 à l'article: L'abréviation "TWS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "thunderstorm warning system".

3.1.28**durée totale de l'alarme****TAD**

période entre le déclenchement et la fin d'une alarme

Note 1 à l'article: L'abréviation "TAD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "total alarm duration".

3.1.29**pourcentage d'alarmes fournies****POD_x**

pourcentage d'alarmes fournies avec un délai d'anticipation supérieur ou égal à x minutes

EXEMPLE: POD₁₀ est le pourcentage d'alarmes fournies avec un délai d'anticipation supérieur ou égal à 10 min.

Note 1 à l'article: L'abréviation "POD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "percentage of alarms delivered".

3.2 Abréviations

CA	Coverage area (Zone de couverture)
CG	Cloud to ground (Eclair nuage-sol)
CC	Courant continu
DE	Detection efficiency (Capacité de détection)
DT	Dwell time (Durée de maintien)
EA	Effective alarm (Alarme effective)
CEM	Compatibilité électromagnétique
EMI	Electromagnetic interference (Brouillage électromagnétique)
FA	False alarm (Fausse alarme)
FAR	False alarm ratio (Taux de fausse alarme)
FSM	Field strength meter (Appareil de mesure de l'intensité de champ)
FTW	Failure to warn (Défaillance d'alerte)
FTWR	Failure to warn ratio (Taux de défaillance d'alerte)
HT	Haute tension
IC	Intercloud, intracloud or cloud to air discharges (Décharges électriques entre des nuages, à l'intérieur d'un nuage, ou entre un nuage et l'air)
IP	Index of protection (Indice de protection)

LA	Location accuracy (Précision de localisation)
LF	Low frequencies (Basses fréquences)
LLS	Lightning location system (Système de localisation de la foudre)
LPS	Lightning protective system (Système de protection contre la foudre)
LT	Lead time (Délai d'anticipation)
LRE	Lightning related event (Phénomène de foudre)
MA	Monitoring area (Zone de surveillance)
MCS	Mesoscale convective systems (Systèmes convectifs de mésoéchelle)
MDF	Magnetic duration finder (Compas magnétique)
OI	Optical imaging (Imagerie optique)
POD _x	Percentage of alarms delivered (Pourcentage d'alarmes fournies)
RFI	Radio frequency interferometry (Interférométrie radiofréquence)
RFM	RF signal strength measurement (Mesure d'intensité du signal RF)
RF	Radio frequency (Fréquence radio)
SA	Surrounding area (Zone environnante)
TA	Target area (Zone cible)
TAD	Total alarm duration (Durée totale de l'alarme)
TOA	Time of arrival (Temps d'arrivée)
TTC	Time to clear (Intervalle entre deux alertes)
TWS	Thunderstorm warning system (Système d'alerte aux orages)
UV	Ultraviolets
VHF	Very high frequencies (Très hautes fréquences)
VLF	Very low frequencies (Très basses fréquences)

4 Phases d'un orage et phénomènes détectables pour le déclenchement d'une alarme

4.1 Remarque d'introduction

Quatre étapes distinctes peuvent être identifiées dans le cycle de vie d'un orage à partir de phénomènes distincts:

- 1) phase initiale;
- 2) phase de croissance;
- 3) phase de maturité;
- 4) phase de dissipation.

4.2 Phase 1 — Phase initiale (étape du cumulus)

Il s'agit de la phase d'électrisation d'un nuage par séparation des charges électriques à l'intérieur du nuage. Ces charges sont distribuées dans différentes zones du nuage et produisent un champ électrique statique mesurable au niveau du sol. Celui-ci est considéré comme le premier phénomène détectable précédant un orage.

NOTE Les champs électriques statiques peuvent être source de dangers potentiels, par exemple des décharges électriques statiques, même en l'absence d'activité orageuse.

4.3 Phase 2 — Phase de croissance

Cette phase, parfois également appelée phase de développement, est caractérisée par la manifestation de la première décharge de foudre (nuage-nuage, IC, ou nuage-sol, CG). Les premiers éclairs nuage-nuage (IC) apparaissent après un certain développement des zones du nuage portant une charge électrique. Cependant, dans certains cas de figure, il n'y a pas de délai clairement défini entre le premier éclair nuage-nuage (IC) et le premier éclair nuage-sol (CG).

NOTE Les éclairs nuage-nuage (IC) représentent généralement la majorité de l'activité électrique totale générée par un orage. Des variations significatives des taux IC/CG sont observées pour chaque orage.

4.4 Phase 3 — Phase de maturité

Cette étape se caractérise par la présence d'éclairs à la fois nuage-sol (CG) et nuage-nuage (IC).

4.5 Phase 4 — Phase de dissipation

Cette phase se caractérise par la décroissance du nombre d'éclairs nuage-nuage (IC) et nuage-sol (CG) et la réduction du champ électrique statique à l'amplitude observée par beau temps.

5 Classification des appareils de détection des orages et de leurs propriétés

Les appareils portatifs (appareil dans lequel le capteur n'est pas fixé) ne relèvent pas du domaine d'application de la présente norme (l'étalonnage et les essais de ces appareils peuvent ne pas suffire à fournir des alertes efficaces).

Les détecteurs d'orages sont classifiés conformément aux différentes phases détectables d'un orage, en fonction des phénomènes détectables correspondants. Cependant, un détecteur d'orage peut détecter un ou plusieurs de ces phénomènes.

Il existe plusieurs manières d'envisager les moyens de détecter les orages en général, et les coups de foudre en particulier. Par exemple, il est possible de se concentrer sur la phase orageuse à laquelle le fonctionnement d'un détecteur est destiné. Il est également possible de comparer la plage de fréquence du rayonnement électromagnétique émis par un coup de foudre avec la plage de fréquence qu'un capteur est capable de détecter. Une troisième possibilité consiste à s'intéresser aux techniques qu'un capteur utilise pour détecter un coup de foudre et calculer sa position.

Pour la classification des détecteurs d'orage ou de foudre, les classes suivantes sont définies:

- classe A: détection d'un orage tout au long de son cycle de vie (phases 1 à 4);
- classe B: détection des éclairs nuage-nuage (IC) et nuage-sol (CG) (phases 2 à 4);
- classe C: détection des éclairs nuage-sol (CG) uniquement (phases 3 à 4);
- classe D: détection des éclairs nuage-sol (CG) (phase 3) ainsi que d'autres sources électromagnétiques avec une efficacité très limitée.

Les classes sont décrites en détail à l'Annexe B. Elles ne sont pas liées à l'efficacité du système.

Les plages de fréquences utilisées pour détecter des éclairs sont les suivantes:

- CC: champs électriques statiques et quasi statiques;
- VLF: très basses fréquences (de 3 kHz à 30 kHz);
- LF: basses fréquences (de 30 kHz à 300 kHz);

- VHF: très hautes fréquences (de 30 MHz à 300 MHz).

En raison de la variété des phénomènes à mesurer, il existe différents capteurs et différentes techniques de localisation. Ces techniques peuvent être distinguées comme suit:

- MDF: compas magnétique;
- TOA: temps d'arrivée;
- RFI: interférométrie radiofréquence;
- FSM: appareil de mesure de l'intensité de champ;
- RF: mesure d'intensité du signal radio fréquence.

Cette liste n'est pas exhaustive.

Ces techniques de détection sont décrites plus en détail à l'Article B.2.

Le Tableau 1 décrit le lien entre la plage de fréquence dans laquelle un détecteur peut fonctionner et la phase, la classe et la distance habituelle de fonctionnement de ce détecteur.

Tableau 1 — Propriétés des détecteurs d'orages

Technique	Phénomène physique détectable	Fréquence	Phase(s)	Classe principale	Classe secondaire	Portée type du capteur km	Application
FSM	Processus d'électrisation	CC	1, 2, 3, 4	A		20	Systèmes d'alerte précoce à courte portée
MDF	Déplacement de charges électriques	VLF	2, 3	C	B	Aucune limite	Capacité de détection et précision de localisation faibles; détection à très longue portée
MDF, TOA	Rayonnement électromagnétique (courant de foudre)	LF	2, 3	C	B	600 à 900	Longue portée – précision de localisation élevée pour la détection des éclairs nuage-sol (CG). Une partie des éclairs nuage-nuage (IC) est également détectée.
TOA	Processus de claquage et de traceur (IC/CG)	VHF	2, 3	B	C	200	Portée moyenne – précision de localisation élevée pour les éclairs nuage-sol (CG) et nuage-nuage (IC).
RFI	Processus de claquage et de traceur (IC/CG)	VHF	2, 3	B	C	300	Portée moyenne – précision de localisation élevée pour les éclairs nuage-sol (CG) et nuage-nuage (IC).
RF	Rayonnement électromagnétique (courant de foudre)	LF	3	D		100	Météorologique

NOTE La classe principale est la classe pour laquelle le détecteur a été conçu. La classe secondaire est la ou les classes pour lesquelles le capteur est également approprié.

Les TWS peuvent également être classifiés en fonction de leur portée de détection (généralement comprise entre quelques kilomètres et 500 km ou plus).

Pour plus d'informations sur les propriétés des capteurs et des recommandations pour en choisir un en fonction d'un objectif défini, voir Annexe B.

6 Méthode d'alerte

6.1 Généralités

Afin de permettre à l'utilisateur d'entreprendre toutes les actions préventives possibles, un système d'alerte aux orages (TWS) doit fournir une alarme pour une zone cible dans laquelle le phénomène de foudre (LRE) représente une menace. L'identification des phénomènes de foudre (LRE) est faite par déduction à partir de la description des situations dangereuses fournie à l'Article 9. Une alarme découle de la surveillance de l'activité orageuse, non seulement des éclairs nuage-sol (CG) ou nuage-nuage (IC), ou les deux, mais aussi d'autres paramètres tels que le champ électrique statique dans la zone de surveillance (MA). Ces informations sont généralement combinées à des observations météorologiques supplémentaires (par exemple radar météorologique). Pour les systèmes de détection capables de fournir des informations cartographiques (réseaux de détection d'éclairs, radars, etc.), il est possible de suivre les cellules orageuses potentiellement dangereuses, et d'améliorer ainsi les performances du TWS. Des informations sur les TWS sont données à l'Annexe B.

La configuration d'une alarme comprend trois étapes:

- définition des zones;
- définition des critères de déclenchement;
- transmission des informations d'alarme.

Il convient que ces trois étapes soient documentées. Le présent Article 6 donne les lignes directrices pour la configuration d'une alarme et l'Annexe E fournit plusieurs exemples.

6.2 Zones

6.2.1 Zone cible (TA)

Il convient que la description précise de la zone inclue les extensions physiques dans lesquelles l'alerte est nécessaire. La zone cible peut être réduite à un point unique (Figure 1a)), par exemple une tour sur laquelle travaillent des opérateurs ou une usine de taille réduite, ou peut être plus étendue (par exemple grands immeubles, parcs éoliens, parcours de golf: Figure 1b)). Il est cependant recommandé d'utiliser des zones étendues, pour des raisons de sécurité. Dans de nombreux cas, il peut sembler plus simple de restreindre le phénomène de foudre (LRE) à la manifestation d'éclairs nuage-sol, et donc d'adapter la taille et la forme de la zone cible afin de prendre en compte tous les effets possibles. Par exemple, un système sensible aux surtensions sur les lignes électriques peut être configuré pour être alerté par la manifestation d'éclairs nuage-sol (CG) dans une zone cible comprenant non seulement le site, mais également la ligne électrique et ses abords (Figure 1c)). Chaque éclair nuage-sol survenant dans cette zone cible sera donc traité comme un phénomène de foudre (LRE) capable de provoquer la surtension. La zone cible dépend ainsi également du type de phénomène de foudre (LRE) et des effets qu'il est susceptible de provoquer (voir Article 7).

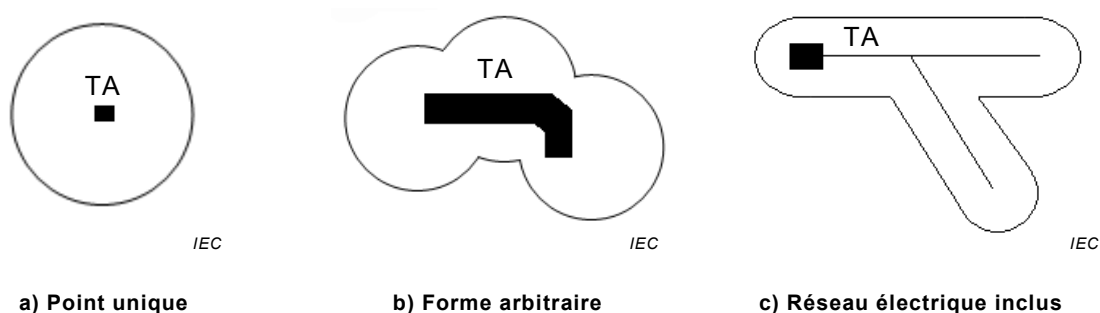


Figure 1 — Exemples de formes pour la zone cible

6.2.2 Zone environnante (SA)

Lors du processus d'évaluation d'un TWS, il est conseillé de définir une zone environnante (SA) comprenant la zone cible représentée à la Figure 2 afin de confirmer l'efficacité de l'alarme. Lorsque la zone cible reçoit une alerte, même en l'absence de phénomène de foudre (LRE) visible, la manifestation d'un phénomène de foudre (LRE) dans un périmètre très proche de la zone cible (défini par la zone environnante) indique que le risque est élevé; il convient que ce cas de figure ne soit pas traité comme une fausse alarme (FA). En revanche, le fait qu'une zone cible reçoive une alerte sans qu'aucun phénomène de foudre (LRE) soit enregistré indique clairement un dysfonctionnement de l'équipement; il convient donc de traiter l'alerte comme une fausse alarme (FA). De plus, la définition de la zone environnante (SA) permet de prendre en considération la précision de localisation (LA) limitée de l'ensemble de données de validation.

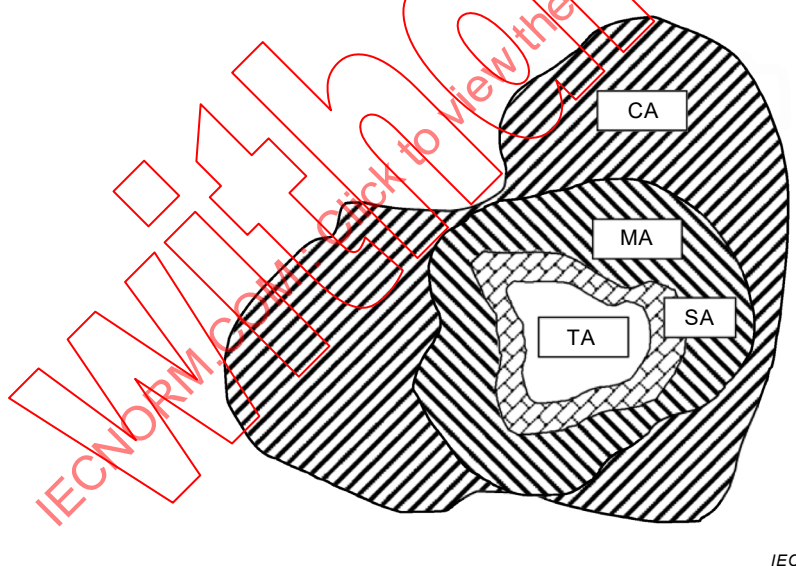


Figure 2 — Exemple de distribution de la zone de couverture (CA), de la zone de surveillance (MA), de la zone cible (TA) et de la zone environnante (SA)

6.2.3 Zone de surveillance (MA)

Il convient que la taille et la forme de la zone de surveillance soient adaptées en fonction du type de TWS (voir Annexe B), de ses capacités (voir Annexe B, par exemple capacités de détection et précision de localisation), de la taille de la zone cible et des objectifs et performances du système d'alarme.

6.2.4 Zone de couverture (CA)

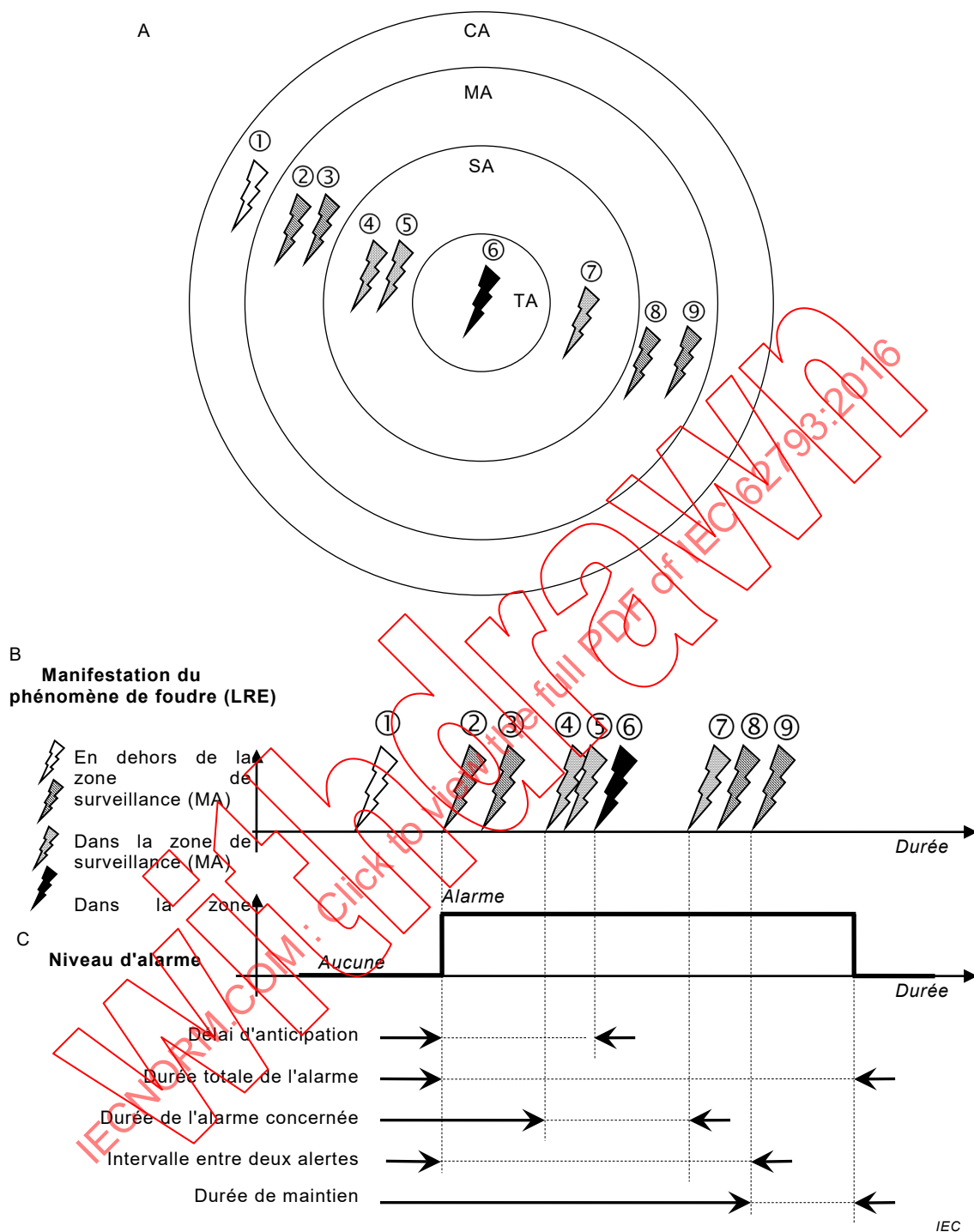
Une fois définie la zone de surveillance (MA), il convient que le système de détection dispose d'une zone de couverture (CA) incluant la zone de surveillance (MA). Lorsque la zone de couverture (CA) ne couvre pas l'ensemble de la zone de surveillance (MA) nécessaire pour mettre en place un système d'alerte fiable sur la zone cible, il sera essentiel de juxtaposer plusieurs systèmes élémentaires. Il convient que la capacité de détection (DE) et/ou la précision de localisation (LA) du système de détection dans le périmètre de la zone de surveillance (MA) soient connues et que leur incidence sur les performances de l'alarme soit prise en considération.

En règle générale, pour les réseaux de détection, la zone de surveillance (MA) est égale à la zone de couverture (CA).

6.3 Déclenchement d'une alarme

Généralement, une alarme est déclenchée lorsque les informations de surveillance fournies par le TWS sont détectées dans la zone de surveillance (MA). Il convient que les critères de déclenchement soient définis et dépendent des caractéristiques du TWS et de ses performances dans la zone de surveillance (MA) (par exemple un ou plusieurs éclairs nuage-sol (CG), un ou plusieurs éclairs nuage-nuage (IC), un certain niveau de champ électrostatique, la polarité du champ électrostatique et la combinaison de certains de ces critères).

Un exemple de décomposition d'une alarme dans le temps est donné à la Figure 3.



Légende

- A Localisations des phénomènes de foudre (LRE) dans les zones définies (zone de couverture (CA), zone de surveillance (MA), zone environnante (SA) et zone cible (TA))
- B Manifestation temporelle des phénomènes de foudre (LRE)
- C Décomposition de l'alarme dans le temps en fonction de la manifestation des phénomènes de foudre (LRE) dans les zones définies

Figure 3 — Exemple d'alarme

Le délai d'anticipation (LT) est le temps disponible pour mener les actions préventives avant que le premier phénomène de foudre (LRE) ne puisse se produire dans la zone cible.

Afin d'éviter de modifier fréquemment le niveau d'alerte, le système d'alerte aux orages doit disposer d'une durée de maintien (DT) permettant de maintenir l'alarme lorsque les critères d'alarme ne sont plus remplis. Si la valeur définie pour la durée de maintien est trop élevée, l'intervalle entre deux alertes (TTC) augmentera de manière significative, augmentant ainsi le coût de l'alarme (en fonction de l'application). Il est à noter que les systèmes capables de détecter avec précision la fin d'une alarme à partir de tout autre phénomène que la manifestation d'éclairs dans la zone de surveillance (les systèmes d'appareil de mesure de l'intensité de champ (FSM) de classe A, par exemple) peuvent ne pas utiliser le temps de maintien pour libérer l'alarme, mais plutôt l'occurrence de cette condition de fin d'alarme.

La durée totale de l'alarme correspond à l'intervalle entre le déclenchement de l'alarme et la fin de la durée de maintien (DT).

6.4 Transmission des informations d'alarme

Il convient qu'une procédure et un protocole de fourniture d'alarme clairs soient définis, afin de garantir la bonne réception des informations d'alerte par l'utilisateur final.

Il est nécessaire de surveiller les défauts des détecteurs d'orages et des liaisons de communication, et de notifier l'utilisateur final de tout défaut potentiel détecté qui peut affecter la disponibilité et la qualité de l'alarme.

7 Installation et maintenance

Tout détecteur d'orages doit être installé conformément aux instructions du fabricant et dans les conditions les mieux susceptibles de garantir un minimum d'interruptions produites par son environnement. A ces fins, il est fortement recommandé de réaliser une étude préalable de l'emplacement proposé, afin d'adapter les capteurs du système aux conditions particulières du site.

L'installation de détecteurs d'orages est susceptible d'être affectée par plusieurs facteurs; toute nouvelle installation peut donc nécessiter une période d'ajustement préalable avant que son fonctionnement ne soit réputé optimal. Ces ajustements doivent être réalisés par le fabricant du système ou par un technicien spécialement agréé par ledit fabricant.

La maintenance des systèmes intégrés à un TWS, y compris la fourniture d'alarme, est indispensable. La précision des informations fournies par un TWS est directement fonction des conditions matérielles de ses capteurs, de leur environnement (croissance de la végétation, immeubles, tours, etc.), et des liaisons de communication entre les capteurs et le TWS, ainsi qu'entre le TWS et les utilisateurs finaux. Il est donc jugé nécessaire de réaliser les tâches de maintenance chaque année ou à intervalles plus courts, conformément aux recommandations du fabricant.

L'ensemble de ces recommandations d'installation et de maintenance constitue un facteur clé de bon fonctionnement d'un système d'alerte.

NOTE Les tâches de maintenance peuvent par exemple inclure: le nettoyage, le réajustement de paramètres, la vérification du bon fonctionnement, les capacités de communication, etc.

8 Evaluation de l'alarme

8.1 Généralités

En évaluant le fonctionnement du TWS, il est possible d'optimiser ses paramètres et, ainsi, d'améliorer sa qualité et sa fiabilité. L'alarme peut ainsi être mieux adaptée aux applications faites par l'utilisateur final.

L'évaluation des performances donne des informations extrêmement précieuses pour les futurs réglages de l'alarme, mais aussi pour améliorer les actions préventives et mieux connaître l'environnement orageux sur la zone cible.

Il est recommandé que l'installateur établisse une procédure d'évaluation. Dans cette procédure, il convient que l'utilisateur fournisse si possible des informations sur les expériences précédentes (par exemple nombre d'alarmes, défaillances d'alerte potentielles, fausses alarmes, dommages) pendant une configuration d'alarme spécifique.

L'évaluation peut être réalisée de différentes manières en fonction des informations de validation disponibles, par exemple:

- corrélation croisée avec d'autres sources d'informations disposant d'un degré de précision supérieur à celui de l'appareil à l'essai: données fournies par d'autres systèmes de localisation de la foudre, des radars météorologiques, des satellites, etc.;
- traitement des données d'archives pour les systèmes capables d'enregistrer toutes les informations utiles pour créer des alertes; c'est la seule manière de régler avec précision et de vérifier le réglage des paramètres d'alarme;
- expérience: données climatologiques, observations locales, durées d'alarme irréalistes, etc.

Les principales données de performances d'un TWS donnée sont les suivantes:

- taux de fausse alarme (FAR), défini comme le nombre de fausses alarmes (FA) observées rapporté au nombre total d'alarmes observées (FA + EA):

$$FAR = \frac{FA}{FA + EA} \quad (1)$$

- taux de défaillance d'alerte (FTWR), défini comme le nombre de défaillances d'alertes (FTW) rapporté au nombre total d'alarmes attendu (FTW + EA):

$$FTWR = \frac{FTW}{FTW + EA} \quad (2)$$

- distribution du délai d'anticipation (LT);
- distribution de l'intervalle entre deux alertes (TTC).

Le Tableau 2 résume la façon dont les alarmes effectives (EA), les fausses alarmes (FA) et les défaillances d'alerte (FTW) sont comptabilisées.

Tableau 2 — Tableau de contingence

Événement	Le LRE s'est produit dans la zone environnante (SA)	Le LRE ne s'est pas produit dans la zone environnante (SA)
L'alarme a été fournie	EA	FA
Aucune alarme n'a été fournie	FTW	–

Les principaux paramètres pouvant être ajustés pour améliorer les performances d'un TWS sont les suivants:

- le critère de déclenchement de l'alarme dans la zone de surveillance (MA);
- la taille et la forme de la zone de surveillance (MA);
- la durée de maintien (DT).

Une modification de ces paramètres entraînera toujours des compromis, ainsi:

- l'élargissement de la zone de surveillance (MA) augmentera le nombre d'alarmes et le délai d'anticipation (LT) ainsi que le taux de fausse alarme (FAR) et l'intervalle entre deux alertes (TTC);
- la réduction de la zone de surveillance (MA) est susceptible d'augmenter le taux de défaillance d'alerte (FTWR), mais de réduire le taux de fausse alarme (FAR) et le délai d'anticipation (LT);
- l'augmentation de la sensibilité du critère de déclenchement provoquera une diminution du taux de défaillance d'alerte (FTWR) et une augmentation du délai d'anticipation (LT), mais pourrait augmenter le taux de fausse alarme (FAR);
- la réduction de la durée de maintien (DT) occasionnera une réduction de l'intervalle entre deux alertes (TTC), mais tendra également à provoquer une augmentation artificielle du nombre d'alarmes.

En fonction des applications de l'alerte, l'objectif d'optimisation des performances peut différer:

- un taux de fausse alarme (FAR) minimal et un intervalle entre deux alertes (TTC) minimal sont exigés pour les applications dans lesquelles une interruption de service représente un coût considérable;
- un taux de défaillance d'alerte (FTWR) minimal est exigé pour les applications dans lesquelles la sécurité des personnes est en jeu;
- un délai d'anticipation (LT) suffisant est exigé pour les applications dans lesquelles les actions préventives sont longues à lancer.

8.2 Evaluation d'un TWS à partir des données de localisation de la foudre

Les données de localisation de la foudre peuvent être relevées par plusieurs sources (réseaux de détection des éclairs, observations satellites, etc.), presque partout, avec différents niveaux de qualité en ce qui concerne les capacités de détection (DE) et la précision de localisation (LA). Ces données peuvent être utilisées pour évaluer les performances du TWS, en gardant à l'esprit les limites dues à la capacité de détection (DE) et à la précision de localisation (LA) données. En effet, une faible capacité de détection (DE) de l'ensemble de données de validation aura tendance à provoquer une augmentation artificielle du taux de fausse alarme (FAR).

8.3 Réglage précis d'un TWS à partir du traitement de données d'archive

Certains TWS ont la capacité d'enregistrer des données brutes (emplacement des coups de foudre, champ électrique, etc.) sur une longue période; celles-ci peuvent être utilisées pour optimiser les paramètres d'alerte. En fonction des objectifs de performance du TWS (faible taux de défaillance d'alerte, délai d'anticipation long, etc.), il est possible de vérifier la sensibilité des valeurs voulues lorsque les paramètres d'alerte (taille et forme de la zone de surveillance (MA) et critères de déclenchement) sont réglés.

Pour un TWS basé sur des mesures d'intensité de champ (FSM), le seul paramètre réglable sera le critère de déclenchement. En effet, dans ce cas, la taille et la forme de la zone de surveillance (MA) se confondent exactement avec celles de la zone de couverture (CA). L'optimisation consistera alors à ajuster les valeurs seuils, les analyses des variations de champ, la détection des crêtes, etc. Cela exigera un temps de résolution suffisant pour les données d'archive.

Si le TWS est basé sur un réseau de détection de la foudre, il sera possible d'ajuster la taille et la forme de la zone de surveillance (MA) ainsi que les critères de déclenchement afin d'atteindre des performances optimales.

NOTE Pour certains TWS, il n'est pas possible d'ajuster la zone de surveillance (MA).

9 Guide d'application des systèmes d'alerte aux orages

9.1 Généralités

En général, les TWS se révèlent utiles pour maîtriser, prévenir et réduire les pertes de vies humaines, les dommages en ce qui concerne les biens et les services ou les propriétés (et les pertes économiques associées) et les dangers pour l'environnement. La gestion du risque, dans le domaine des applications des TWS, doit prendre en considération une large palette de situations. D'une manière générale, un TWS a pour objectif de réduire les risques dus à des phénomènes dangereux (LRE) au moyen de mesures préventives temporaires et anticipées qui réduisent le temps d'exposition à la menace et/ou isolent les lignes pouvant transmettre des ondes de foudre à l'intérieur d'une structure. Plus précisément, un TWS n'est pas en mesure de remplacer un système de protection contre la foudre ou de fournir une protection contre les ondes de foudre, comme spécifié dans la série IEC 62305.

Un TWS fournissant des informations en temps réel sur l'activité électrique atmosphérique, les données statistiques relatives aux orages peuvent ne pas être directement liées à l'évaluation du degré de pertinence de la prévention. Le degré de pertinence de la mise en œuvre de procédures de protection contre les orages dans une zone donnée dépend donc des caractéristiques des activités qui y sont réalisées, de la présence de zones publiques exposées aux orages, de la présence humaine dans ces zones et de la possibilité d'entreprendre des actions préventives efficaces à la suite des informations fournies par le TWS.

Il convient de recourir à l'IEC 62305-2[17]¹ pour évaluer le risque concernant les structures.

NOTE La manière d'utiliser un TWS pour réduire les risques à l'intérieur des structures est à l'étude.

Dans certains cas, par exemple pour les applications en plein air, la méthode de risque décrite dans l'IEC 62305-2 ne peut généralement pas être utilisée et une procédure est proposée ci-dessous.

9.2 Procédure

9.2.1 Généralités

L'évaluation du degré de pertinence du recours à un TWS comprend trois étapes:

- 1) identification des situations à risques;
- 2) détermination du type de perte;
- 3) maîtrise du risque: moyens possibles pour réduire le risque (choix, mise en œuvre et suivi des mesures appropriées de maîtrise et de réduction du risque).

La présente norme ne traite d'aucun détail relatif aux actions préventives. L'Annexe D fournit cependant des exemples d'actions préventives possibles recommandées.

9.2.2 Etape 1 – Identification des situations à risques

Identifier une ou plusieurs situations à risques parmi les possibilités répertoriées dans le Tableau 3. Au cas où une situation ne serait pas couverte par le tableau, choisir "Autres situations".

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

Tableau 3 — Identification des situations à risques

N°	Situation
1	Personnes en espaces ouverts n'ayant pas accès à un abri protégé contre la foudre (conformément à la série IEC 62305 ou à d'autres normes IEC): activités en extérieur, sport (football, golf, etc.), compétitions, événements rassemblant un grand nombre de personnes, agriculture, élevage ou pêche, plage, terrains de jeux
2	Protection des biens sensibles: systèmes informatiques, commandes électriques ou électroniques, systèmes d'urgence, d'alarme et de sécurité
3	Pertes dans les processus industriels et d'exploitation
4	Structures contenant des substances dangereuses (matières inflammables, radioactives, toxiques et explosives)
5	Services de base dont la continuité, la qualité ou la récupération rapide doit être assurée (télécommunications, production/transport/distribution d'énergie, services sanitaires et d'urgence)
6	Infrastructures: ports, aéroports, chemins de fer, routes, autoroutes et réseau câblé
7	Sécurité au travail (activités impliquant un risque sur le lien de travail en cas d'orage)
8	Zones nécessitant une protection civile ou environnementale: prévention des incendies de forêt, etc.
9	Bâtiments, transport ou installations dont les zones externes sont ouvertes au public
10	Autres situations

9.2.3 Etape 2 – Détermination du type de perte

Pour chacune des situations choisies dans le Tableau 3, évaluer les pertes relatives touchant les personnes (Tableau 4), les biens (Tableau 5), les services (Tableau 6) et l'environnement (Tableau 7) pour déterminer le type de perte (A, B, C ou –).

Tableau 4 — Pertes touchant les personnes

Pertes	Catégorie de perte
Pertes de vies humaines	A
Blessures graves aux personnes	B
Blessures légères aux personnes	C
Aucune blessure aux personnes	–

Tableau 5 — Pertes concernant les biens

Pertes	Catégorie de perte
Perte de biens de valeur	A
Perte de biens de valeur commune	B
Pertes mineures de biens	C
Aucune perte	–

Tableau 6 — Pertes concernant les services

Pertes	Catégorie de perte
Perte de services de valeur	A
Perte de services communs	B
Pertes mineures de services	C
Aucune perte	–

Tableau 7 — Dégâts environnementaux

Pertes	Catégorie de perte
Catastrophe environnementale	A
Dommages environnementaux	B
Dommages environnementaux mineurs	C
Aucune perte	–

9.2.4 Etape 3 – Maîtrise du risque

Déterminer si les informations fournies par un TWS aident à entreprendre des actions préventives temporaires (indiquées à l'Annexe C) afin de réduire le risque. Sinon, le TWS n'est pas utile (indépendamment du type de dommage). Si oui, la situation (choisie à partir du Tableau 3) et le type de perte (choisi à partir des Tableaux 4 à 7) déterminent à quel degré l'utilisation d'un TWS est appropriée (voir Tableau 8). En cas de résultats différents, la solution la plus sûre sera retenue.

Tableau 8 — Maîtrise du risque

Gravité de la perte (résultant des Tableaux 4 à 7)	Mise en œuvre d'un TWS adapté
A	Très fortement recommandée
B	Fortement recommandée
C	Recommandée
–	Non recommandée

Annexe A (informative)

Présentation du phénomène des éclairs

A.1 Origine des nuages d'orage et de l'électrification

Les éclairs sont produits par des nuages chargés d'électricité, mais tous les nuages ne le sont pas. Les nuages d'orage produisent des éclairs et se caractérisent généralement par une extension verticale considérable et la présence simultanée de gouttelettes nuageuses surfondues, de cristaux de glace et de particules de neige roulée (grêle molle). Les nuages d'orage peuvent également produire des vents rapides et des phénomènes météorologiques violents au sol (grêle, tornades).

Les nuages d'orage, ou cumulonimbus, sont formés par la poussée d'Archimède produite lorsque la lumière du soleil frappe la surface de la Terre et l'air de la couche limite planétaire. La base thermodynamique de la formation des nuages convectifs est une instabilité de la température ambiante associée à un déclencheur qui initie le processus. Plusieurs mécanismes peuvent être déclencheurs: le comportement thermique de la couche limite, les fronts et fronts de rafales, le soulèvement orographique (typique des montagnes) et les surfaces frontales. Lorsqu'une parcelle d'air soumise à la poussée d'Archimède monte et pénètre dans une zone de plus basse pression, elle se dilate et sa température diminue jusqu'au point de condensation. Ensuite, la condensation de la vapeur d'eau produit un nuage et la chaleur latente dégagée par la vapeur en condensation renforce la poussée appliquée à la parcelle d'air. Si la parcelle descend en dessous du point de congélation, les conditions de formation de cristaux de glace et de neige roulée, éléments fondamentaux de l'électrification des nuages et de la formation d'éclairs, seront réunies.

Les cellules orageuses types se caractérisent par un diamètre de 10 km, une altitude du sommet du nuage atteignant 12 km et un cycle de vie inférieur à 30 min. Les autres types d'orages tels que les orages multicellulaires, les orages en grappe, les orages supercellulaires et les systèmes convectifs de mésoéchelle (MCS) possèdent des dimensions plus imposantes et des cycles de vie pouvant atteindre plusieurs heures. Différents types d'orages tendent à éclater dans différentes zones géographiques.

Un modèle de la distribution de charge d'un nuage d'orage simple se compose de trois zones de charge: une couche négative concentrée au centre du nuage qui supporte une couche positive plus dispersée et une petite poche de charge positive située sous la zone négative. Les décharges tendent à se déclencher sur ou à proximité du bord de la couche négative; si elles se déclenchent à proximité de la limite supérieure de cette couche, elles évoluent généralement en éclairs intranuageux (IC) impliquant les principales zones négative et positive. Si la décharge se déclenche sur ou à proximité de la limite inférieure de la couche négative, elle peut produire un traceur descendant négatif et une décharge nuage-sol.

A.2 Phénomène des éclairs

Bien que les éclairs de type nuage-sol (CG) soient les plus dangereux pour les activités humaines, la plupart des éclairs produits par un orage n'atteignent pas le sol. Ces éclairs sont ordinairement appelés "nuage-nuage" (IC).

Les éclairs apparaissent après que le nuage d'orage a atteint un certain niveau d'électrification. Les éclairs nuage-nuage se manifestent généralement plusieurs minutes après le premier éclair nuage-sol, mais ce n'est pas toujours le cas. La polarité de l'éclair est définie par la polarité de la charge électrique délivrée au sol. Les éclairs peuvent également être caractérisés d'après la direction du traceur initial, descendant dans le cas d'éclairs nuage-sol, ou ascendant dans le cas d'éclairs sol-nuage. La Figure A.1 représente la classification type des éclairs. Les éclairs descendants sont les plus courants; les éclairs ascendants sont généralement produits par des structures hautes (des structures de plus de 100 m de haut, ou des structures plus petites en zone montagneuse).

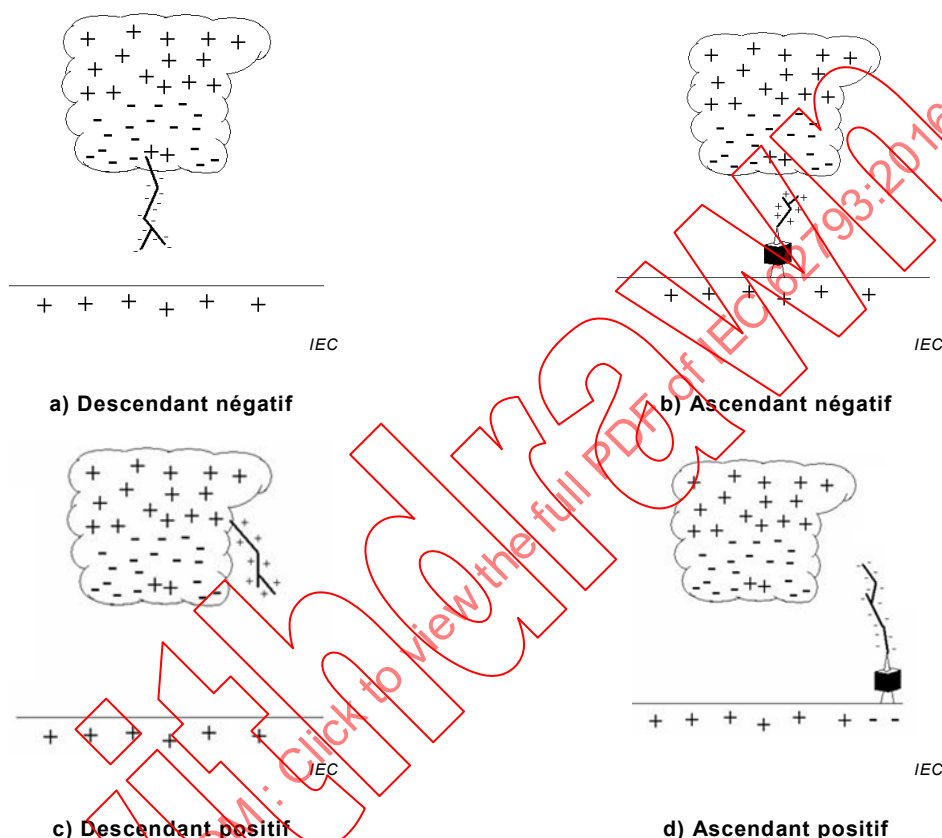


Figure A.1 — Classification normalisée des éclairs

Le type d'éclairs le plus courant est négatif et descendant (généralement de l'ordre de 90 %), sauf dans certains cas particuliers comme les orages hivernaux, les gros orages ou dans les régions stratiformes des systèmes convectifs de mésoéchelle (MCS), où il peut y avoir une prépondérance d'éclairs nuage-sol (CG) positifs. Généralement, un éclair négatif descendant commence par la formation d'une dépression au sein du nuage; ce processus produit un traceur descendant qui se propage vers le sol de façon intermittente, par bonds, en formant de nombreuses ramifications. Ce processus est également connu sous le nom de traceur par bonds. Lorsque le canal d'un traceur par bonds s'approche du sol, le champ électrique situé sous le traceur produit une ou plusieurs décharges de capture, ascendantes, qui émanent généralement de l'extrémité la plus pointue du conducteur au sol le plus proche. La rencontre entre les deux traceurs produit une décharge en retour. La décharge en retour est une impulsion électrique intense qui transmet le courant au sol et remonte le long du canal préionisé ouvert par le traceur à une vitesse d'environ un tiers de la vitesse de la lumière. La température maximale d'une décharge en retour est d'environ 30 000 K; il s'agit du processus le plus lumineux au cours d'un coup de foudre. La durée d'une décharge en retour est de plusieurs centaines de microsecondes à plusieurs dizaines de millisecondes, en fonction de la durée de tout courant de suite. Une décharge en retour consécutive se produit souvent quelques dizaines de millisecondes après la première décharge en retour et un coup de foudre se compose généralement de trois à quatre séquences de traceurs/décharges en retour.

Voir [9] pour plus de détails.

A.3 Caractéristiques électriques de l'orage et de la foudre utiles pour la prévention

A.3.1 Champ électrostatique

La charge électrique contenue dans un nuage d'orage produit un vaste champ électrique statique au sol, dont l'amplitude est généralement bien supérieure au champ observé par beau temps. Ainsi, mesurer le champ électrique d'un orage lorsqu'il se développe ou lorsqu'il approche peut fournir un élément d'alerte, moyennant deux réserves. Premièrement, le champ électrique au sol n'est pas le champ réellement produit par la charge électrique du nuage, car il existe des couches de charge d'espace conséquentes entre le nuage et le sol. Il n'est donc pas possible de définir avec précision un seuil d'intensité du champ qui indiquerait l'imminence d'un coup de foudre. Deuxièmement, le champ électrique ne peut être mesuré qu'à une distance de quelques kilomètres de l'orage.

Les brusques variations du champ électrique produites par les éclairs nuage-nuage (IC) et nuage-sol (CG) peuvent être utilisées pour détecter les éclairs, et si les variations du champ sont mesurées simultanément sur plusieurs sites, le barycentre de la variation de la charge du nuage provoquée par l'éclair peut être situé. Cependant, la localisation des éclairs à partir des modifications dans le champ électrostatique n'est pas une méthode courante.

A.3.2 Champs électromagnétiques

A.3.2.1 Généralités

Une décharge de foudre génère de l'énergie électromagnétique à cause des modifications importantes et rapides des courants électriques de la source. Ce rayonnement est couramment utilisé pour détecter et localiser les éclairs grâce à plusieurs techniques, utilisées séparément ou combinées. L'Annexe B décrit plusieurs techniques utilisées de nos jours.

En localisant les éclairs nuage-sol (CG), nuage-nuage (IC) ou des deux types, il est possible de suivre un orage à des fins d'alerte et de prévention des risques liés aux éclairs.

A.3.2.2 Détection des éclairs nuage-nuage (IC)

Dans un orage, les éclairs nuage-nuage (IC) apparaissent généralement avant les premières décharges vers le sol (CG); les décharges nuage-nuage sont donc couramment utilisées à des fins d'alerte.

En moyenne, les orages produisent deux à trois fois plus d'éclairs nuage-nuage (IC) que d'éclairs nuage-sol (CG), ce qui garantit de disposer de davantage de sources de surveillance et de suivi de l'activité électrique d'un orage.

L'activité nuage-nuage (IC), plus importante que l'activité nuage-sol (CG), exige également davantage de capacités de traitement des données. Il peut exister des dizaines de milliers de sources de rayonnements électromagnétiques dans la plage des très hautes fréquences (VHF), et ce taux élevé peut limiter la distance de détection à quelques centaines de kilomètres seulement.

A.3.2.3 Détection des éclairs nuage-sol (CG)

La détection des éclairs nuage-sol (CG) est généralement réalisée dans la plage des basses ou très basses fréquences, dans lesquelles la distance de détection est de plusieurs centaines de kilomètres.

A.3.3 Autres paramètres utiles pour la détection des éclairs

A.3.3.1 Intervalles entre les éclairs et taux d'éclairs

Les temps et les distances entre les éclairs fournissent des informations sur l'activité orageuse. Un taux d'éclairs est le nombre d'éclairs par unité de temps; ce paramètre est ordinairement utilisé pour décrire l'activité électrique d'un orage.

A.3.3.2 Taux d'éclairs nuage-nuage (IC) par rapport aux éclairs nuage-sol (CG)

Le nombre de décharges nuage-nuage (IC) par rapport au nombre de décharges nuage-sol (CG) fournit des informations sur l'activité électrique et le type d'orage.

A.3.3.3 Polarités des éclairs nuage-sol (CG)

Les éclairs positifs sont fréquents lors des orages hivernaux et dans les régions stratiformes des systèmes convectifs de mésoéchelle (MCS). De plus, un fort pourcentage d'éclairs nuage-sol (CG) positifs par rapport aux éclairs nuage-sol (CG) négatifs peut être un indicateur de phénomènes météorologiques violents.

L'ensemble de ces paramètres est très sensible aux performances des systèmes de localisation de la foudre utilisés.

Annexe B (informative)

Techniques de détection des orages

B.1 Remarques d'introduction

L'Annexe B expose une classification des techniques de détection des orages. De plus, elle décrit les méthodes utilisées pour détecter des orages et propose des recommandations permettant de choisir le bon type de détecteur et/ou de système de détection pour répondre au besoin d'informations relatives aux éclairs.

B.2 Techniques de détection et paramètres de préparation d'un capteur

B.2.1 Généralités

Les détecteurs d'orages sont classifiés par rapport aux différentes phases d'un orage, en fonction des phénomènes détectables correspondants. Cependant, un détecteur d'orage peut détecter un ou plusieurs de ces phénomènes. Les paragraphes suivants proposent une description et une brève explication pour chaque classe de détecteurs.

B.2.2 Classe A

L'objectif des détecteurs de classe A est de détecter les premiers signes d'orage (phase 1), utiles pour lancer une alerte précoce et entreprendre des actions préventives avant la manifestation d'un éclair nuage-nuage ou nuage-sol et pendant toute la période durant laquelle le risque de foudre persiste. La détection est effectuée par mesure du champ électrique statique produit par l'orage.

L'électrisation d'un orage ou sa simple présence produit une altération du champ électrique statique observé par beau temps. Le champ électrique statique atmosphérique au niveau du sol par beau temps a une valeur positive de l'ordre de 100 V/m à 150 V/m (convention de signe pour l'électricité atmosphérique) en zone plane, alors que l'atmosphère au-dessus de la surface de la Terre est chargée positivement. Sous un nuage d'orage chargé d'électricité, le champ électrique au niveau du sol peut atteindre plusieurs kilovolts par mètre. Généralement, le champ électrique statique au niveau du sol est isolé du champ produit par le nuage grâce à la présence de couches isolantes; le champ électrique statique reste donc généralement au-dessous de 10 kV/m.

A des fins de détection, il convient qu'un capteur de champ électrique ait une résolution minimale de 200 V/m et soit capable de mesurer un champ électrique d'au moins ± 20 kV/m. Les variations du champ électrique statique lors de la phase initiale sont relativement lentes et un échantillonnage du champ à quelques secondes d'intervalle est suffisant. Si des informations sur ces variations sont nécessaires pour l'application du capteur, il est recommandé de fixer une fréquence d'échantillonnage minimale correspondant à un échantillon par seconde.

Il convient que l'appareil de détection fournisse des informations sur le niveau d'intensité du champ électrique. Certains appareils peuvent également fournir des informations sur l'évolution du champ dans le temps.

Les détecteurs de classe A sont en mesure de détecter la présence ou non d'un nuage chargé électriquement. Cependant, il n'existe pas de valeur de seuil clairement définie pour le niveau d'intensité de champ électrostatique au-delà duquel commencent les premières décharges de foudre. La zone de surveillance est fortement rétrécie par la décroissance rapide du champ électrique statique en fonction de la distance. Il convient donc que la mesure du champ électrique statique ne dépasse pas 20 km à partir de la limite de la zone de charge. Dans la mesure où il dépend de la topologie, il est utilisé comme un détecteur local.

Les impacts de foudre à proximité provoquant de brusques variations du champ électrique statique, les détecteurs de classe A peuvent également fournir des informations lors des phases 2, 3 et 4.

Dans tous les cas, il convient que le fabricant ou le fournisseur de service informe l'utilisateur sur les niveaux et les méthodes d'avertissement, car ces niveaux dépendent également des conditions qui prévalent sur le site d'installation lorsque la mesure est affectée par l'augmentation du champ local.

B.2.3 Classe B

Les détecteurs de classe B détectent les éclairs nuage-nuage (IC) et nuage-sol (CG) (phases 2 à 4). Les décharges nuage-nuage (IC) génèrent un grand nombre de sources RF dans la plage des très hautes fréquences. Généralement, les décharges nuage-nuage (IC) sont détectées et localisées à partir des mesures réalisées dans cette plage de fréquence (autour de 100 MHz).

Il convient qu'un détecteur d'éclairs nuage-nuage (IC) dispose d'une capacité de détection conforme aux besoins de l'application prévue par l'utilisateur (voir Annexe E). Dans la mesure où la localisation de l'activité nuage-nuage (IC) est importante dans la perspective des actions préventives, il convient que le fabricant ou le fournisseur de service indique la plage de détection et l'incertitude de localisation. Il convient que l'incertitude de localisation pour les éclairs nuage-sol (CG) soit conforme aux besoins de l'application prévue par l'utilisateur (voir Annexe E).

Il convient que les informations relatives aux méthodes de détection et aux avertissements soient fournies par le fabricant ou le fournisseur de service.

B.2.4 Classe C

Les détecteurs de classe C détectent les éclairs nuage-sol, mais aussi certains éclairs nuage-nuage. Les éclairs nuage-sol produisent un volume significatif de rayonnements dans la plage des basses fréquences (de 10 kHz à 500 kHz).

Il convient qu'un détecteur d'éclairs nuage-sol dispose d'une capacité de détection supérieure à 90 % pour la zone de surveillance. Dans la mesure où la localisation de l'activité nuage-sol est importante dans la perspective des actions préventives, il convient que le fabricant ou le fournisseur de service indique la plage de détection et la précision de localisation. Il convient que la précision de localisation de 50 % soit inférieure à 1 km pour la zone de surveillance.

Il convient que les informations relatives aux méthodes de détection employées et aux avertissements soient fournies par le fabricant ou le fournisseur de données relatives aux éclairs.

B.2.5 Classe D

Les détecteurs de classe D détectent les éclairs nuage-sol (CG) (phase 3), mais aussi les autres impulsions électromagnétiques, et disposent d'une faible capacité de distinction entre les phénomènes de foudre et les autres sources de signal (EMI).

B.3 Techniques de localisation

B.3.1 Généralités

Les détecteurs d'orages peuvent être catégorisés selon deux types de techniques de localisation, selon leur application. Pour déterminer le lieu d'impact de la foudre, un système de localisation multicapteur est nécessaire. Lorsqu'il s'agit seulement d'obtenir des informations générales sur l'activité orageuse et/ou sur la distance et la direction d'un orage, l'utilisation d'un détecteur d'éclairs à capteur simple peut s'avérer appropriée.

B.3.2 Techniques de localisation multicapteurs

Il existe quatre types de techniques de localisation multicapteurs (ML):

ML1 Compas magnétique (MDF):

Le principe d'un compas magnétique consiste à utiliser deux boucles magnétiques orthogonales mesurant les composantes H_x et H_y du champ magnétique. Le flux magnétique traversant une boucle étant proportionnel à l'angle incident, l'une des boucles se rapportera au cosinus de l'azimut de la source, tandis que l'autre se rapportera au sinus; le ratio des deux donnera la tangente de l'azimut.

Avec deux compas magnétiques ou plus, l'emplacement des coups de foudre peut être déterminé en calculant le point d'intersection des azimuts des compas.

ML2 Temps d'arrivée (TOA):

Le principe du temps d'arrivée consiste à utiliser le temps nécessaire à une impulsion pour réaliser le trajet de la source de rayonnement jusqu'aux capteurs: les capteurs les plus proches recevront le signal avant les plus éloignés. La méthode du temps d'arrivée peut être utilisée dans les plages des basses et très basses fréquences ainsi que dans la plage des très hautes fréquences.

ML3 Interférométrie radiofréquence (RFI):

L'interférométrie consiste à mesurer les différences de phase entre deux antennes proches. La principale différence avec le temps d'arrivée réside dans le fait que cette méthode peut fonctionner sur des ondes continues: l'identification des impulsions n'est donc pas nécessaire.

ML4 Imagerie optique (OI):

Les capteurs spatiaux (satellites) sont en mesure de détecter des effets optiques à modification rapide produits par les éclairs, et de les cartographier. Cette technique n'est pas très précise, mais offre la possibilité d'étudier les éclairs dans des zones dans lesquelles un système de détection terrestre ne peut pas être utilisé, par exemple au-dessus des océans.

B.3.3 Techniques à capteur unique

Les techniques utilisant un capteur unique (SS) sont les suivantes:

SS1 Mesures de l'intensité de champ (FSM):

L'augmentation d'intensité du champ électrique au cours de la formation d'un orage peut être utilisée pour générer une alerte lorsqu'une activité orageuse se prépare. La rapide modification d'intensité du champ survenant pendant un coup de foudre est utilisée pour détecter les coups de foudre réels.

SS2 Compas magnétique (MDF):

La technique du compas magnétique utilisée dans les réseaux de détection des éclairs peut également être employée dans un système à capteur unique donnant l'azimut des coups de foudre observés, à condition que celui-ci dispose d'une technique permettant de déterminer approximativement la distance en mesurant l'intensité du signal et/ou la forme de l'onde.