

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Thunderstorm warning systems – Protection against lightning

Systèmes d'alerte aux orages – Protection contre la foudre

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62793:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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 Varembé
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 corrigendum or an amendment might have been published.

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 18 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

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 une fois par mois par email.

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.

IEC online collection - oc.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Thunderstorm warning systems – Protection against lightning

Systèmes d'alerte aux orages – Protection contre la foudre

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.020; 91.120.40

ISBN 978-2-8322-9451-2

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	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions and abbreviated terms	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviated terms	11
4 Thunderstorm phases and detectable phenomena for alarming	12
5 Description of thunderstorm detectors and their properties	13
6 Alarm method	14
6.1 General	14
6.2 Areas	14
6.2.1 Target (TA)	14
6.2.2 Surrounding area (SA)	15
6.2.3 Monitoring area (MA)	15
6.2.4 Coverage area (CA)	15
6.3 Alarm triggering and clearing	16
6.4 Alarm information delivery	18
7 Installation	18
8 Maintenance	19
9 Performance evaluation	19
9.1 General	19
9.2 Evaluation of a TWS by cross-correlation with other sources of information	20
10 TWS application	21
Annex A (informative) Overview of the lightning phenomena	22
A.1 Origin of thunderclouds and electrification	22
A.2 Lightning phenomena	22
A.3 Electric thunderstorm and lightning characteristics useful for prevention	24
A.3.1 Electrostatic field	24
A.3.2 Electromagnetic fields	24
A.3.3 Other parameters useful in lightning detection	24
Annex B (informative) Thunderstorm monitoring techniques	26
B.1 General	26
B.2 Single sensor detection techniques	26
B.2.1 Generalities	26
B.2.2 Detector based on electrostatic field	26
B.2.3 Detector based on electromagnetic field	26
B.3 Multi-sensor location techniques	27
B.3.1 Generalities	27
B.3.2 Magnetic direction finder (MDF)	27
B.3.3 Time of arrival (TOA)	27
B.3.4 Interferometry	27
Annex C (informative) Recommended preventive actions	28
Annex D (informative) Example of TWS evaluation	29

D.1	Example of TWS evaluation on a wind turbine site	29
D.2	Evaluation of TWS efficiency using LLS	30
Annex E	(normative) How to test thunderstorm detectors	32
E.1	General.....	32
E.2	Laboratory tests	32
E.2.1	General	32
E.2.2	Resistance to UV radiation tests (for non-metallic sensor housing)	32
E.2.3	Resistance tests to corrosion (for metallic parts of sensor)	33
E.2.4	Mechanical tests.....	33
E.2.5	Index of protection confirmation (IP Code)	33
E.2.6	Electric tests.....	34
E.2.7	Marking test.....	35
E.2.8	Electromagnetic compatibility (EMC)	35
E.3	Optional tests on an open air platform under natural lightning conditions	35
Annex F	(informative) Application guide	38
F.1	General.....	38
F.2	Examples of application of a TWS.....	39
F.2.1	Golf course	39
F.2.2	Oil storage facility	39
F.2.3	Crane	39
F.3	Selection of parameters of TWS.....	40
Bibliography		43
Figure 1	– Examples of different target and surrounding areas.....	15
Figure 2	– Principles of the coverage area (CA), the monitoring area (MA), the surrounding area (SA) and the target (TA)	16
Figure 3	– Example of an alarm	18
Figure A.1	– Standard lightning classifications	23
Figure D.1	– Lightning activity in the target (TA) in red and surrounding area (SA) in orange for a period of fifteen years (2000-2014)	29
Figure E.1	– Difference in electric field measurement during one thunderstorm event.....	36
Figure F.1	– Human risk calculated for a crane with LPS at level I	40
Figure F.2	– Example of the alarms given by a TWS based on an EFS with three different field thresholds	41
Figure F.3	– Example of the alarms given by a TWS based on an LLS with three different radii of the monitoring area	42
Table 1	– Parameters related to sensor technologies.....	13
Table 2	– Local sensor characteristics	14
Table 3	– Alarms related to LRE	18
Table D.1	– Performance results of a TWS evaluation based on archived lightning data for a 15-year period (2000-2014), related to some of the key parameters.....	30
Table D.2	– Example of delivered alarms evaluation	31
Table F.1	– Identification of typical hazardous situations where a TWS improves safety	38
Table F.2	– Example of effect of settings on alarm performance	41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**THUNDERSTORM WARNING SYSTEMS –
PROTECTION AGAINST LIGHTNING**

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 second edition cancels and replaces the first edition, published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

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

- portable devices are no longer covered by this standard;
- in Clause 5, classes of TWS have been deleted;
- in Clause 6, updated figures and more detailed text are provided to better illustrate the alarm timeline;
- in Clause 9, the text has been summarized and refers now to the application guide given in Annex F;
- annexes have been reorganized;
- Annex E is normative.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
81/640/FDIS	81/641/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document 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 properties. Every year severe injuries and 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, when in the open field; events may have to be suspended and people evacuated in the case of a risk of a 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 and losses per year due to the wider use of electronic 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 to a large extent on the risk involved and the planned decisions to be taken. This document gives an informative list of possible actions (see Annex C).

Lightning and thunderstorms, as many natural phenomena, are subject to statistical uncertainties. It is therefore not possible to achieve precise information on when and where an individual lightning will strike but statistical parameters are defined in this document to help the user in selecting proper measures.

THUNDERSTORM WARNING SYSTEMS – PROTECTION AGAINST LIGHTNING

1 Scope

This document describes the characteristics of thunderstorm warning systems (TWSs) in order to implement lightning hazard preventive measures.

Single sensors and/or a network of sensors (e.g. lightning location system) can be used as a TWS.

This document provides requirements for sensors and networks collecting accurate data of the relevant parameters, giving real-time information on lightning and atmospheric electric activity. It describes the application of the data collected by these sensors and networks in the form of warnings and historical data.

This document includes:

- a general description of available techniques for TWSs;
- guidelines for alarming methods;
- informative examples of possible preventive actions.

The following aspects are outside the scope of this document:

- a) lightning protection systems: such systems are covered by IEC 62305 (all parts) [1]¹;
- b) other thunderstorm related phenomena such as rain, hail, wind;
- c) satellite and radar based thunderstorm detection techniques;
- d) portable devices (a device where the sensor is not fixed).

NOTE It is possible that calibration and testing of portable devices will not be sufficient to provide efficient warning.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 62561-4, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 4: Requirements for conductor fasteners*

IEC 62561-1, *Lightning protection system components (LPSC) – Part 1: Requirements for connection components*

IEC 60068-2-75:2014, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60529, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

¹ Numbers in square brackets refer to the bibliography.

IEC 61180, *High-voltage test techniques for low voltage equipment – Definitions, test and procedure requirements, test equipment*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

3 Terms, definitions and abbreviated terms

3.1 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

alarm

information indicating that a defined area is likely to be affected by thunderstorms and the accompanying lightning related events (LREs)

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 (DE) and/or accuracy to give a warning

3.1.4

detection efficiency

DE

percentage of lightning discharges that is detected by a sensor or a network

3.1.5

effective alarm

EA

alarm where a lightning related event (LRE) occurs in the surrounding area (SA) during the total alarm duration (TAD)

Note 1 to entry: An effective alarm can only be assessed when LREs are monitored. When LREs are not monitored the lightning related conditions (LRC) may define a valid alarm, see Figure 3 a).

3.1.6

effective alarm ratio

EAR

number of effective alarms (EAs) with respect to the total number of alarms (TNA)

3.1.7**time to clear****TTC**

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

3.1.8**failure to warn****FTW**

occurrence of a lightning related event (LRE) in the surrounding area (SA) for which no alarm occurred

3.1.9**failure to warn ratio****FTWR**

number of failures to warn with respect to the total number of situations with lightning related events (LREs) affecting the surrounding area (SA)

3.1.10**false alarm****FA**

alarm when there is no thunderstorm activity in the monitoring area (MA)

EXAMPLE An alarm due to TWS equipment malfunction or an alarm triggered by any signal not related to thunderstorm (snow, sand, electromagnetic disturbances, etc.).

3.1.11**false alarm ratio****FAR**

number of false alarms with respect to the total number of alarms (TNA)

3.1.12**electrostatic field sensor****EFS**

device for continuous monitoring of the atmospheric electrostatic field, where the sensor is located, associated with thunderstorms

EXAMPLE An electric field mill.

3.1.13**intra-cloud lightning****IC**

electric discharge of atmospheric origin 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 (LRE) in the surrounding area (SA)

Note 1 to entry: Any efficient preventive action should be completed before the end of the lead time.

Note 2 to entry: A lead time can only be assessed when LREs are monitored. When LREs are not monitored the lightning related conditions (LRC) may define an estimated lead time, see Figure 3 a).

3.1.15**lightning related event****LRE**

event where one or more cloud-to-ground lightning (CG) occurs inside the surrounding area (SA)

3.1.16

lightning related conditions

LRC

static electric field that has reached a level high enough so that lightning is expected to occur at any time in the surrounding area (SA)

3.1.17

median location accuracy

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

3.1.18

monitoring area

MA

geographic area where the lightning or upcoming lightning (lightning is expected to occur at any time) activity is monitored in order to provide a valid warning for the surrounding area (SA)

Note 1 to entry: The monitoring area is smaller or equal to the coverage area.

3.1.19

preventive action

action of a temporary nature, that should be completed before the end of the lead time (LT), taken on the basis of the preventive information and included in the emergency plans

3.1.20

surrounding area

SA

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

Note 1 to entry: Any lightning related event (LRE) occurring in the surrounding area (SA) is potentially dangerous for the target. This area is used when evaluating a thunderstorm warning system (TWS) to determine the performance parameters such as failure to warn ratio (FTWR).

3.1.21

target

TA

object or area for which a thunderstorm warning is needed

3.1.22

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.

Note 2 to entry: By definition, a thunderstorm only exists when the first lightning strike occurs.

3.1.23

thunderstorm warning system

TWS

system composed of thunderstorm detector(s) able to monitor the lightning or upcoming lightning activity in the monitoring area (MA) and tools for processing the acquired data to provide a valid alarm (warning) related to the lightning related events (LREs) or conditions (LRC) for a defined surrounding area (SA)

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

3.1.24**total alarm duration****TAD**

time between the start and the end of an alarm

3.1.25**probability of detection****POD**

number of effective alarms (EAs) with respect to the total number of situations with lightning related events (LREs) affecting the surrounding area (SA)

Note 1 to entry: $POD = 1 - FTWR$.

3.1.26**probability of detection with a lead time of x min** **POD_x**

number of effective alarms (EAs) delivered with a lead time (LT) greater or equal to x min with respect to the total number of situations with lightning related events (LREs) affecting the surrounding area (SA)

Note 1 to entry: POD_{10} is the percentage of alarms delivered with a lead time (LT) of more than or equal to 10 min.

3.1.27**non-effective alarm****NEA**

alarm that occurred when there was no lightning related event (LRE) occurring in the surrounding area (SA) during the total alarm duration (TAD)

Note 1 to entry: An effective alarm can only be assessed when LREs are monitored. When LREs are not monitored the lightning related conditions (LRC) may define a valid alarm, see Figure 3 a).

3.1.28**total number of alarms****TNA**

sum of the number of false alarms, effective alarms and non-effective alarms

Note 1 to entry: $TNA = EA + FA + NEA$

3.2 Abbreviated terms

CA	coverage area
CG	cloud-to-ground lightning
DC	direct current
DE	detection efficiency
EA	effective alarm
EAR	effective alarm ratio
EFS	electrostatic field sensor
EMC	electromagnetic compatibility
FA	false alarm
FAR	false alarm ratio
FTW	failure to warn
FTWR	failure to warn ratio
HV	high voltage
IC	intra-cloud lightning
IP	index of protection

LA	location accuracy
LF	low frequency
LLS	lightning location system
LPS	lightning protection system
LT	lead time
LRC	lightning related conditions
LRE	lightning related event
MA	monitoring area
MCS	mesoscale convective systems
MDF	magnetic direction finder
NEA	non-effective alarm
POD	probability of detection
POD _x	probability of detection with a lead time of x min
SA	surrounding area
TA	target
TAD	total alarm duration
TNA	total number of alarms
TOA	time of arrival
TTC	time to clear
TWS	thunderstorm warning system
UV	ultraviolet
VHF	very high frequency
VLF	very low frequency

4 Thunderstorm phases and detectable phenomena for alarming

Four distinct phases regarding detectable phenomena can be identified before the thunderstorm lifetime cycle (see Annex A):

- Phase 1 or initial phase

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. The electrostatic field or electrostatic field change is considered to be the first detectable phenomenon of a thunderstorm.

NOTE 1 Electrostatic fields can produce potential dangers such as electrostatic discharges even in the case of no lightning activity.

- Phase 2 or 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 IC appears after a partial development of the charge regions in the cloud. However, in some situations there is no clear time delay between the first IC and the first CG.

NOTE 2 IC typically represents the majority of the total lightning activity generated by a thunderstorm. Significant variation in the IC/CG rate is observed for individual storms.

- Phase 3 or mature phase

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

- Phase 4 or dissipation phase

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

5 Description of thunderstorm detectors and their properties

There are several ways to detect thunderstorms. These may be achieved by:

- a local detector (for example field mill or electrostatic field sensor),
- a network of detectors (for example field mills or electrostatic field sensors interconnected),
- a lightning location system (see IEC 62858 [2]).

Table 1 gives the main parameters related to sensor technologies.

Table 1 – Parameters related to sensor technologies

Parameter	Electrostatic field sensor (local detector or network)	Electromagnetic sensor (local detector)	Lightning location system
CG		X ^a	X
EA	X	X	X
NEA	X	X	X
EAR	X	X	X
FTW	X	X	X
FTWR	X	X	X
IC		X ^a	X
LA			X
LT	X	X	X
LRC	X		
LRE	X	X	X
POD	X	X	X
POD _x	X	X	X
TAD	X	X	X
TTC	X	X	X
^a The sensor may not be able to differentiate between cloud-to-ground (CG) and intra-cloud (IC).			

A local detector detects a thunderstorm in the vicinity of the sensor. By detecting the electrostatic field, a local detector can provide a warning before the first IC/CG occurs in the surrounding area. A network of local detectors offers the same information but on a larger scale. An LLS offers local warnings based on a global view on a large area (uniform performance) with lightning location capabilities and tracking of thunderstorms allowing to provide a longer LT in case of thunderstorms approaching the target.

Local sensors are able to measure local conditions (electromagnetic or electrostatic fields). Their characteristics are described in Table 2.

A network of sensors is able, depending on its performance, to provide the distance and direction of the thunderstorm and location of single flashes (refer to IEC 62858).

Table 2 – Local sensor characteristics

Technology	Main parameter detected	Storm phases according to Clause 4	Range (in km)	Advantages	Drawbacks	Maintenance
Local detector (based on electromagnetic field)	Electromagnetic field	2,3,4	10's of km	Large range	Low detection efficiency and accuracy No early detection when first CG strikes the SA	No special maintenance needed, refer to manufacturer's instructions.
Local detector (based on electrostatic field)	Electrostatic field	1,2,3,4	Up to 20 km	Detection of thunderstorms both approaching to and forming on the SA	Short range No information about flash location	No special maintenance needed when there are no moving parts. Moving parts when they exist may need to be replaced due to deterioration and obstruction. In both cases, refer to manufacturer's instructions.

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 where the lightning related event (LRE) represents a threat. An alarm derives from monitoring the lightning activity, either CG, IC, or the electrostatic field in the monitoring area (MA) or combination of them. Combinations with additional meteorological observations may also be employed (e.g. weather radar).

The set-up of an alarm includes three steps:

- areas definition;
- alarm triggering and stopping criteria;
- alarm information delivery.

All three steps should be documented. Guidelines on how to set up an alarm are presented below.

6.2 Areas

6.2.1 Target (TA)

A precise description of the target should include the physical extension where the warning is needed. The target can:

- be limited to a single point (Figure 1 a)), for example a tower on which workers are operating, a limited size factory;

- be of extended size (e.g. large buildings, wind farms, golf courses: Figure 1 b));
- take also into account the services connected to it, for example power line, telecom line or metal pipes (Figure 1 c)).

NOTE For a system sensitive to overvoltages in a structure connected to a power line, in general the part of the line that is considered is limited to 1 km from the structure according to IEC 62305-2.

6.2.2 Surrounding area (SA)

The surrounding area defines a zone in the close neighbourhood of the target (see Figure 1), where the occurrence of an LRE or LRC indicates that the risk is high.

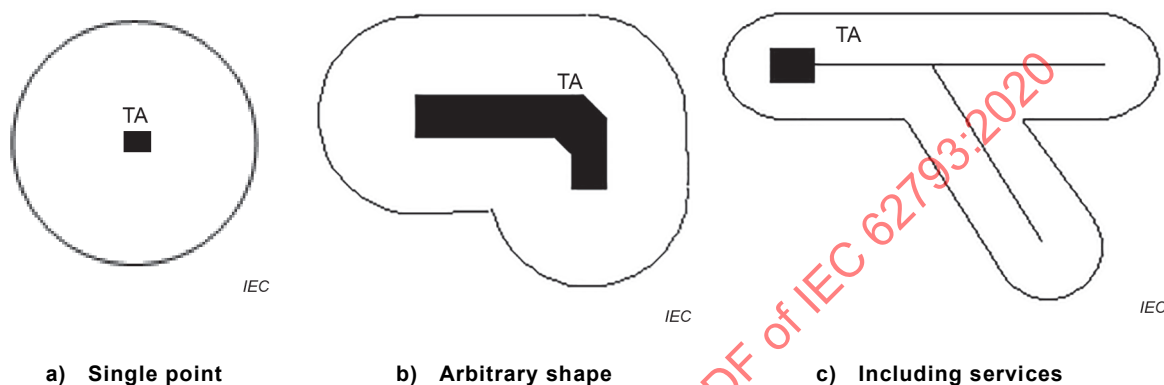


Figure 1 – Examples of different target and surrounding areas

6.2.3 Monitoring area (MA)

The monitoring area is the area where the alarm is triggered if lightning or upcoming lightning conditions occur. The size and the shape of the monitoring area should be adjusted to the user's need (LT, EAR, etc). Use of local detectors may not allow MA adjustment.

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). For local detectors, usually CA = MA.

When the CA largely exceeds the MA, the real time data may provide complementary information (e.g. thunderstorm cell tracking).

Principles of the coverage area (CA), the monitoring area (MA), the surrounding area (SA), and the target (TA) are shown in Figure 2.

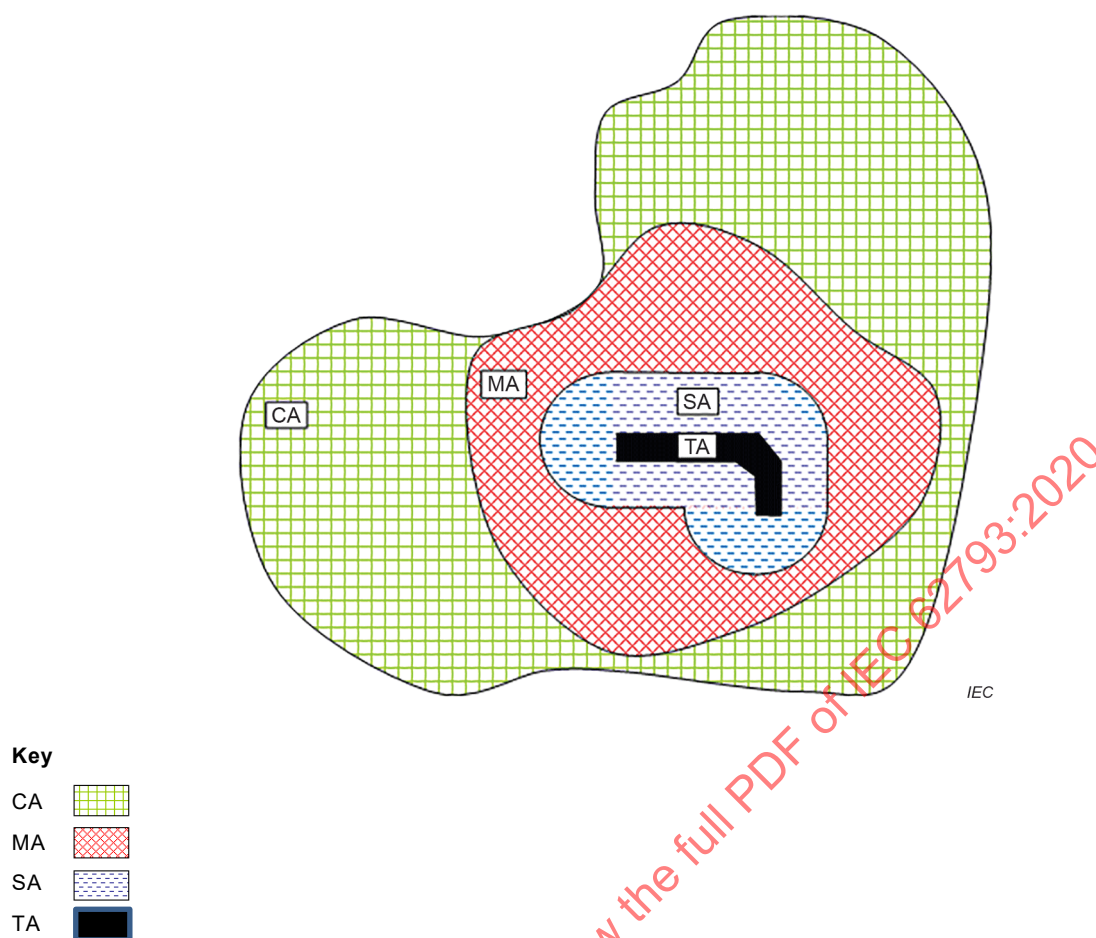


Figure 2 – Principles of the coverage area (CA), the monitoring area (MA), the surrounding area (SA) and the target (TA)

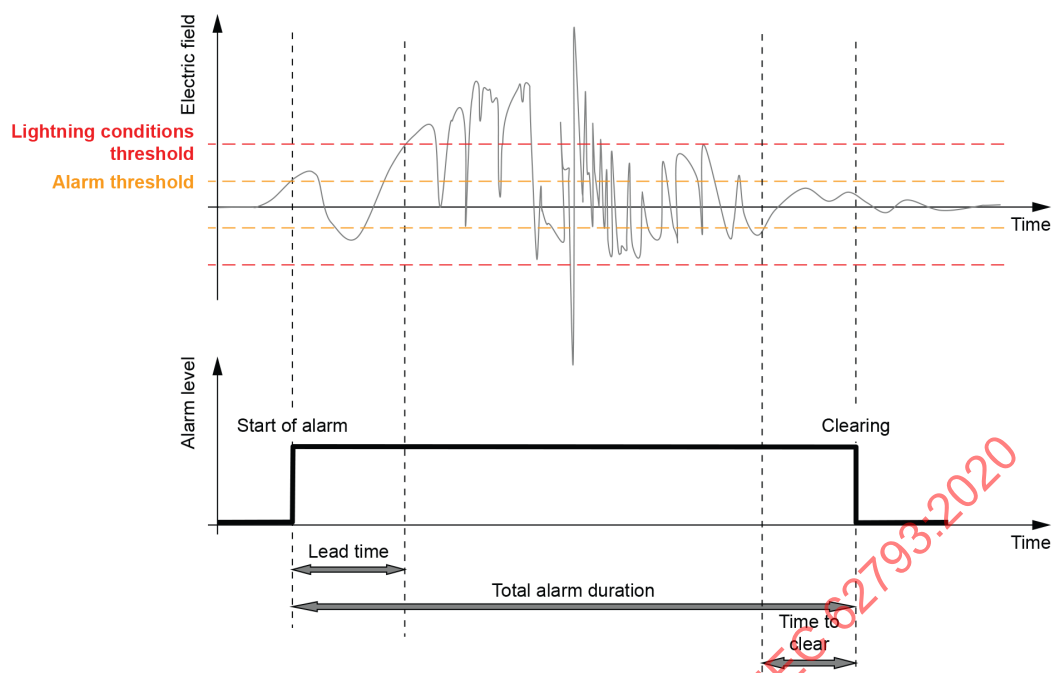
6.3 Alarm triggering and clearing

In general, an alarm is triggered as soon as lightning or lightning conditions are detected in the monitoring area (MA).

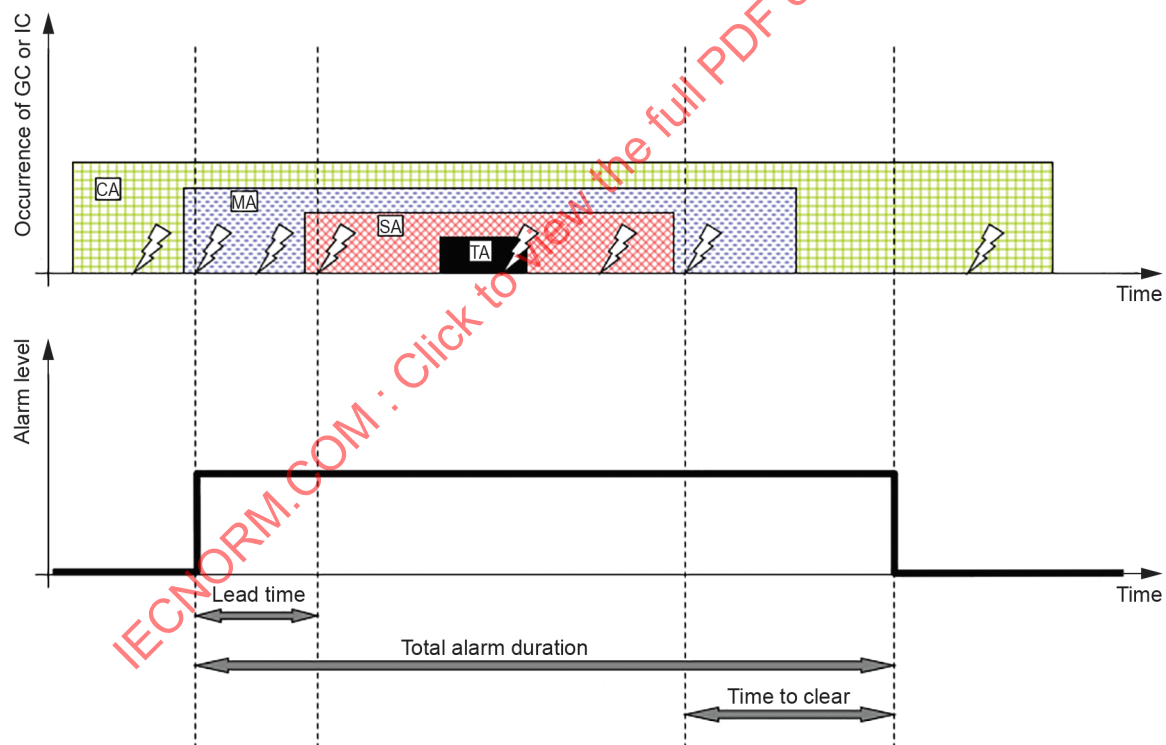
NOTE It can be useful for some applications to split the MA in two areas associated with two different procedures (for example the first procedure can be associated with people evacuation from a dangerous area, when the second procedure is associated with decoupling from a network and use of a power generator).

The criteria of triggering should be defined and depend on the characteristics of the TWS and its performance within the monitoring area (MA) (e.g. occurrence of one or several CG flashes, of one or several IC flashes, of a certain electrostatic field level, of electrostatic field polarity and combinations of some criteria).

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



a) Alarm based on electric field measurement



b) Alarm based on lightning detection

Key

CA	
MA	
SA	
TA	

NOTE 1 The lightning conditions threshold represents conditions related to a high probability of LRE. When a lightning conditions threshold is met, an alarm can be considered as a valid alarm.

NOTE 2 The lead time in Figure 3 a) is an estimated lead time for comparison purposes with Figure 3 b) only because, by definition, the lead time can only be calculated when an LRE occurs and is monitored.

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 surrounding area occurs.

In order to avoid switching the warning state too frequently, the TWS may use a time to clear (TTC) to sustain the alarm during a minimum period. Systems that use the electrostatic field level to trigger the alarm may also use this electrostatic field to end the alarm.

The total alarm duration corresponds to the interval between the alarm trigger and the alarm clearing.

Table 3 summarizes how effective alarms (EAs), non-effective alarms (NEAs), false alarms (FAs) and failure to warn (FTW) are counted.

Table 3 – Alarms related to LRE

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

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. This should occur at least at the beginning of the alarm and at the end when requested.

It is recommended to evaluate various communication methods to send the alarms in order to increase the reliability. In any case, a back-up method is recommended.

It is necessary to monitor faults of the TWS and communication links and notify the end users of possible detected faults that may affect the availability and the reliability of the alarm.

NOTE There are users that prefer to use an automatic alarm procedure (e.g. warning lights of different colours green/orange/red, sirens) without human action, when other users prefer to base the alarm procedure on a human local decision after analysis of the warning data.

7 Installation

For an LLS or a network of detectors, the installation is the responsibility of the network operator.

NOTE For an LLS or a network of detectors it is not necessary that a detector is installed inside or close to the target.

For a single thunderstorm detector, the TWS 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 performance 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 a specialist familiar with the application in

consultation with the TWS manufacturer or by a technician specifically trained by this manufacturer.

A lightning and surge protection study should be performed to ensure that direct lightning and induced surges cannot affect the TWS, especially when a single thunderstorm detector is used.

Installation according to instructions and prior study are key factors for a successful thunderstorm warning system.

8 Maintenance

For an LLS or a network of detectors based on single detectors, the maintenance is the responsibility of the network operator.

For a single thunderstorm detector, the maintenance period of the TWS should be provided in the manufacturer's instructions and may depend on location and environment. Tests in Annex E provide information on how the sensor will resist environmental conditions (UV, marine and industrial pollution, dust, etc.). 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.), communication links between the sensors and the control unit as well as between the TWS and end users.

NOTE Maintenance tasks can include for example: cleaning, re-adjustment of parameters, periodic calibration, verification of good operation, communication ability.

Real-time self-checking methods should be provided to ensure the TWS is still working properly. The provider of the TWS has to ensure that the full chain from lightning data acquisition to the delivery of an alarm to the user is working properly.

Following the maintenance instructions is a key factor for a thunderstorm warning system long term behaviour.

9 Performance evaluation

9.1 General

For an LLS or network of detectors based on single detectors, the performance evaluation is the responsibility of the network operator.

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 provides valuable information for future alarm settings, preventive action improvements and increases the knowledge of the lightning environment at the target. It is recommended that this performance evaluation be based on a procedure established by the TWS manufacturer. In this procedure the user should provide information about previous experiences when available (e.g. number of alarms, potential failure to warn, effective alarms, false alarms, damages) with 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: data from other TWSs, meteorological radar or satellite, etc.;
- processing archived data to verify and adjust the settings of the alarm parameters.

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

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

$$FTWR = FTW / (FTW + EA) \quad (1)$$

- the POD_x probability of detection with a lead time of x min, that allows a time of at least x min that is sufficient to apply the preventing actions;
- distribution of POD_x as a function of x ;
- the false alarm ratio (FAR) determined as the number of the false alarms (FA) with respect to the total number of alarms (TNA);

$$FAR = FA / TNA \quad (2)$$

- the effective alarm ratio (EAR) determined as the number of the effective alarms (EA) with respect to the total number of alarms (TNA).

$$EAR = EA / TNA \quad (3)$$

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 time to clear (TTC).

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

- increasing the size of the monitoring area (MA) will increase the number of alarms, the lead time (LT) and total alarm duration (TAD) and will decrease the effective alarm ratio (EAR);
- reducing the size of the monitoring area (MA) is likely to increase the failure to warn ratio (FTWR) and the effective alarm ratio (EAR), but decrease the 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 decrease the effective alarm ratio (EAR);
- reducing the time to clear (TTC) tends to increase the total number of alarms (TNA).

See more details in Annex F.

9.2 Evaluation of a TWS by cross-correlation with other sources of information

One of the most consistent methods to evaluate the efficiency of a TWS is to compare the TWS log file of alarm status with the ground truth data for a period covering a representative number of alarms (a minimum of 30 EAs is recommended).

Ground truth data can be provided from a few sources such as LLS, video observation.

One example of such efficiency evaluation given in Annex D is based on data from an independent LLS. When an LLS is used for evaluation, the detection efficiency and location accuracy should be at minimum on the same values as given in IEC 62858 (80 % flash detection efficiency, 500 m median location accuracy).

It is useful to archive TWS delivered alarm status data in order to verify the TWS's efficiency, especially in case of malfunction or any doubt on the TWS performance.

In the case of an EFS based TWS, the optimization may consist, for example, in adjusting threshold values. In the case of an LLS based TWS, it is possible to adjust the size and shape of the monitoring area, as well as the alarm triggering criteria.

10 TWS application

In general terms, TWSs are useful to control, prevent or reduce loss of life, damage to goods/services or properties (with the economic losses associated) and environmental hazards. The application of a TWS shall consider a wide range of situations. In general terms, a TWS is intended to reduce consequences of dangerous events (LRE) by the use of temporary preventive measures that should remain during the time of risk due to lightning.

A TWS provides real-time information on atmospheric electric activity, so it may be advisable to implement preventive actions even in areas with low thunderstorm activity. The advisability of implementing these actions 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.

Typical preventive actions are listed below:

- evacuation (moving people to a safe place) or keeping them in a safe place;
- disconnection of the power line (provided insulation is sufficient);
- stopping or postponing dangerous activities;
- warning to an emergency team (e.g. fire brigade, service crew on duty);
- specific temporary measures (stopping critical processes, back-up of systems, connect to other networks or an uninterruptible power supply, etc.).

It is important to consider them carefully for each of the possible losses. To be effective, these preventive actions need to be implemented by means of adapted safety procedures.

Special care should be taken in case of risk of damage to people, since, although the loss of people may not be the most probable damage, the implications involved are indeed of great importance. Therefore, if temporary measures can be taken that effectively reduce the risk of damage to people, then a TWS is recommended.

Annex F provides examples of application of a TWS and Annex C provides a list of recommended preventive actions.

Annex A (informative)

Overview of the lightning phenomena

A.1 Origin of thunderclouds and electrification

Lightning is produced by electrified clouds (see [3], [4]), 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 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, atmospheric frontal surfaces (interaction of cold and warm fronts) and gust-front boundaries, orographic lifting (typical in mountains) and frontal surfaces. When a 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 vapour produces a cloud, and the latent heat released by the condensing vapour 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 in cumulonimbus clouds 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 cumulonimbus 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).

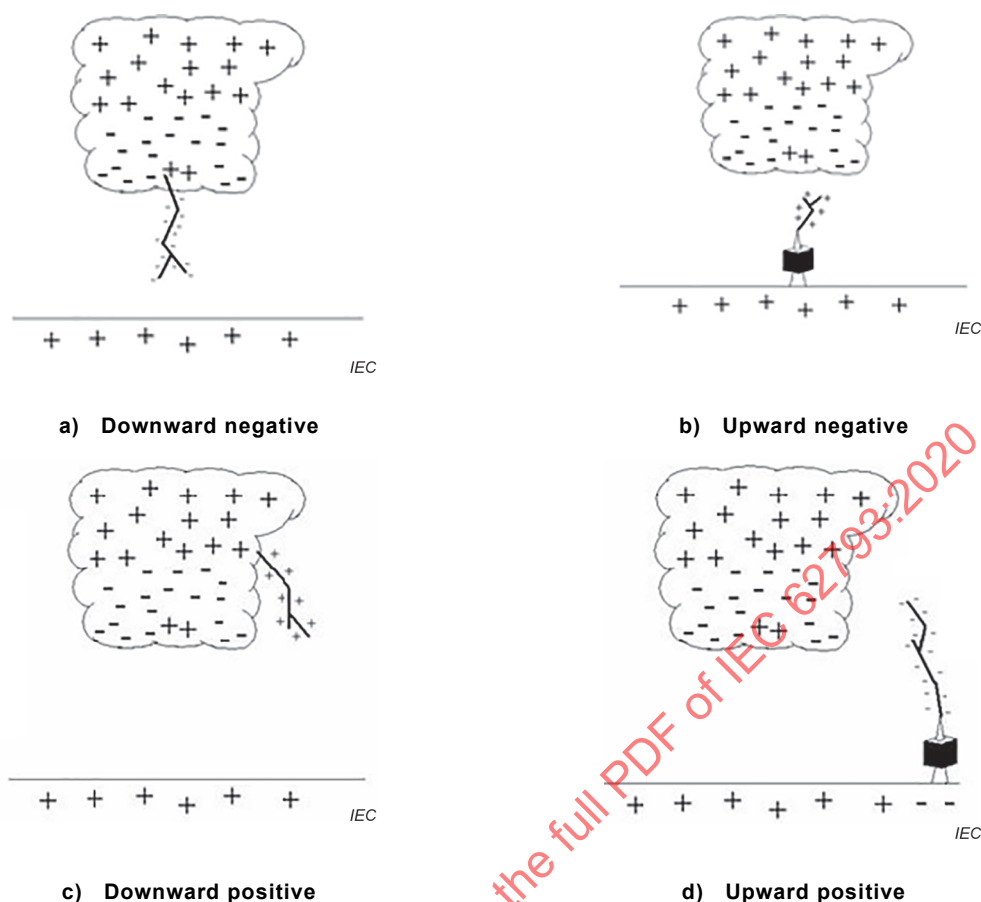


Figure A.1 – Standard lightning classifications

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 the return stroke front 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 [5] for more details on lightning parameters.

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 on 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 kilometres 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 [6], 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 kilometres.

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 [7].

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62793:2020

Annex B (informative)

Thunderstorm monitoring techniques

B.1 General

A single sensor TWS is able to detect a thunderstorm. In order to determine the location of individual lightning strikes, a multi-sensor lightning location system (LLS) is needed.

More details can be found in [8], [9], [10], [11], [12].

B.2 Single sensor detection techniques

B.2.1 Generalities

Thunderstorm detectors are related to the thunderstorm phases depending on the detectable phenomena. However, a thunderstorm detector can detect one or several phenomena.

B.2.2 Detector based on electrostatic field

This type of detector is able to detect a change in the electrostatic field in the area surrounding the sensor. Electrostatic field changes may be produced by the first electric effects in a thunderstorm. As the electrostatic effect is one of the first electrical effects, electrostatic field change is able to detect local thunderstorms at an early stage.

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 electric fields up to at least 20 kV/m (absolute value). 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.

These detectors 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 electrostatic field is dependent on the topological environment and nearby lightning causes rapid changes in the electrostatic field.

B.2.3 Detector based on electromagnetic field

This type of detector is able to detect the radiated electromagnetic fields caused by lightning, thus allowing to estimate the distance of the thunderstorm and to provide warning about its approach. The range of detection depends on the frequency bandwidth of the sensor.

In the case of measurement of an electric and magnetic field, the sensor may be able to give a piece of information about the direction where the thunderstorm is coming from. The distance may be estimated using the signal strength of the electromagnetic field.

B.3 Multi-sensor location techniques

B.3.1 Generalities

There are various kinds of multi-sensor lightning location techniques. The most common are listed below.

B.3.2 Magnetic direction finder (MDF)

The principle of magnetic direction finding is to use two orthogonal magnetic antennas measuring fields to determine the angle of incidence of the lightning radiated magnetic field. With two or more magnetic direction finders, locations of lightning strikes can be determined by calculating the intersection of the sensor reported directions.

B.3.3 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: nearer sensors will see the signal before remote ones.

B.3.4 Interferometry

Interferometry determines the angle of incidence by measuring the phase difference between closely spaced antennas.

NOTE A few systems combine MDF, TOA and/or interferometry to improve the performances.

Annex C (informative)

Recommended preventive actions

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 TWS. 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 TWS are listed. The number of alarm levels is defined by the user (in the example below there are two levels). These actions have a logical grading depending on the severity of the thunderstorm, which determines the activation level reached by the system.

a) No alarm

- normal operation in the target.

b) Triggering/clearing of alarms

1) Alarm level 1

- primary preventive actions consisting of informative notices, for example, remote, visual or acoustic messages;
- auxiliary power systems can be activated;
- do not plan or start activities in exposed zones.

2) Alarm 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.

3) Clearing of alarm

- back to normal operation in the target;
- when an LRE or LRC has occurred, inspect the state of the LPS depending on the regulations.

When needed the TWS can provide an alarm to warn the user that the TWS is faulty.

Examples of safety procedures for the reduction of risk outside a structure can also be found in [13].

Annex D (informative)

Example of TWS evaluation

D.1 Example of TWS evaluation on a wind turbine site

Wind turbines are covered by [14]. In this example, LLS 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 D.1 shows the CG lightning activity within 5 km around the wind turbine site for a period of fifteen years (2000-2014).

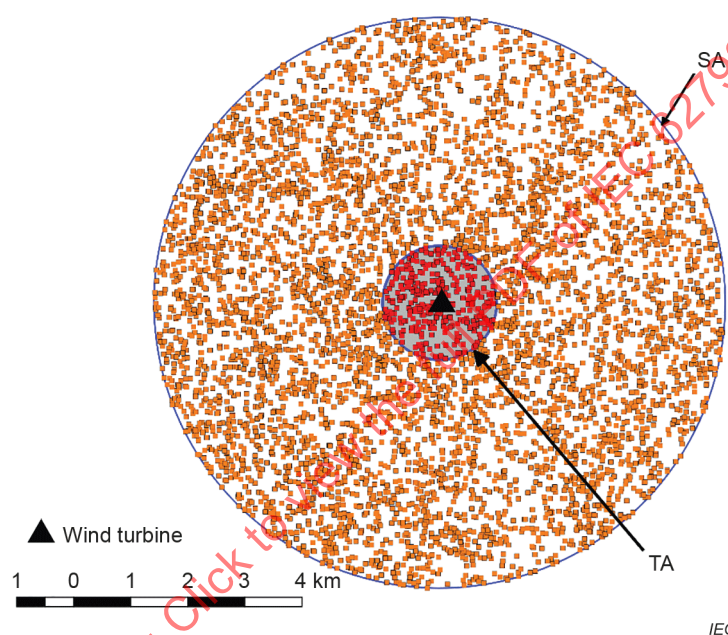


Figure D.1 – Lightning activity in the target (TA) in red and surrounding area (SA) in orange for a period of fifteen years (2000-2014)

The target 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 (as displayed in Figure D.1). The monitoring area (MA), not shown on this figure, 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);
- time to clear (TTC): 10 min, 20 min, 30 min.

All performance results are presented in Table D.1.

Table D.1 – Performance results of a TWS evaluation based on archived lightning data for a 15-year period (2000-2014), related to some of the key parameters

Radius MA (km)	Number of lightning inside MA used to trigger an alarm	Time between lightning inside MA used for triggering (min)	TTC (min)	TNA for a period of 15 years	TNA per year	EA	FTW	NEA	EAR	FTWR	POD	POD ₁₀	POD ₂₀
10	2	5	30	347	23	221	5	126	63,7 %	2,2 %	97,8 %	76,6 %	53,0 %
15	2	5	30	524	35	235	1	289	44,8 %	0,4 %	99,6 %	90,2 %	79,0 %
20	2	5	30	627	42	235	1	392	37,5 %	0,4 %	99,6 %	91,8 %	84,0 %
20	1	-	30	1 326	88	266	1	1 060	20,1 %	0,4 %	99,6 %	95,1 %	87,0 %
20	3	5	30	519	35	221	2	298	42,6 %	0,9 %	99,1 %	91,8 %	84,0 %
20	5	5	30	401	27	205	4	196	51,1 %	1,9 %	98,1 %	87,3 %	76,0 %
20	2	2	30	593	40	233	2	360	39,3 %	0,9 %	99,1 %	91,8 %	84,0 %
20	2	4	30	619	41	235	1	384	38,0 %	0,4 %	99,6 %	91,8 %	84,0 %
20	2	5	20	706	47	240	1	466	34,0 %	0,4 %	99,6 %	91,8 %	84,0 %
20	2	5	10	926	62	256	2	670	27,6 %	0,8 %	99,2 %	87,3 %	79,0 %
Key EA: effective alarm EAR: effective alarm ratio FTW: failure to warn FTWR: failure to warn ratio MA: monitoring area NEA: non-effective alarm POD: probability of detection POD ₁₀ : probability of detection with a lead time of 10 min or more POD ₂₀ : probability of detection with a lead time of 20 min or more TNA: total number of alarms TTC: time to clear In this example the number of false alarms FA = 0, radius of SA is 5 km, and radius of TA is 1 km. For the 15-year period the total number of LRE in SA and TA is 4 576 and 287, respectively.													

D.2 Evaluation of TWS efficiency using LLS

In this example, the system to be evaluated had generated 20 alarms. The efficiency has been evaluated based on the first 10 LREs where some CG lightning was effectively located in the target, see Table D.2.

These results are adapted from a real situation and are given as an example of the method used. Moreover, more data need to be used in order to provide some representative statistical metrics (at least 30 LREs).

Table D.2 – Example of delivered alarms evaluation

	Ground truth data (LLS data provided by an LLS with a 97 % detection efficiency and a 150 m location accuracy)		Results of the system to be evaluated	Evaluation			Comments
	Lightning related event (LRE)	1 st lightning occurrence in the surrounding area (within a 2 km radius area from the target TA)		Failure to warn	Alarm given in 10 min or more	False alarm	
1	30/04/2012	15:05	30/04/2012 14:00		☒		Efficient
2	05/05/2012	17:12	05/05/2012 16:38		☒		Efficient
3	-	-	25/05/2012 10:52			☒	No thunderstorm
4	15/06/2012	05:57	15/06/2012 05:25		☒		Efficient
5	-	-	12/07/2012 16:42				Thunderstorm without CG lightning in the SA
6	-	-	04/08/2012 18:58			☒	No thunderstorm
7	12/09/2012	12:31	12/09/2012 12:30				Insufficient lead time
8	-	-	05/10/2012 20:34			☒	No thunderstorm
9	-	-	11/11/2012 11:45				Thunderstorm without CG lightning in the SA
10	16/12/2012	10:35	16/12/2012 10:03		☒		Efficient
11	-	-	24/01/2013 22:34			☒	No thunderstorm
12	11/02/2013	06:43	no triggering	☒			Failure
13	-	-	30/03/2013 15:54				Thunderstorm without CG lightning in the SA
14	-	-	10/05/2013 19:35				Thunderstorm without CG lightning in the SA
15	06/06/2013	17:57	06/06/2013 17:47		☒		Efficient
16	07/06/2013	10:15	07/06/2013 09:35		☒		Efficient
17	07/06/2013	12:07	07/06/2013 12:39	☒			Alarm too late
18	-	-	14/07/2013 23:34				Thunderstorm without CG lightning in the SA
19	20/07/2013	18:19	no triggering	☒			Failure
20	-	-	01/08/2013 09:30				Thunderstorm without CG lightning in the SA

Main results:

	FTWR	POD	POD ₁₀	FAR	EAR
Results	30 %	70 %	60 %	20 %	30 %

$$\text{FTWR} = 3/10 = 30 \%$$

$$\text{FAR} = 4/20 = 20 \%$$

$$\text{POD} = 1 - \text{FTWR} = 70 \%$$

$$\text{EAR} = 6/20 = 30 \%$$

$$\text{POD}_{10} = 6/10 = 60 \%$$

Annex E (normative)

How to test thunderstorm detectors

E.1 General

Annex E applies only to outdoor thunderstorm detectors. Annex E does not apply to TWSs 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 TWSs is under consideration.

E.2 Laboratory tests

E.2.1 General

E.2.1.1 General conditions for the tests

Tests are carried out with the specimens assembled and installed as in normal use, in accordance with 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 three specimens, all of which shall comply with the requirements.

E.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.

E.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.

E.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 the tests by more than 30 K. The detectors shall be protected from heating or an excessive external cooling.

E.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 document, environmental tests shall be carried out in accordance with IEC 62561-4. 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, polytetrafluoroethylene – PTFE) 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.

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

The specimen used for E.2.2 shall be subjected to corrosion tests in accordance with IEC 62561-1 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 $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, they should not present any trace of corrosion on surfaces.

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

E.2.4 Mechanical tests

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

The sensor is subjected to a 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.

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

E.2.5 Index of protection confirmation (IP Code)

IP confirmation shall be performed in accordance with IEC 60529, on the specimen used for E.2.4.

Passing criteria: the specimen shall be in compliance with IEC 60529 requirements.

E.2.6 Electric tests

E.2.6.1 General

After the test of E.2.5, the specimen shall be subjected to the following electric tests.

The tests are carried out in accordance with IEC 61180.

E.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 centred 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 a 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 test mentioned in E.2.6.3. 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.

E.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 current 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 in accordance with 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 (in accordance with the manufacturer's specifications) on the remote control for that test should provide such a valid indication for the test mentioned in E.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.

E.2.7 Marking test

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

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

E.2.8 Electromagnetic compatibility (EMC)

E.2.8.1 Electromagnetic immunity

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

E.2.8.2 Electromagnetic emission

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

E.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 an average ground flash density of at least two flashes per km² per year (see IEC 62858 for adjusting the testing period to the lightning activity of the site).

NOTE When ground flash density is not available, two flashes per km² per year can be replaced by a yearly average number of thunderstorm days of twenty or above.

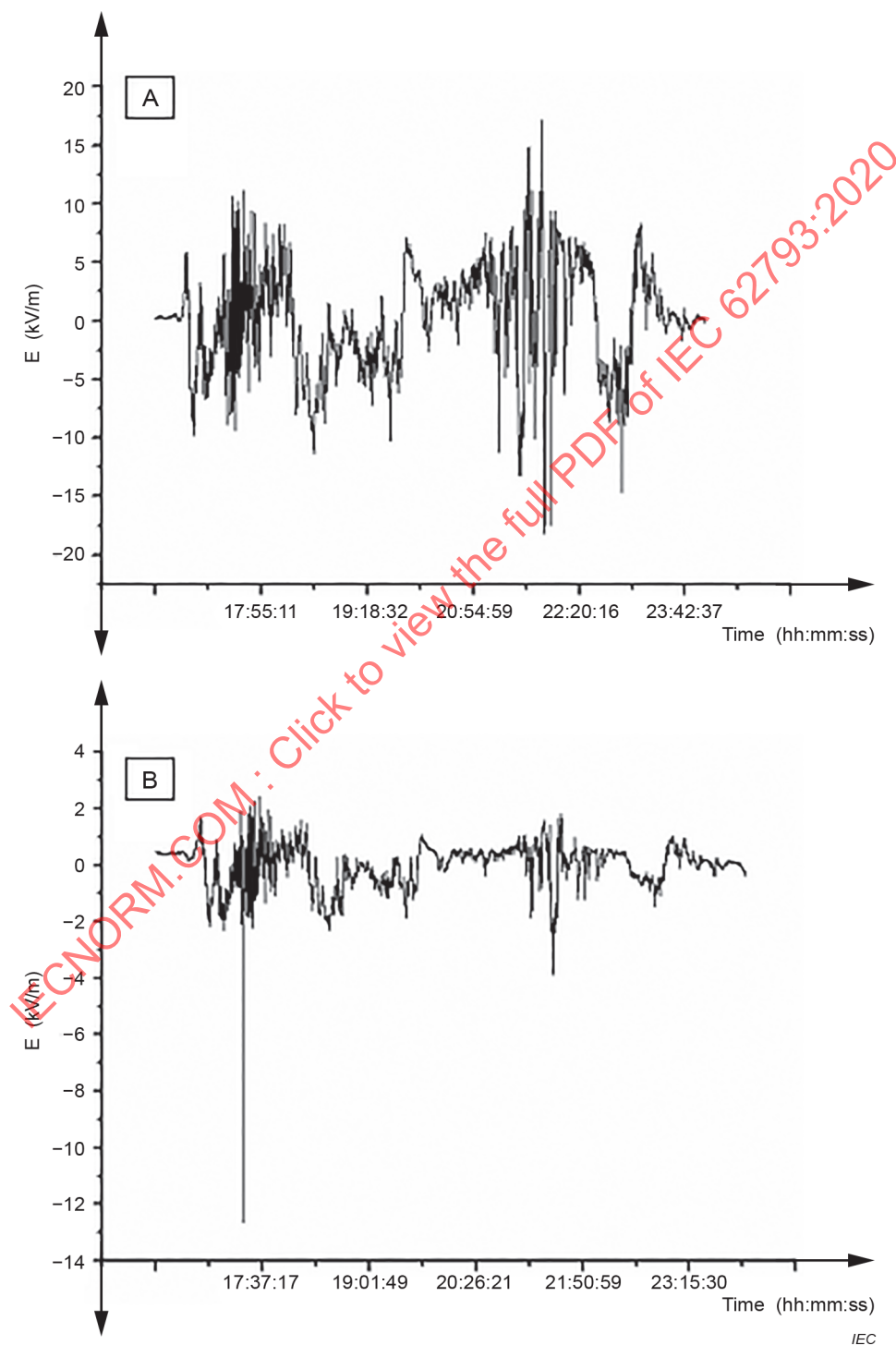
A lightning monitoring system should be used by this platform as a reference. This monitoring system should be validated by other means (to be determined and justified by the open air laboratory team, for example the parameters of the reference system may be checked under triggered lightning conditions) 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 analysing 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 E.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.



Top graph: Detector A; bottom graph: Detector B

Figure E.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 differences become greater. The software and techniques used by the thunderstorm detectors are 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 E.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 period 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.

Annex F (informative)

Application guide

F.1 General

In general terms, TWSs 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 TWSs shall consider a wide range of situations. In general terms, a TWS is intended to reduce risks associated with dangerous events (LREs) by means of anticipated preventive measures. It is not the purpose of a TWS to replace a lightning protection system or surge protective devices.

The advisability of implementing lightning preventive measures in a certain area depends on the characteristics of the activity performed, the public zones exposed to thunderstorms, human presence in these zones and the possibility of taking effective preventive actions as a consequence of the information provided by the TWS.

When human safety can be impaired by lightning events, a TWS should be used.

The check-list in Table F.1 will help the user to decide to use a TWS or not, provided that prevention measures can be adopted.

If the result of a risk evaluation in accordance with IEC 62305-2 concludes a TWS is requested, there is no need to use Table F.1.

NOTE In some cases, for example open air applications or temporary events, the risk method described in IEC 62305-2 generally cannot be used.

**Table F.1 – Identification of typical hazardous situations
where a TWS improves safety**

N°	Description
1	People in open areas involved in activities such as maintenance, labour, sports, competitions, agriculture and fisheries or situations where large crowds gather
2	Wind farms, large solar power systems, power lines
3	Occupational health and safety prevention
4	Sensitive equipment such as computer systems, emergency systems, alarms and safety equipment
5	Operational and industrial processes
6	Storage, processing and transportation of hazardous substances (e.g. flammable, radioactive, toxic and explosive substances)
7	Determined environments or activities with special danger of electrostatic discharges (e.g. space and flight vehicle operations)
8	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)
9	Infrastructures: ports, airports, railroads, motorways and cableways
10	Civil defence of the environment: forest fires, land slide and floods
11	Wide networks (e.g. power lines, telecommunication lines) may also benefit from having early detection of thunderstorms
12	Third party effect (e.g. risk of loss of power due to a strike on a power line)
13	Safety in the workplace (activities that imply a risk in the workplace in case of a thunderstorm)

F.2 Examples of application of a TWS

F.2.1 Golf course

A golf course is a place where people like to be for playing whatever is the weather including stormy conditions. People are in open areas, sometimes far away from a shelter protected against lightning according to IEC 62305 (all parts). A lightning strike can cause loss of human life or serious injuries to people. It is then very highly recommended to implement a TWS to provide a warning for the golfers and sufficient LT (typically 10 min to 30 min) should be given to allow them to go back to a safe place by cart or even on foot. Safe places are structures such as the Club House protected by a sufficient LPS and additional fully protected shelters may also exist along the golf course, especially when the golf course is large enough to need more than 15 min lead time. The FTWR should be very low (10 % maximum to ensure people safety, considering individual risk).

F.2.2 Oil storage facility

An oil storage facility is usually protected against lightning damages thanks to natural components. A few points need additional consideration such as vents on the top of the tanks or sensors entering the tanks. Usually the risk can be mitigated by usual protection means such as lightning rods to protect the vents from direct strikes or surge protective devices and shielded cables to avoid that the sensor lines in explosive areas triggering a spark.

However, when oil is transferred from a ship to the tanks or from one tank to another or from a tank to a lorry, there is a risk of creating additional explosive areas or leakage. In case of lightning this could turn into fire or explosions. To cover this risk, there is no other way than to do the following:

- Prevent the oil transfer during stormy periods, by means of a TWS with a low FTWR (5 % maximum considering the risk for a group of people and/or to the environment) and an LT sufficient for the people to be in a safe place when the first lightning strike occurs (typically 15 min). When preventive actions require a longer LT, for example 30 min, this may cause more false alarms.
- When the oil transfer starts, it is generally not stopped, especially when the transfer is made from a ship. In that case, the TWS is used to keep people safe during the transfer and to ensure that the fire safety brigade is ready to intervene in case of a fire triggered by lightning.

F.2.3 Crane

A crane is a workplace that presents a human risk in case of a thunderstorm. In the example of a crane implementing a lightning protection system at level I (maximum lightning protection level as per IEC 62305-2), risk evaluation (human risk) provides the results shown in Figure F.1:

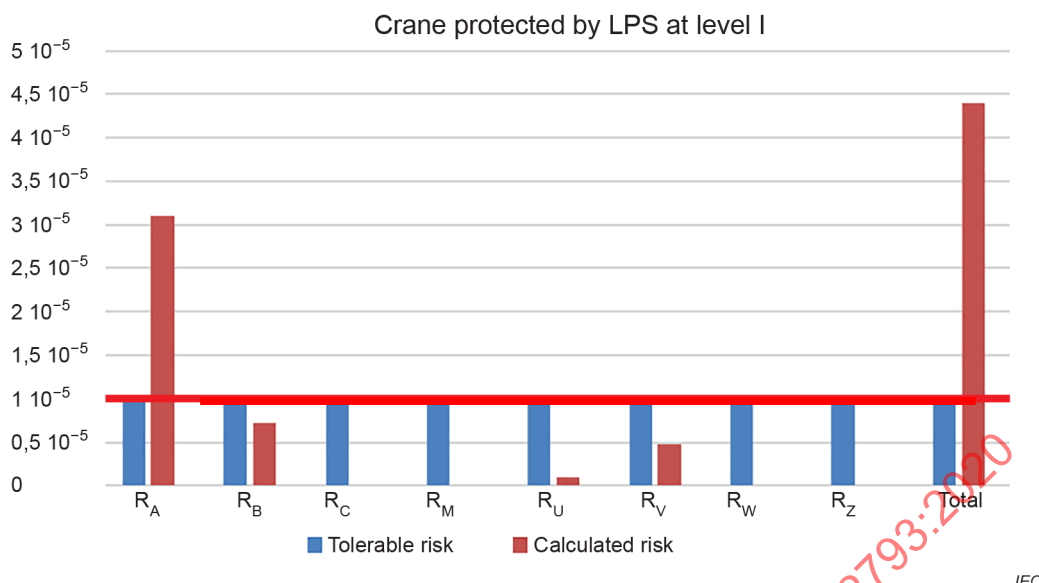


Figure F.1 – Human risk calculated for a crane with LPS at level I

As can be seen in Figure F.1, the risk is higher than the tolerable risk (horizontal red line).

The main risk components are (according to IEC 62305-2):

- R_A safety risk for people near the tower base (touch and step voltages);
- R_B direct strike on the crane that can create a hazard to people;
- R_U risk of shock to people inside the cabin;
- R_V risk for equipment inside the crane that can create a hazard to people.

The highest protection level given in IEC 62305-2 (level I) does not decrease the risk component R_A (safety risk for people near the crane) sufficiently. A TWS needs to be implemented for people safety in addition to the LPS. The FTWR should be very low (10 % maximum to ensure people safety, considering individual risk).

F.3 Selection of parameters of TWS

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

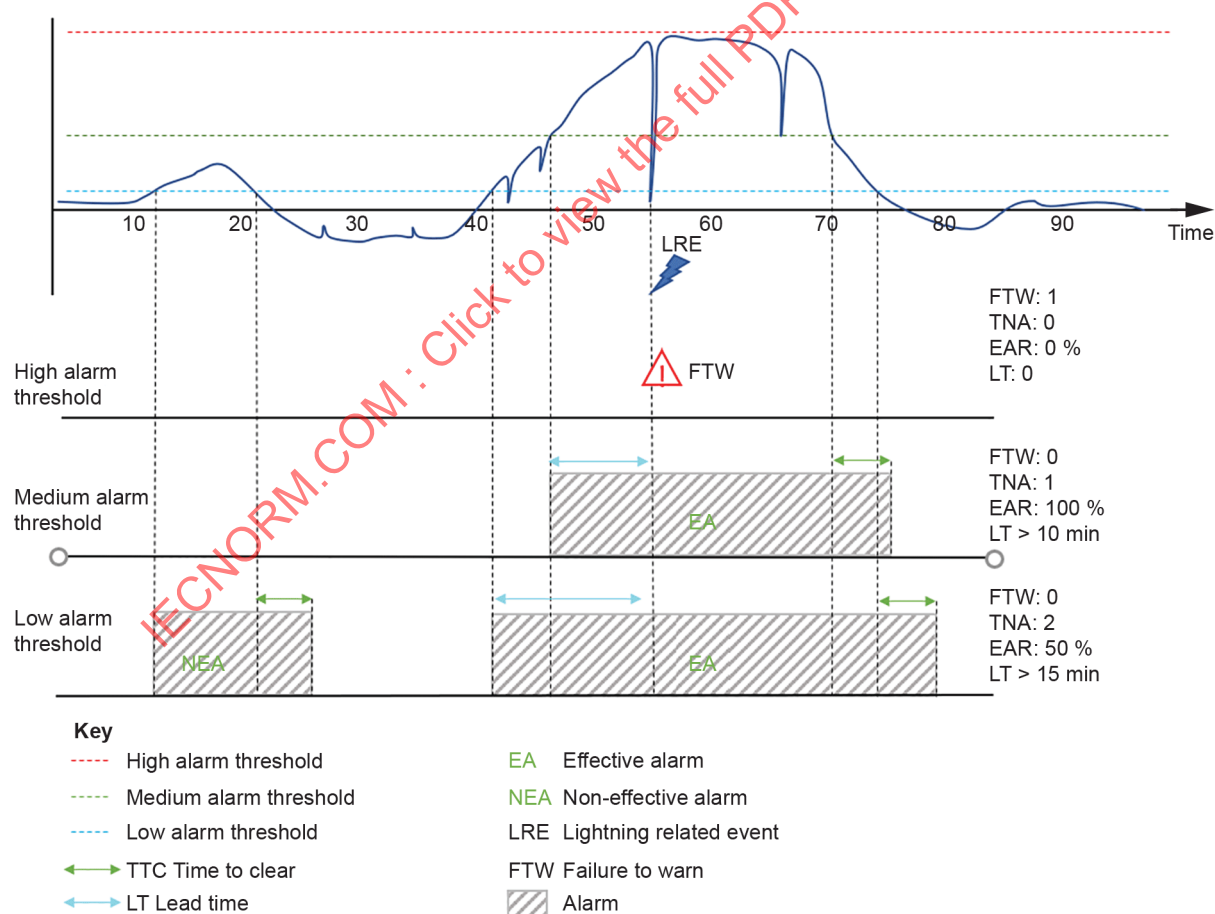
- a minimum false alarm ratio (FAR) and a minimum time to clear (TTC) are required in applications where the cost of service interruption is huge;
- a minimum failure to warn ratio (FTWR) is required in applications where human safety is involved;
- a sufficient lead time (LT) is required in applications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

Many parameters can be adjusted to obtain the required alarm performance. Table F.2 provides, for an electrostatic field sensor and a lightning location system, an illustration of the effect of changing only one parameter, namely the alarm threshold (electrostatic field level) for an EFS and the size of the monitoring area for an LLS.

Table F.2 – Example of effect of settings on alarm performance

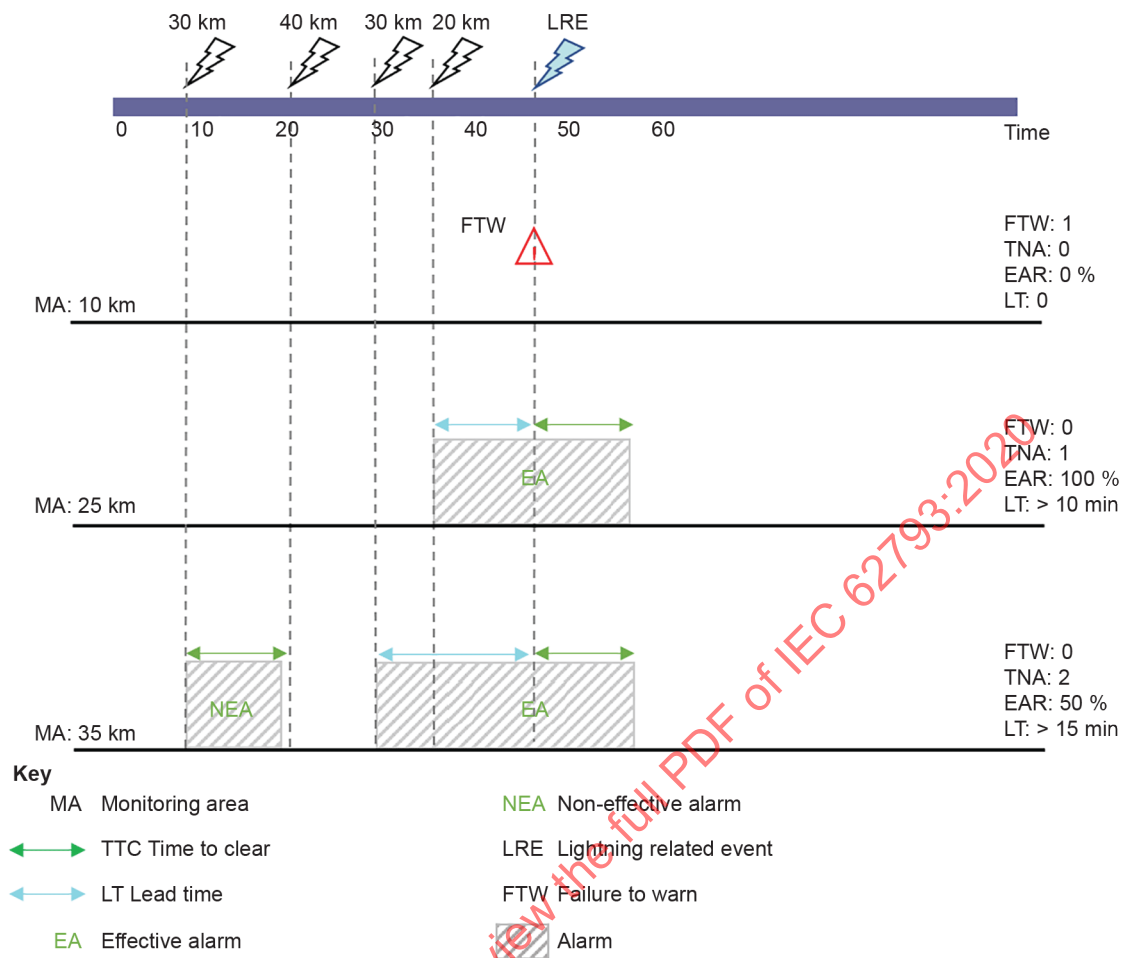
	Electrostatic field sensor	Lightning location system
	Reducing alarm threshold (see Figure 3 a)	Reducing monitoring area (MA)
FTWR	↓	↑
EAR	↓	↑
POD ₁₀	↑	↓
LT	↑	↓

Figure F.2 and Figure F.3 give theoretical simplified examples to show the effects of the settings for a TWS based on an EFS or based on an LLS. The graphics give three different settings for field threshold (see Figure F.2) or monitoring area (see Figure F.3). Applying those settings to a TWS, the results show the consequences of choosing a small field threshold/monitoring area (possibility of failure to warn) or a large field threshold/monitoring area (more non-effective alarms). This can represent for example a case where two thunderstorm cells are passing in vicinity of the target, one reaching the target (LRE) and one just passing-by (non-effective alarms).



IEC

Figure F.2 – Example of the alarms given by a TWS based on an EFS with three different field thresholds



IEC

Figure F.3 – Example of the alarms given by a TWS based on an LLS with three different radii of the monitoring area

Bibliography

- [1] IEC 62305 (all parts), *Protection against lightning*
 - [2] IEC 62858, *Lightning density based on lightning location systems (LLS) – General principles*
 - [3] Rakov, V. A., Uman, M. A., *Lightning: Physics and Effects*, Ed. Cambridge University Press, 2003
 - [4] Betz, H.D., Schumann, U., Laroche, P., *Lightning: principles, instruments and applications: review of modern lightning research*. Springer, 2008
 - [5] CIGRE Brochure 549, *Lightning parameters for engineering applications*, Task Force C4.407, 2013
 - [6] L. Rivas Soriano and F. de Pablo (2007), *Total flash density and the intracloud/cloud-to-ground lightning ratio over the Iberian Peninsula*, Journal of Geophysical Research VOL. 112, D13114, doi:10.1029/2006JD007624
 - [7] 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
 - [8] ACRP Report 8: *Lightning-Warning Systems for Use by Airports*. ISBN: 978-0-309-11752-4, published by US Transportation Research Board in 2008
 - [9] Murphy, M.J, et al. (2008), *Cloud to ground lightning warnings using electric field mill and lightning observation*, paper presented at International Lightning Detection Conference, Tucson, USA.
 - [10] Aranguren, D, et al.(2009), *On the lightning hazard warning using electrostatic field: analysis of summer thunderstorms in Spain*, Atmospheric research, doi:10.1016/j.elstat.2009.01.023
 - [11] Schmitt, S. (2016), *Thunderstorm warning systems: why lightning detection networks should be considered as one of the most relevant solution in western Europe*, paper presented in International Lightning Detection Conference (ILDC), San Diego, USA
 - [12] Nag, A, et al. (2015), *Lightning locating systems: insights on characteristics and validation techniques*, Earth & space science, DOI: 10.1002/2014EA000051
 - [13] IEC TR 62713, *Safety procedures for reduction of risk outside a structure*
 - [14] IEC 61400-24, *Wind energy generation systems – Part 24: Lightning protection*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	47
INTRODUCTION	49
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives	50
3 Termes, définitions et termes abrégés	51
3.1 Termes et définitions	51
3.2 Termes abrégés	55
4 Phases d'un orage et phénomènes détectables pour le déclenchement d'une alarme	56
5 Description des détecteurs d'orage et de leurs propriétés	57
6 Méthode d'alerte	58
6.1 Généralités	58
6.2 Zones	58
6.2.1 Cible (TA)	58
6.2.2 Zone environnante (SA)	59
6.2.3 Zone de surveillance (MA)	59
6.2.4 Zone de couverture (CA)	59
6.3 Déclenchement et fin d'alarme	60
6.4 Transmission des informations d'alarme	62
7 Installation	62
8 Maintenance	63
9 Evaluation des performances	63
9.1 Généralités	63
9.2 Evaluation d'un TWS par corrélation croisée avec d'autres sources d'informations	65
10 Application des TWS	65
Annexe A (informative) Présentation du phénomène des éclairs	67
A.1 Origine des nuages d'orage et de l'électrification	67
A.2 Phénomène des éclairs	67
A.3 Caractéristiques électriques de l'orage et de la foudre utiles pour la prévention	69
A.3.1 Champ électrostatique	69
A.3.2 Champ électromagnétique	69
A.3.3 Autres paramètres utiles pour la détection des éclairs	70
Annexe B (informative) Techniques de surveillance des orages	71
B.1 Généralités	71
B.2 Techniques de détection à capteur unique	71
B.2.1 Généralités	71
B.2.2 Détecteur fondé sur le champ électrostatique	71
B.2.3 Détecteur fondé sur le champ électromagnétique	72
B.3 Techniques de localisation multicapteurs	72
B.3.1 Généralités	72
B.3.2 Compas magnétique (MDF)	72
B.3.3 Temps d'arrivée (TOA)	72
B.3.4 Interférométrie	72

Annexe C (informative) Actions préventives recommandées	73
Annexe D (informative) Exemple d'évaluation d'un TWS	74
D.1 Exemple d'évaluation d'un TWS sur le site d'une éolienne	74
D.2 Evaluation des capacités d'un TWS à l'aide d'un LLS	75
Annexe E (normative) Comment procéder à des essais de détecteurs d'orage	77
E.1 Généralités	77
E.2 Essais en laboratoire	77
E.2.1 Généralités	77
E.2.2 Résistance aux essais de rayonnement UV (pour les boîtiers de capteurs non métalliques)	77
E.2.3 Essais de résistance à la corrosion (pour les parties métalliques d'un capteur)	78
E.2.4 Essais mécaniques	78
E.2.5 Confirmation de l'indice de protection (Code IP)	79
E.2.6 Essais électriques	79
E.2.7 Essai du marquage	80
E.2.8 Compatibilité électromagnétique (CEM)	80
E.3 Essais facultatifs sur une plateforme en plein air en conditions d'orage naturelles	80
Annexe F (informative) Guide d'application	84
F.1 Généralités	84
F.2 Exemples d'applications d'un TWS	85
F.2.1 Terrain de golf	85
F.2.2 Installation de stockage de pétrole	85
F.2.3 Grue	85
F.3 Choix des paramètres du TWS	86
Bibliographie	90
Figure 1 – Exemples de différentes zones cibles et environnantes	59
Figure 2 – Principes de la zone de couverture (CA), de la zone de surveillance (MA), de la zone environnante (SA) et de la cible (TA)	60
Figure 3 – Exemple d'alarme	62
Figure A.1 – Classification normalisée des éclairs	68
Figure D.1 – Activité orageuse de la cible (TA) en rouge et de la zone environnante (SA) en orange sur une période de quinze ans (2000-2014)	74
Figure E.1 – Différence de mesures du champ électrique pendant un même orage	82
Figure F.1 – Risques humains calculés pour une grue avec LPS de niveau I	86
Figure F.2 – Exemple d'alarmes fournies par un TWS qui repose sur un EFS pour trois seuils de champ différents	88
Figure F.3 – Exemple d'alarmes fournies par un TWS qui repose sur un LLS pour trois rayons différents de la zone de surveillance	89
Tableau 1 – Paramètres liés aux technologies de capteurs	57
Tableau 2 – Caractéristiques d'un capteur local	58
Tableau 3 – Alarmes liées aux LRE	62
Tableau D.1 – Résultats de performance d'une évaluation du TWS fondée sur les données d'archive relatives aux orages sur une période de 15 ans (2000-2014), associés à certains paramètres clés	75

Tableau D.2 – Exemple d'évaluation des alarmes délivrées	76
Tableau F.1 – Identification des situations à risques types dans lesquelles un TWS améliore la sécurité	84
Tableau F.2 – Exemple d'effet des réglages sur les performances d'alarme	87

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62793:2020

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SYSTÈMES D'ALERTE AUX ORAGES –
PROTECTION CONTRE LA FOUDRE****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.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

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

- les appareils portatifs ne sont plus couverts par la présente norme;
- à l'Article 5, les classes de TWS ont été supprimées;
- à l'Article 6, des figures mises à jour et un texte plus précis fournissent une meilleure représentation de la chronologie de l'alarme;

- à l'Article 9, le texte a été synthétisé et fait désormais référence au guide d'application de l'Annexe F;
- les annexes ont été réorganisées;
- l'Annexe E est normative.

La présente version bilingue (2021-02) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2020-09.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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 de décès.

La foudre:

- peut affecter les événements sportifs, culturels et politiques qui donnent lieu à une forte concentration de personnes, lorsqu'ils se déroulent en plein air; 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 tous types de circulations (celle des personnes, de l'énergie, de l'information, etc.);
- a conduit à une augmentation régulière du nombre annuel d'accidents et de pertes en raison de l'utilisation de plus en plus répandue de composants électroniques sensibles aux effets de la foudre (dans l'industrie, les transports et les communications);
- peut représenter un danger dans le cadre d'activités qui comportent 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 qui peuvent s'avérer 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 dépend dans une large mesure des risques en jeu et des décisions planifiées à prendre. Le présent document propose une liste indicative des actions possibles (voir Annexe C).

La foudre et les orages, comme de nombreux phénomènes naturels, sont soumis à des incertitudes statistiques. Il n'est donc pas possible d'obtenir des informations précises sur le moment et le lieu où un éclair isolé va frapper. Toutefois, le présent document définit des paramètres statistiques qui permettent à l'utilisateur de choisir les mesures appropriées.

SYSTÈMES D'ALERTE AUX ORAGES – PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les caractéristiques des systèmes d'alerte aux orages (TWS, *Thunderstorm Warning Systems*), afin de mettre en œuvre des mesures préventives contre les dangers de la foudre.

Des capteurs uniques et/ou des réseaux de capteurs (système de localisation de la foudre, par exemple) peuvent être utilisés comme TWS.

Le présent document indique les exigences applicables aux capteurs et aux réseaux de collecte de données précises pour les paramètres pertinents, qui fournissent des informations en temps réel sur la foudre et l'activité électrique atmosphérique. Il décrit les applications des données collectées par ces capteurs et ces réseaux sous la forme d'alertes et de données historiques.

Le présent document inclut:

- une description générale des techniques disponibles en matière de TWS;
- des lignes directrices relatives aux méthodes de déclenchement d'alertes;
- des exemples d'actions préventives possibles donnés à titre d'information.

Les éléments suivants ne relèvent pas du domaine d'application du présent document:

- a) les systèmes de protection contre la foudre; ces systèmes sont couverts par l'IEC 62305 (toutes les parties) [1]¹;
- 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;
- d) les appareils portatifs (appareil dans lequel le capteur n'est pas fixé).

NOTE Il est possible que l'étalonnage et les essais des appareils portatifs ne suffisent pas à fournir des alertes efficaces.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 62561-4, *Composants de système de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 4: Exigences pour les fixations de conducteur*

IEC 62561-1, *Composants de système de protection contre la foudre (CSPF) – Partie 1: Exigences pour les composants de connexion*

IEC 60068-2-75:2014, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais au marteau*

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la bibliographie.

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 61180, *Techniques des essais à haute tension pour matériels à basse tension – Définitions, exigences et modalités relatives aux essais, matériel d'essai*

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

3 Termes, définitions et termes abrégés

3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

alarme

information qui indique qu'une zone définie est susceptible d'être affectée par des orages et par les phénomènes de foudre qui les accompagnent (LRE)

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 de l'efficacité de détection (DE) 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

efficacité de détection

DE

pourcentage de décharges de foudre détectées par un capteur ou un réseau

Note 1 à l'article: L'abréviation "DE" est dérivée du terme anglais développé correspondant "detection efficiency".

3.1.5

alarme effective

EA

alarme au cours de laquelle un phénomène de foudre (LRE) se manifeste dans la zone environnante (SA), sur la durée totale de l'alarme (TAD)

Note 1 à l'article: Une alarme effective peut uniquement être évaluée si les LRE sont surveillés. Lorsque les LRE ne sont pas surveillés, les conditions de foudre (LRC) peuvent définir une alarme valide; voir Figure 3 a).

Note 2 à l'article: L'abréviation "EA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "effective alarm".

3.1.6

taux d'alarme effective

EAR

nombre d'alarmes effectives (EA) rapporté au nombre total d'alarmes (TNA)

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

3.1.7

durée de maintien de l'alarme

TTC

période qui s'étend de la dernière manifestation d'un phénomène de foudre (LRE) dans la zone de surveillance (MA) au déclenchement de la fin 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 (LRE) dans la zone environnante (SA) 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 qui impliquent des phénomènes de foudre (LRE) qui ont affecté la zone environnante (SA)

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 en l'absence d'activité orageuse dans la zone de surveillance (MA)

EXEMPLE Une alarme due à un dysfonctionnement de l'équipement du TWS ou une alarme déclenchée par un signal quelconque non lié à un orage (neige, sable, perturbations électromagnétiques, etc.).

3.1.11

taux de fausses alarmes

FAR

nombre de fausses alarmes rapporté au nombre total d'alarmes (TNA)

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

3.1.12

capteur de champ électrostatique

EFS

appareil destiné à une surveillance continue du champ électrique statique atmosphérique, dans lequel se trouve le capteur, associé aux orages

EXEMPLE Un moulin à champ électrique.

Note 1 à l'article: L'abréviation "EFS" est dérivée du terme anglais développé correspondant "electrostatic field sensor".

3.1.13**éclair nuage-nuage****IC**

décharge électrique d'origine atmosphérique 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 "intra-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 (LRE) dans la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: Il convient d'achever toute action préventive efficace avant la fin du délai d'anticipation.

Note 2 à l'article: Un délai d'anticipation peut uniquement être évalué si les LRE sont surveillés. Lorsque les LRE ne sont pas surveillés, les conditions de foudre (LRC) peuvent définir une estimation du délai d'anticipation; voir Figure 3 a).

Note 3 à l'article: L'abréviation "LT" est dérivée du terme anglais développé correspondant "lead time".

3.1.15**phénomène de foudre****LRE**

phénomène où un ou plusieurs éclairs nuage-sol (CG) surviennent à l'intérieur de la zone environnante (SA)

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

3.1.16**conditions de foudre****LRC**

champ électrique statique qui a atteint un niveau suffisamment élevé pour s'attendre à la survenue d'un éclair à tout moment dans la zone environnante (SA)

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

3.1.17**précision de localisation médiane**

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

3.1.18**zone de surveillance****MA**

zone géographique dans laquelle l'activité orageuse ou l'activité orageuse à venir (la survenue d'un éclair est attendue à tout moment) est surveillée afin de produire des alertes valides pour la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: La zone de surveillance est de taille inférieure ou égale à la zone de couverture.

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

3.1.19**action préventive**

action de nature temporaire, qu'il convient d'achever avant la fin du délai d'anticipation (LT), entreprise sur la base d'informations préventives et comprise dans les plans d'urgence

3.1.20

zone environnante

SA

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

Note 1 à l'article: Tout phénomène de foudre (LRE) qui survient dans la zone environnante (SA) est potentiellement dangereux pour la cible. Cette zone est utilisée lors de l'évaluation d'un système d'alerte aux orages (TWS) afin d'établir les paramètres de performance tels que le taux de défaillance d'alerte (FTWR).

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

3.1.21

cible

TA

objet pour lequel ou zone pour laquelle une alerte aux orages est nécessaire

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

3.1.22

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'orage peuvent consister en un détecteur unique ou en un réseau de détecteurs interconnectés.

Note 2 à l'article: Par définition, un orage n'existe que lorsque le premier coup de foudre survient.

3.1.23

système d'alerte aux orages

TWS

système composé d'un ou de plusieurs détecteurs d'orage capables de surveiller l'activité orageuse ou l'activité orageuse à venir dans la zone de surveillance (MA) et d'outils qui permettent de traiter les données acquises pour déclencher une alarme (alerte) valide en cas de phénomène de foudre (LRE) ou de conditions de foudre (LRC) pour une zone environnante (SA) définie

Note 1 à l'article: Dans certains pays, les TWS sont appelés "systèmes d'alerte à la foudre".

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

3.1.24

durée totale de l'alarme

TAD

période entre le début et la fin d'une alarme

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

3.1.25

probabilité de détection

POD

nombre d'alarmes effectives (EA) rapporté au nombre total de situations qui impliquent des phénomènes de foudre (LRE) qui ont affecté la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: $POD = 1 - FTWR$.

Note 2 à l'article: L'abréviation "POD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "probability of detection".

3.1.26**probabilité de détection avec un délai d'anticipation de x min****POD _{x}**

nombre d'alarmes effectives (EA) délivrées avec un délai d'anticipation (LT) supérieur ou égal à x min rapporté au nombre total de situations qui impliquent des phénomènes de foudre (LRE) qui ont affecté la zone environnante (SA)

Note 1 à l'article: POD₁₀ est le pourcentage d'alarmes délivrées avec un délai d'anticipation (LT) supérieur ou égal à 10 min.

3.1.27**alarme non effective****NEA**

alarme survenue en l'absence de phénomène de foudre (LRE) dans la zone environnante (SA) sur la durée totale de l'alarme (TAD)

Note 1 à l'article: Une alarme effective peut uniquement être évaluée si les LRE sont surveillés. Lorsque les LRE ne sont pas surveillés, les conditions de foudre (LRC) peuvent définir une alarme valide; voir Figure 3 a).

Note 2 à l'article: L'abréviation "NEA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "non-effective alarm".

3.1.28**nombre total d'alarmes****TNA**

somme du nombre de fausses alarmes, d'alarmes effectives et d'alarmes non effectives

Note 1 à l'article: TNA = EA + FA + NEA.

Note 2 à l'article: L'abréviation "TNA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "total number of alarms".

3.2 Termes abrégés

CA	coverage area (zone de couverture)
CG	cloud-to-ground lightning (éclair nuage-sol)
CC	courant continu
DE	detection efficiency (efficacité de détection)
EA	effective alarm (alarme effective)
EAR	effective alarm ratio (taux d'alarme effective)
EFS	electrostatic field sensor (capteur de champ électrostatique)
CEM	compatibilité électromagnétique
FA	fausse alarme
FAR	false alarm ratio (taux de fausses alarmes)
FTW	failure to warn (défaillance d'alerte)
FTWR	failure to warn ratio (taux de défaillance d'alerte)
HT	haute tension
IC	intra-cloud lightning (éclair nuage-nuage)
IP	indice de protection
LA	location accuracy (précision de localisation)
LF	low frequency (basse fréquence)
LLS	lightning location system (système de localisation de la foudre)
LPS	lightning protection system (système de protection contre la foudre)
LT	lead time (délai d'anticipation)
LRC	lightning related conditions (conditions de foudre)

LRE	lightning related event (phénomène de foudre)
MA	monitoring area (zone de surveillance)
MCS	mesoscale convective systems (systèmes convectifs de mésoéchelle)
MDF	magnetic direction finder (compas magnétique)
NEA	non-effective alarm (alarme non effective)
POD	probability of detection (probabilité de détection)
POD _x	probabilité de détection avec un délai d'anticipation de x min
SA	surrounding area (zone environnante)
TA	target (cible)
TAD	total alarm duration (durée totale de l'alarme)
TNA	total number of alarms (nombre total d'alarmes)
TOA	time of arrival (temps d'arrivée)
TTC	time to clear (durée de maintien de l'alarme)
TWS	thunderstorm warning system (système d'alerte aux orages)
UV	ultraviolets
VHF	very high frequency (très haute fréquence)
VLF	very low frequency (très basse fréquence)

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

Quatre phases distinctes, relatives aux phénomènes détectables, peuvent être identifiées avant le cycle de vie d'un orage (voir Annexe A):

- Phase 1 ou phase initiale

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. Le champ électrique statique ou une variation du champ électrique statique est considéré comme étant le premier phénomène détectable d'un orage.

NOTE 1 Les champs électriques statiques peuvent être source de dangers potentiels, par exemple des décharges électriques statiques, même en l'absence d'activité orageuse.

- Phase 2 ou phase de croissance

Cette phase, parfois également appelée phase de développement, est caractérisée par la manifestation de la première décharge de foudre (IC ou CG). Le premier IC apparaît après un développement partiel des zones du nuage qui portent une charge électrique. Cependant, dans certains cas de figure, il n'y a pas de délai clairement défini entre le premier IC et le premier CG.

NOTE 2 Un IC représente généralement la majorité de l'activité électrique totale générée par un orage. Des variations significatives des taux IC/CG sont observées pour chaque orage.

- Phase 3 ou phase de maturité

Cette phase se caractérise par la présence d'éclairs à la fois CG et IC.

- Phase 4 ou phase de dissipation

Cette phase se caractérise par la décroissance du nombre d'éclairs IC et CG et la réduction de la variation du champ électrique statique à l'amplitude observée par beau temps.

5 Description des détecteurs d'orage et de leurs propriétés

Il existe plusieurs façons de détecter les orages. Les moyens suivants peuvent être utilisés:

- a) un détecteur local (par exemple moulin à champ ou capteur de champ électrostatique);
- b) un réseau de détecteurs (par exemple moulins à champ ou capteurs de champ électrostatique interconnectés);
- c) un système de localisation de la foudre (voir l'IEC 62858 [2]).

Le Tableau 1 fournit les principaux paramètres liés aux technologies de capteurs.

Tableau 1 – Paramètres liés aux technologies de capteurs

Paramètre	Capteur de champ électrostatique (détecteur local ou réseau)	Capteur électromagnétique (détecteur local)	Système de localisation de la foudre
CG		X ^a	X
EA	X	X	X
NEA	X	X	X
EAR	X	X	X
FTW	X	X	X
FTWR	X	X	X
IC		X ^a	X
LA			X
LT	X	X	X
LRC	X		
LRE	X	X	X
POD	X	X	X
POD _x	X	X	X
TAD	X	X	X
TTC	X	X	X
^a Les éclairs nuage-sol (CG) et nuage-nuage (IC) peuvent ne pas être différenciés.			

Un détecteur local détecte un orage à proximité du capteur. En détectant le champ électrostatique, un détecteur local peut produire une alerte avant la survenue du premier éclair IC/CG dans la zone environnante. Un réseau de détecteurs locaux fournit les mêmes informations, mais à plus grande échelle. Un LLS produit des alertes locales à partir d'une vue globale d'une zone étendue (performance uniforme), les capacités de localisation de la foudre et le suivi des orages permettant de fournir un LT plus important lorsque des orages approchent la cible.

Les capteurs locaux sont capables de mesurer les conditions locales (champ électromagnétique ou électrostatique). Leurs caractéristiques sont décrites dans le Tableau 2.

Un réseau de capteurs est capable, en fonction de ses performances, d'indiquer la distance et la direction de l'orage et de localiser les éclairs isolés (se référer à l'IEC 62858).

Tableau 2 – Caractéristiques d'un capteur local

Technologie	Paramètre principal détecté	Phases d'orage selon l'Article 4	Portée (en km)	Avantages	Inconvénients	Maintenance
Détecteur local (fondé sur le champ électromagnétique)	Champ électromagnétique	2,3,4	Plusieurs dizaines de km	Portée importante	Efficacité de détection limitée et faible précision Pas de détection précoce au moment où le premier CG frappe la SA	Aucune maintenance particulière n'est nécessaire; se référer aux instructions du fabricant.
Détecteur local (fondé sur le champ électrostatique)	Champ électrostatique	1,2,3,4	Jusqu'à 20 km	Détection des orages qui approchent la SA et qui se forment dans celle-ci	Portée restreinte Aucune information relative à la localisation des éclairs.	Aucune maintenance particulière n'est nécessaire en l'absence de parties mobiles. Il peut être nécessaire de remplacer les parties mobiles, le cas échéant, en cas de détérioration et d'obstruction. Dans les deux cas, se référer aux instructions du fabricant.

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 cible dans laquelle le phénomène de foudre (LRE) représente une menace. Une alarme découle de la surveillance de l'activité orageuse, aussi bien des éclairs nuage-sol (CG) ou nuage-nuage (IC) que du champ électrique statique dans la zone de surveillance (MA) ou d'une combinaison de ces éléments. Ces informations peuvent également être combinées à des observations météorologiques supplémentaires (par exemple radar météorologique).

La configuration d'une alarme comprend trois étapes:

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

Il convient de documenter ces trois étapes. Les lignes directrices concernant la façon de configurer une alarme sont données ci-dessous.

6.2 Zones

6.2.1 Cible (TA)

Il convient que la description précise de la cible inclue les extensions physiques dans lesquelles l'alerte est nécessaire. La cible peut:

- être réduite à un point unique (Figure 1 a)), par exemple une tour sur laquelle travaillent des opérateurs ou une usine de taille réduite;

- être de taille étendue (par exemple grands immeubles, parcs éoliens, parcours de golf: Figure 1 b));
- également prendre en compte les services auxquels elle est connectée, par exemple ligne électrique, ligne de communication ou canalisations métalliques (Figure 1 c)).

NOTE Pour un système sensible aux surtensions dans une structure connectée à une ligne électrique, la partie de la ligne prise en considération se limite en général à une distance de 1 km de la structure, conformément à l'IEC 62305-2.

6.2.2 Zone environnante (SA)

La zone environnante définit un périmètre très proche de la source (voir Figure 1), dans lequel la manifestation d'un LRE ou d'une LRC indique un risque élevé.

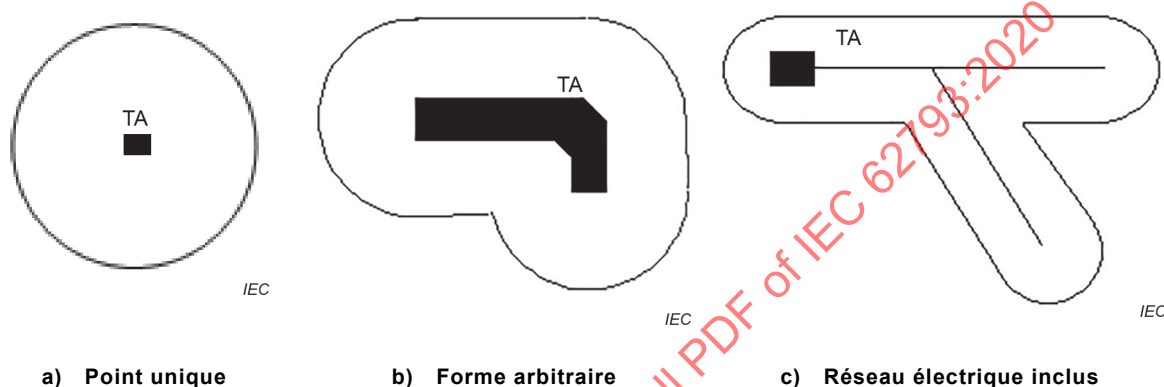


Figure 1 – Exemples de différentes zones cibles et environnantes

6.2.3 Zone de surveillance (MA)

La zone de surveillance est la zone dans laquelle l'alarme se déclenche en cas d'orage ou de conditions d'orage imminent. Il convient d'adapter la taille et la forme de la zone de surveillance aux besoins de l'utilisateur (LTEAR, etc.). L'utilisation de détecteurs locaux peut ne pas permettre l'ajustement de la MA.

6.2.4 Zone de couverture (CA)

Lorsque la zone de surveillance (MA) est définie, il convient que le système de détection dispose d'une zone de couverture (CA) qui inclue la zone de surveillance. En règle générale, pour les détecteurs locaux, CA = MA.

Si la CA dépasse largement la MA, les données en temps réel peuvent fournir des informations complémentaires (par exemple, suivi des cellules orageuses).

Les principes de la zone de couverture (CA), de la zone de surveillance (MA), de la zone environnante (SA) et de la cible (TA) sont représentés à la Figure 2.

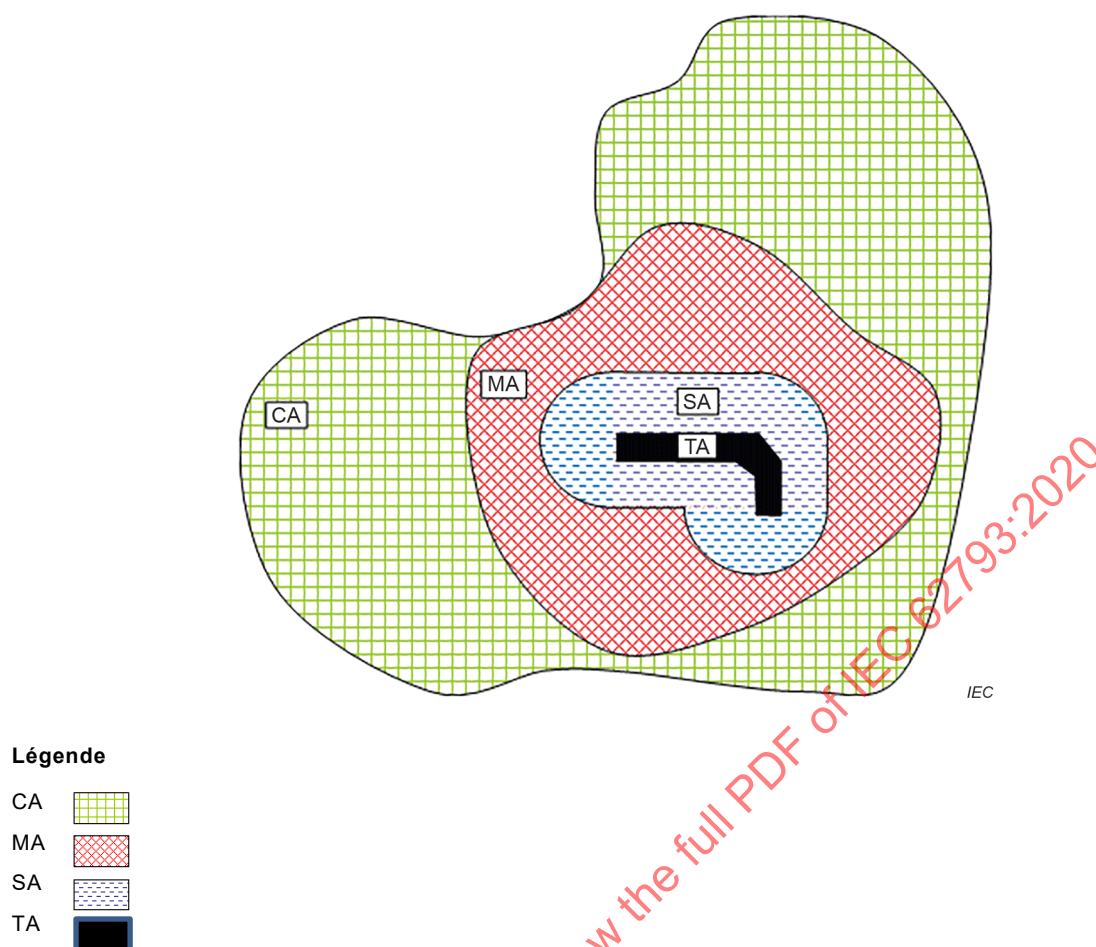


Figure 2 – Principes de la zone de couverture (CA), de la zone de surveillance (MA), de la zone environnante (SA) et de la cible (TA)

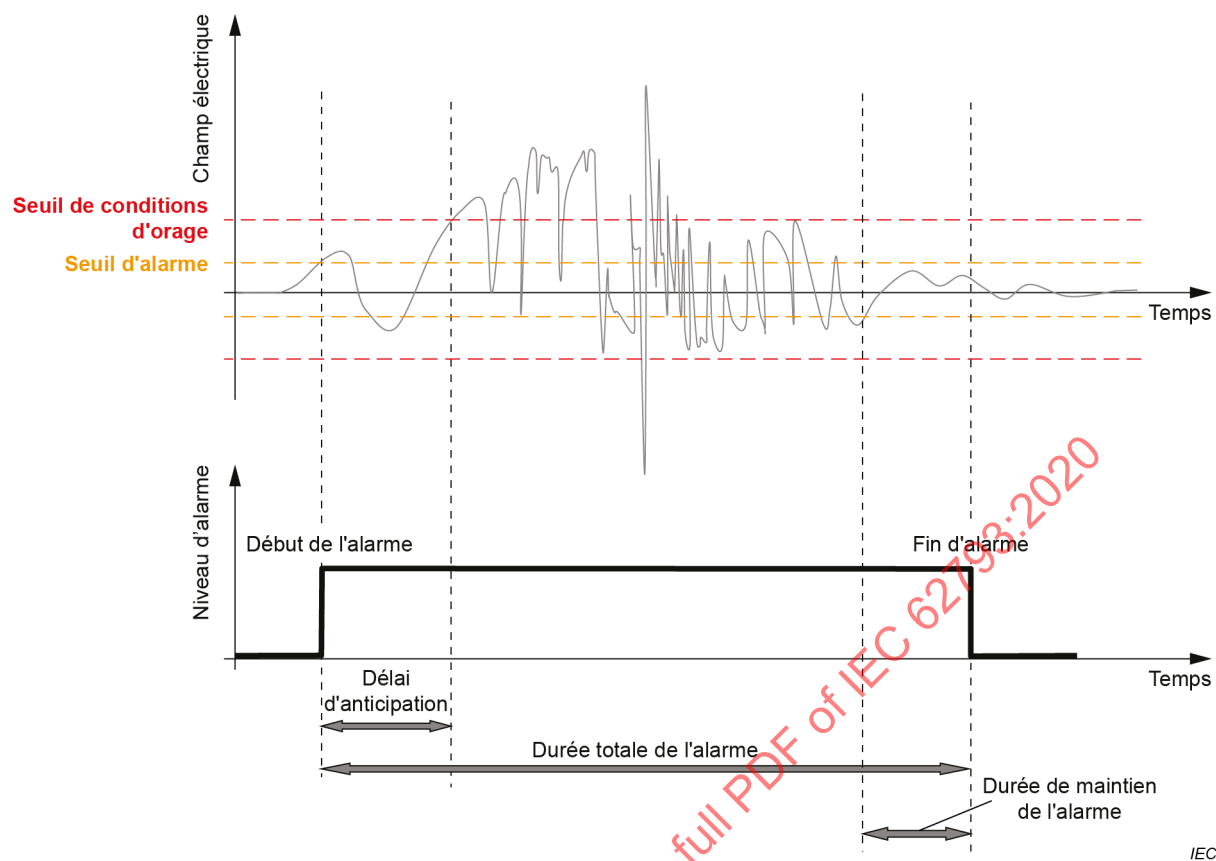
6.3 Déclenchement et fin d'alarme

Généralement, une alarme est déclenchée dès qu'un orage ou que des conditions d'orage sont détectés dans la zone de surveillance (MA).

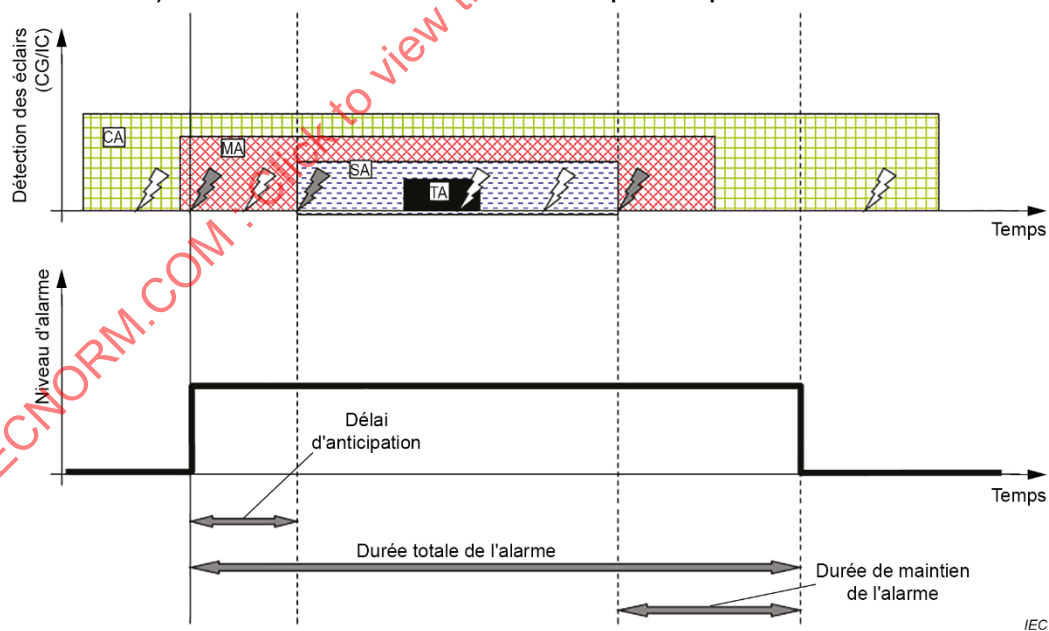
NOTE Pour certaines applications, il peut être utile de diviser la MA en deux zones associées à deux procédures distinctes (par exemple, la première procédure peut être associée à l'évacuation des personnes qui se trouvent dans une zone dangereuse, et la seconde procédure peut être associée au découplage d'un réseau et à l'utilisation d'un groupe électrogène).

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, manifestation d'un ou de plusieurs éclairs nuage-sol (CG), d'un ou de plusieurs éclairs nuage-nuage (IC), d'un certain niveau de champ électrostatique, de la polarité du champ électrostatique et de la combinaison de certains de ces critères).

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



a) Alarme fondée sur la mesure du champ électrique



b) Alarme fondée sur la détection des éclairs

Légende

CA	
MA	
SA	
TA	

NOTE 1 Le seuil de conditions d'orage représente les conditions liées à une probabilité élevée de LRE. Lorsque ce seuil est atteint, une alarme peut être considérée comme une alarme valide.

NOTE 2 Le délai d'anticipation de la Figure 3 a) est un délai estimé à des fins de comparaison avec la Figure 3 b) uniquement, car, par définition, le délai d'anticipation ne peut être calculé que lorsqu'un LRE se produit et qu'il est surveillé.

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 se produise dans la zone environnante.

Afin d'éviter de modifier trop fréquemment l'état d'alerte, le TWS peut disposer d'une durée de maintien de l'alarme (TTC) permettant de maintenir l'alarme pendant une période minimale. Les systèmes qui utilisent le niveau de champ électrostatique pour déclencher l'alarme peuvent également utiliser le champ électrostatique pour l'arrêter.

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

Le Tableau 3 récapitule la façon dont les alarmes effectives (EA), les alarmes non effectives (NEA), les fausses alarmes (FA) et les défaillances d'alerte (FTW) sont comptabilisées.

Tableau 3 – Alarmes liées aux LRE

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 délivrée	EA	NEA ou FA
Aucune alarme n'a été délivrée	FTW	–

6.4 Transmission des informations d'alarme

Il convient de définir une procédure et un protocole de fourniture d'alarme clairs, afin de garantir la bonne réception des informations d'alerte par l'utilisateur final. Il convient que ce soit le cas au moins au début de l'alarme ainsi qu'à la fin lorsque cela est demandé.

Il est recommandé d'envisager plusieurs méthodes de communication pour envoyer les alarmes, afin d'augmenter la fiabilité. Dans tous les cas, une méthode de secours est recommandée.

Il est nécessaire de surveiller les défauts des TWS et des liaisons de communication, et de notifier l'utilisateur final des défauts potentiels détectés qui peuvent affecter la disponibilité et la fiabilité de l'alarme.

NOTE Certains utilisateurs préfèrent utiliser une procédure d'alarme automatique (par exemple, des voyants de différentes couleurs (vert/orange/rouge), des sirènes) sans action humaine, tandis que d'autres préfèrent que leur procédure d'alarme repose sur une décision humaine locale après analyse des données d'alerte.

7 Installation

Pour un LLS ou un réseau de détecteurs, l'opérateur du réseau est responsable de l'installation.

NOTE Pour un LLS ou un réseau de détecteurs, il n'est pas nécessaire d'installer un détecteur à l'intérieur ou à proximité de la cible.

Pour un détecteur d'orage unique, le TWS doit être installé conformément aux instructions du fabricant et dans les meilleures conditions 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. Les performances des détecteurs d'orage sont susceptibles d'être affectées par plusieurs facteurs; toute nouvelle installation peut donc nécessiter une période d'ajustement préalable avant que son fonctionnement ne soit considéré comme optimal. Ces ajustements doivent être réalisés par un spécialiste familiarisé avec l'application, en collaboration avec le fabricant du TWS, ou par un technicien spécialement formé par ledit fabricant.

Il convient d'étudier la protection contre la foudre et contre les chocs afin de s'assurer que des impacts de foudre directs et des surtensions induites ne peuvent pas affecter le TWS, en particulier lorsqu'un détecteur d'orage unique est utilisé.

Une installation conforme aux instructions et une étude préalable sont des facteurs clés pour le bon fonctionnement d'un système d'alerte aux orages.

8 Maintenance

Pour un LLS ou un réseau de détecteurs qui repose sur plusieurs détecteurs uniques, l'opérateur du réseau est responsable de la maintenance.

Pour un détecteur d'orage unique, il convient que la période de maintenance du TWS soit indiquée dans les instructions du fabricant. Elle peut dépendre de la localisation et de l'environnement. Les essais de l'Annexe E fournissent des informations concernant la résistance du capteur aux conditions environnementales (UV, pollution marine et industrielle, poussière, etc.). La maintenance des systèmes intégrés à un TWS, y compris la fourniture d'alarme, est indispensable. La précision des informations fournies par un TWS dépend directement 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 l'unité de commande, ainsi qu'entre le TWS et les utilisateurs finaux.

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

Il convient de disposer de méthodes d'autovérification en temps réel afin de s'assurer que le TWS fonctionne toujours correctement. Le fournisseur du TWS doit s'assurer du bon fonctionnement de l'ensemble de la chaîne, depuis l'acquisition des données relatives à la foudre jusqu'à la fourniture d'une alarme à l'utilisateur.

Le respect des instructions de maintenance constitue un facteur clé du comportement à long terme d'un système d'alerte aux orages.

9 Evaluation des performances

9.1 Généralités

Pour un LLS ou un réseau de détecteurs qui repose sur plusieurs détecteurs uniques, l'opérateur du réseau est responsable de l'évaluation des performances.

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 de l'utilisateur final.

L'évaluation des performances fournit des informations précieuses pour les futurs réglages de l'alarme, mais aussi pour améliorer les actions préventives et mieux connaître l'environnement orageux au niveau de la cible. Pour cette évaluation des performances, il est recommandé de s'appuyer sur une procédure établie par le fabricant du TWS. 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, alarmes effectives, fausses alarmes, dommages) avec 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: données fournies par d'autres TWS, des radars météorologiques ou des satellites, etc.;
- traitement des données d'archives afin de vérifier et d'ajuster le réglage des paramètres d'alarme.

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

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

$$FTWR = FTW / (FTW + EA) \quad (1)$$

- probabilité de détection avec un délai d'anticipation de x min, POD_x , admettant un délai d'au moins x min, suffisant pour appliquer les actions préventives;
- distribution de POD_x en fonction de x ;
- taux de fausses alarmes (FAR), défini comme le nombre de fausses alarmes (FA) rapporté au nombre total d'alarmes (TNA);

$$FAR = FA / TNA \quad (2)$$

- taux d'alarme effective (EAR), défini comme le nombre d'alarmes effectives (EA) rapporté au nombre total d'alarmes (TNA).

$$EAR = EA / TNA \quad (3)$$

Les principaux paramètres qui peuvent 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 de l'alarme (TTC).

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

- l'élargissement de la zone de surveillance (MA) entraîne une augmentation du nombre d'alarmes, du délai d'anticipation (LT) et de la durée totale de l'alarme (TAD) et une diminution du taux d'alarme effective (EAR);
- la réduction de la zone de surveillance (MA) est susceptible d'augmenter le taux de défaillance d'alerte (FTWR) et le taux d'alarme effective (EAR), mais de réduire le délai d'anticipation (LT);
- l'augmentation de la sensibilité du critère de déclenchement entraîne une diminution du taux de défaillance d'alerte (FTWR) et une augmentation du délai d'anticipation (LT), mais est susceptible de réduire le taux d'alarme effective (EAR);
- la réduction de la durée de maintien de l'alarme (TTC) tend à augmenter le nombre total d'alarmes (TNA).

Pour plus d'informations, voir Annexe F.

9.2 Évaluation d'un TWS par corrélation croisée avec d'autres sources d'informations

Une des méthodes les plus cohérentes pour évaluer les capacités d'un TWS consiste à comparer le fichier journal des états d'alarme du TWS aux données de terrain sur une période qui couvre un nombre représentatif d'alarmes (un minimum de 30 EA est recommandé).

Les données de terrain peuvent provenir de quelques sources telles que des LLS, des systèmes de vidéosurveillance.

Un exemple d'une telle évaluation des capacités donné en Annexe D repose sur des données fournies par un LLS indépendant. Lorsqu'un LLS est utilisé pour l'évaluation, il convient que l'efficacité de détection et la précision de localisation soient au minimum équivalentes aux valeurs données dans l'IEC 62858 (efficacité de détection des éclairs de 80 %, précision de localisation médiane de 500 m).

Il est utile d'archiver les données relatives aux états d'alarme fournies par le TWS afin de vérifier les capacités de ce dernier, notamment en cas de dysfonctionnement ou de doute concernant les performances du TWS.

Dans le cas d'un TWS qui repose sur un EFS, l'optimisation peut par exemple consister à ajuster les valeurs seuils. Dans le cas d'un TWS qui repose sur un LLS, il est possible d'ajuster la taille et la forme de la zone de surveillance, ainsi que les critères de déclenchement de l'alarme.

10 Application des TWS

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. L'application d'un TWS doit prendre en compte un large éventail de situations. D'une manière générale, un TWS a pour objectif de réduire les conséquences de phénomènes dangereux (LRE) au moyen de mesures préventives temporaires qu'il convient de maintenir pendant la période de risque dû à la foudre.

Un TWS fournit des informations en temps réel sur l'activité électrique atmosphérique. Aussi, il peut être conseillé de mettre en œuvre des actions préventives même dans les zones de faible activité orageuse. Le degré de pertinence de la mise en œuvre de ces actions dépend des caractéristiques des activités 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.

Les actions préventives types sont les suivantes:

- évacuation (déplacement des personnes vers un lieu sûr) ou maintien des personnes en lieu sûr;
- déconnexion de la ligne électrique (à condition que l'isolement soit suffisant);
- arrêt ou report des activités dangereuses;
- alerte d'une équipe d'urgence (pompiers, équipe de service);
- mesures temporaires spécifiques (arrêt des processus essentiels, sauvegarde des systèmes, connexion à d'autres réseaux ou à une alimentation sans interruption, etc.).

Il est important de les envisager avec précaution pour chacune des pertes possibles. Pour qu'elles soient efficaces, il est nécessaire de mettre en œuvre ces actions préventives au moyen de procédures de sécurité adaptées.

Il convient de prendre des précautions particulières en cas de risque de dommages aux personnes, dans la mesure où, bien que les pertes humaines puissent ne pas constituer les dommages les plus probables, leurs conséquences sont d'une importance majeure. Par conséquent, si des mesures temporaires qui réduisent de manière efficace le risque de dommages aux personnes peuvent être prises, alors un TWS est recommandé.

L'Annexe F présente des exemples d'applications d'un TWS et l'Annexe C fournit une liste des actions préventives recommandées.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62793:2020

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 (voir [3], [4]), 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 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 atmosphériques (interaction de fronts froids et de fronts chauds) 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 s'élève 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 température de la parcelle descend au-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, sont réunies.

Les cellules orageuses types des cumulonimbus se caractérisent par un diamètre de 10 km, une altitude du sommet du nuage qui atteint 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 qui peuvent 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 de type cumulonimbus 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 au niveau 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 nuage-nuage (IC) qui impliquent les principales zones négative et positive. Si la décharge se déclenche au niveau ou à proximité de la limite inférieure de la couche négative, elle peut produire un traceur descendant négatif et une décharge nuage-sol (CG).

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 lorsque le nuage d'orage a atteint un certain niveau d'électrisation. Les éclairs nuage-nuage se manifestent généralement plusieurs minutes avant 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 normale des éclairs. Les éclairs descendants sont les plus courants; les éclairs ascendants sont généralement produits par des structures de hauteur importante (des structures de plus de 100 m de hauteur, ou des structures de plus petite taille en zone montagneuse).

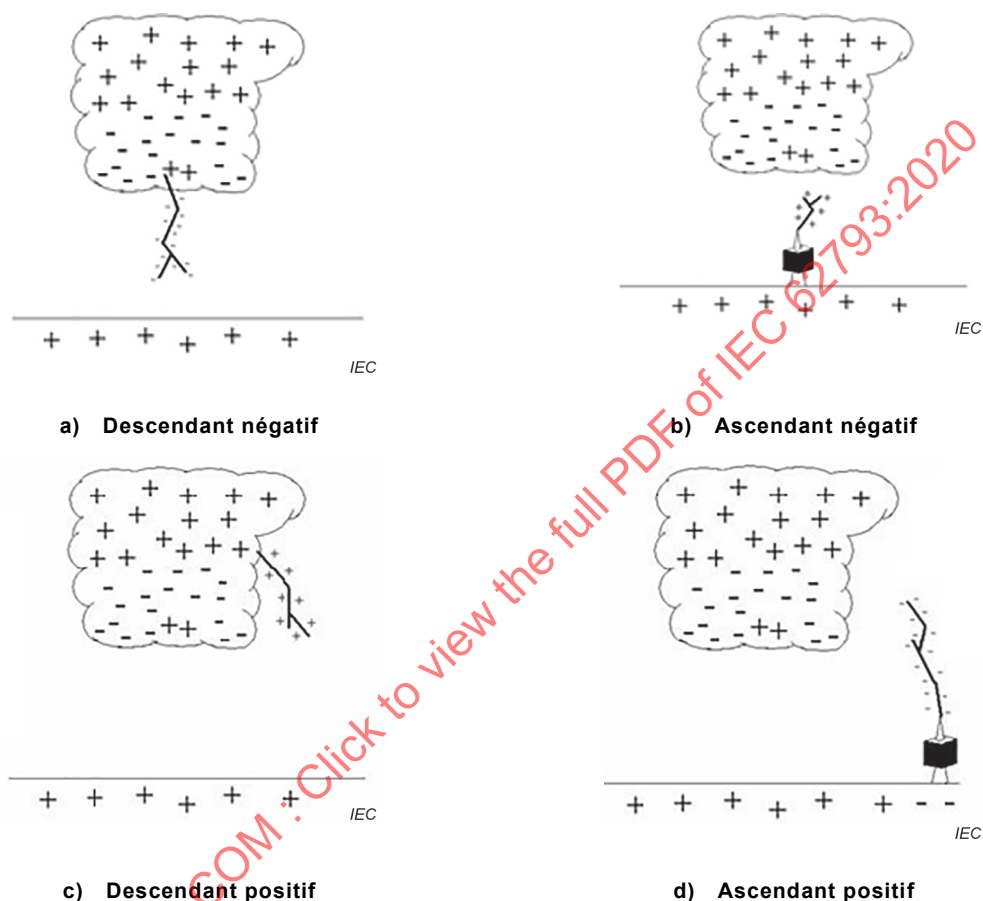


Figure A.1 – Classification normalisée des éclairs

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 CG positifs. Généralement, un éclair négatif descendant commence par la formation d'une rupture diélectrique 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 négatif 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, puis le front de la décharge en retour 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 [5] pour plus d'informations concernant les paramètres de foudre.

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 électrique observé par beau temps. Ainsi, mesurer le champ électrique d'un orage lorsqu'il se développe ou lorsqu'il s'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 variations du champ électrostatique n'est pas une méthode courante.

A.3.2 Champ électromagnétique

A.3.2.1 Généralités

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

Par localisation des éclairs nuage-sol (CG), nuage-nuage (IC) ou des deux types, un orage peut être suivi 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 IC que d'éclairs CG [6], ce qui permet 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) s'effectue généralement dans la plage des basses ou très basses fréquences (LF/VLF), 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. Le taux d'éclairs correspond au nombre d'éclairs par unité de temps; ce paramètre est généralement 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 pourcentage élevé d'éclairs CG positifs par rapport aux éclairs 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 [7].

Annexe B (informative)

Techniques de surveillance des orages

B.1 Généralités

Un TWS à capteur unique est capable de détecter un orage. Pour localiser les coups de foudre de façon individuelle, un système de localisation de la foudre (LLS) multicapteur est nécessaire.

Davantage d'informations peuvent être obtenues dans les documents [8], [9], [10], [11] et [12].

B.2 Techniques de détection à capteur unique

B.2.1 Généralités

Les détecteurs d'orage sont liés 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.

B.2.2 Détecteur fondé sur le champ électrostatique

Ce type de détecteurs est capable de détecter une variation dans le champ électrique statique de la zone environnante du capteur. Les variations du champ électrique statique peuvent être produites par les premiers effets électriques d'un orage. L'effet électrique statique étant l'un des premiers effets électriques, une variation du champ électrostatique permet de détecter les orages locaux à un stade précoce.

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 du fait de 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 des champs électriques allant jusqu'à au moins 20 kV/m (valeur absolue). 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 relatives à ces variations sont nécessaires pour l'application du capteur, une fréquence d'échantillonnage minimale correspondant à un échantillon par seconde est recommandée.

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.

Ces détecteurs sont en mesure de détecter la présence ou non d'un nuage chargé d'électricité. Cependant, il n'existe pas de valeur seuil clairement définie pour le niveau d'intensité de champ électrique statique au-delà duquel commencent les premières décharges de foudre. Le champ électrique statique dépend de la topologie, et les impacts de foudre à proximité provoquent de brusques variations dans ce champ.

B.2.3 Détecteur fondé sur le champ électromagnétique

Ce type de détecteur est capable de détecter le champ électromagnétique rayonné engendré par la foudre, permettant ainsi d'estimer la distance de l'orage et de fournir une alerte à son approche. La plage de détection dépend de la largeur de bande de fréquence du capteur.

En cas de mesure d'un champ électrique et magnétique, le capteur peut être capable de fournir une information concernant la distance depuis laquelle l'orage approche. La distance peut être estimée à l'aide de l'intensité du signal du champ électromagnétique.

B.3 Techniques de localisation multicapteurs

B.3.1 Généralités

Il existe plusieurs types de techniques de localisation de la foudre multicapteurs. Les plus courants sont répertoriés ci-dessous.

B.3.2 Compas magnétique (MDF)

Le principe d'un compas magnétique consiste à utiliser deux antennes magnétiques orthogonales qui mesurent les champs afin de déterminer l'angle d'incidence du champ magnétique de foudre rayonné. Avec deux compas magnétiques ou plus, l'emplacement des coups de foudre peut être déterminé en calculant le point d'intersection des directions indiquées par les capteurs.

B.3.3 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 plus proches reçoivent le signal avant les capteurs distants.

B.3.4 Interférométrie

L'interférométrie permet de déterminer l'angle d'incidence en mesurant les différences de phase entre deux antennes proches.

NOTE Quelques systèmes combinent MDF, TOA et/ou interférométrie pour améliorer les performances.

Annexe C (informative)

Actions préventives recommandées

Les actions préventives qui génèrent une meilleure connaissance du danger de foudre et/ou d'électrisation d'un nuage d'orage dépendent fortement de la situation de risque. Il convient donc d'évaluer ces actions et de les appliquer dans le cadre d'un plan d'action détaillé.

Il existe une grande variété de situations et d'équipements qui peuvent nécessiter la mise en œuvre d'un TWS. Ainsi, il convient que les actions entreprises à partir d'une analyse qui résulte des informations de prévention fournies par ce système soient spécifiquement définies par l'utilisateur final ou par un concepteur spécialement dédié à cette mise en œuvre. A ces fins, il convient de prendre en considération soit les plans de sécurité et d'urgence, soit les possibilités de modifications techniques à apporter aux processus et aux systèmes.

Il convient de garder à l'esprit que la décision d'entreprendre des actions préventives peut impliquer des actions (automatiques, manuelles, messages sonores, etc.) systématisées dans leurs propres processus.

Afin de fournir des recommandations concernant les actions préventives possibles, quelques exemples de directives qui peuvent être mises en œuvre à partir des informations préventives données par le TWS sont énumérés. Le nombre de niveaux d'alarme est défini par l'utilisateur (deux niveaux dans l'exemple ci-dessous). Ces actions sont hiérarchisées logiquement en fonction de la sévérité de l'orage; celle-ci détermine le niveau d'activation atteint par le système.

a) Aucune alarme

- fonctionnement normal dans la cible.

b) Déclenchement/fin des alarmes

1) Niveau d'alarme 1

- actions préventives primaires qui consistent à émettre des avertissements à caractère informatif, par exemple des messages à distance, visuels ou sonores;
- les systèmes d'alimentation auxiliaires peuvent être activés;
- ne planifier ni ne démarrer aucune activité dans les zones exposées.

2) Niveau d'alarme 2 (urgence)

- actions préventives secondaires;
- les systèmes d'alimentation auxiliaires peuvent être activés;
- les systèmes essentiels et sensibles peuvent être déconnectés;
- évacuation éventuelle des zones exposées vers des zones sûres protégées par un LPS;
- vérifier que les actions précédentes ont été entreprises efficacement;
- suivre l'évolution de l'activité orageuse;
- aucune action supplémentaire lorsque d'autres ont déjà été engagées.

3) Fin d'alarme

- retour au fonctionnement normal dans la cible;
- après un LRE ou une LRC, inspecter l'état du LPS conformément aux réglementations.

Lorsque cela s'avère nécessaire, le TWS peut fournir une alarme pour alerter l'utilisateur d'un défaut du TWS.

Des exemples de procédures de sécurité pour la réduction du risque à l'extérieur d'une structure peuvent également être consultés dans le document [13].