

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Classification of environmental conditions –
Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind**

**Classification des conditions d'environnement –
Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations
et vent**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

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

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

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

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

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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



IEC 60721-2-2

Edition 2.0 2012-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Classification of environmental conditions –
Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind**

**Classification des conditions d'environnement –
Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations
et vent**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

M

ICS 19.040

ISBN 978-2-83220-570-9

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 General	5
4.1 Introductory remark	5
4.2 Precipitation	5
4.3 Wind.....	6
5 Characteristics	6
5.1 Rain	6
5.2 Hail	7
5.3 Snow.....	8
5.4 Wind.....	8
6 Classification.....	8
6.1 General.....	8
6.2 Normal rain	8
6.3 Driving rain.....	9
6.4 Formation of ice	9
6.4.1 General	9
6.4.2 Air hoar	9
6.4.3 Rime.....	9
6.4.4 Clear ice.....	9
6.4.5 Glaze ice	9
6.4.6 Process of ice formation	9
6.5 Hail	10
6.6 Snow load	10
6.7 Drifting snow	10
6.8 Wind force.....	10
Bibliography.....	12
Table 1 – Characteristics of rain (average over long periods).....	6
Table 2 – Characteristics of hailstones	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

**Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature –
Precipitation and wind**

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 60721-2-2 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.

This second edition cancels and replaces the first edition, published in 1988, and constitutes a technical revision.

The main changes with regard to the previous edition are as follows:

- subclause Precipitation: simplified; data not possible to validate are removed;
- subclause Wind: text rewritten;
- Table 1 simplified and aligned with definition used by [1]¹;
- subclause Hail: data added; formula changed; formula for impact energy added;

¹ References in square brackets refer to the Bibliography.

- subclause Snow: text changed and aligned with definitions used by [1];
- Table 3 removed;
- subclause Normal rain: text has been modified and numeric values removed;
- subclause Driving rain: text has been modified and numeric values removed;
- subclause Formation of ice: text has been modified and numeric values removed;
- subclause Drifting snow: text added;
- subclause Wind force: formula changed;
- Figure 1 to 5 removed.

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

FDIS	Report on voting
104/583/FDIS	104/596/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60068 series, under the general title *Classification of environmental conditions*, can be found on the IEC website.

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

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

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

Part 2-2: Environmental conditions appearing in nature – Precipitation and wind

1 Scope

This part of IEC 60721 presents fundamental properties, quantities for characterization, and a classification of environmental conditions dependent on precipitation and wind relevant for electrotechnical products.

It is intended to be used as background material when selecting appropriate severities of parameters related to precipitation and wind for product applications.

When selecting severities of parameters related to precipitation and wind for product application, the values given in IEC 60721-1 should be applied.

2 Normative references

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

IEC 60721-1, *Classification of environmental conditions – Part 1: Environmental parameters and their severities*.

3 Terms and definitions

Terms and definitions are defined, in context, throughout the present standard.

4 General

4.1 Introductory remark

The atmosphere of the Earth is in permanent motion. It is locally heated, cooled and moistened. The resulting gradients in density create high and low pressure areas. The equalizing winds do not blow directly from high to low pressure areas, but are deflected by Coriolis force due to the rotation of the Earth.

The continuous horizontal movement may cause slow upward motion over wide areas, or surface heating may give more localized updrafts in thermals. The air cannot maintain its water content in vaporous form if the reduction of pressure and temperature is sufficient, and precipitation may form. As an example, an air mass at +20 °C temperature is able to contain water in a quantity of 17,3 g/m³ in vaporous form. If it cools to 0 °C the maximum water content is only 4,8 g/m³.

4.2 Precipitation

The specific kind of precipitation (rain, hail or snow) is a result of complicated processes in the clouds.

Formation of raindrops or ice crystals depends on various conditions, for instance vertical air currents, temperature distribution, and the resulting course of droplets or ice crystals within the cloud.

4.3 Wind

Wind is defined as lateral movement of the Earth's atmosphere from high-pressure areas to low-pressure areas.

Winds are often referred to by their strength and the direction from which the wind is blowing. Gusts are short bursts of high speed wind. Winds of long duration have various names associated with their average strength, such as breeze, gale, storm, hurricane and typhoon. Wind occurs on a scale ranging from thunderstorm flows, lasting tens of minutes, through local breezes generated by heating of land surfaces and lasting a few hours, to global winds resulting from the difference in absorption of solar energy between the climate zones on Earth. The two main causes of large scale atmospheric circulation are the differential heating between the equator and the poles and the rotation of the planet.

5 Characteristics

5.1 Rain

Rain is characterized by the following physical parameters:

- rain intensity measured in millimetres per hour (as the height accumulated on a horizontal surface without drain);
- drop size distribution; typical 1 mm to 2 mm in diameter, in thunderstorms the size could be up to 5 mm to 8 mm;
- falling velocity distribution; typical 2 m/s to 12 m/s;
- raindrop temperature.

Other parameters such as dissolved impurities due to air pollution, sea salts, etc., are not considered here, even though they may have important effects on products.

A survey of characteristic parameters for different types of rain is given in Table 1 below, in accordance with [1].

Table 1 – Characteristics of rain (average over long periods)

Type of rain	Rain intensity upper limit mm/h
Very light rain	0,25
Light rain	1,0
Moderate rain	4,0
Heavy rain	16
Very heavy rain	50
Extreme rain	>50

The raindrop temperature will normally be the same as the wet bulb temperate of an aspirated psychrometer but deviations may occur, for instance in a rain established from ice crystals or at the beginning of a period of rainfall.

5.2 Hail

Hail is characterized by the following physical parameters of the hailstones:

- diameter; typical 5 mm to 15 mm;
- density; typical large hail greater than 800 kg/m³ and small hail less than 800 kg/m³;
- falling velocity;
- impact energy;
- typical drag coefficient (C_d) is 0,6 but depends on hail size, irregularities in shape and in surface roughness [2].

Only stones of larger diameter are considered here because of their damaging effect but stones of smaller diameter are by far the most frequent [1].

The falling velocity is determined by the formula:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times W}{C_d \times \rho_0 \times A}}$$

where

- v is the falling velocity in metres per second;
- W is the weight (mass·acceleration);
- C_d is the drag coefficient;
- ρ_0 is the atmospheric density in kg per cubic metres;
- A is the frontal area in square metres.

$\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$ (standard atmosphere for dry air at sea level and at +15 °C).

The impact energy is then calculated from the mass (diameter, density) and the falling velocity.

The impact energy is determined by the formula:

$$E = \frac{m \times v^2}{2}$$

where

- E is the impact energy in Joules;
- m is the mass of the hail in kg;
- v is the falling velocity in metres per second.

Table 2 gives the characteristics of hailstones with diameters from 20 mm upwards.

Table 2 – Characteristics of hailstones

Diameter mm	Mass g	Falling velocity m/s	Impact energy J
20	4	18	1
50	59	28	24
60	102	31	49
70	162	34	91
80	241	36	155
90	344	38	248
100	471	40	378
NOTE Values are in round figures.			

The following values are used in Table 2:

$$C_d = 0,6;$$

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3 \text{ (for hailstones).}$$

5.3 Snow

Snow is generated as snow crystals are formed by freezing water droplets. If blown by strong winds, however, snow crystals are broken and abraded into small particles. Freshly fallen snow has a density ranging from 70 kg/m³ to 150 kg/m³ whereas the density of old snow could be in a range of 400 kg/m³ to 500 kg/m³, even up to 910 kg/m³. If the density exceeds 910 kg/m³, snow is considered as ice. Firm snow will normally have a density of 600 kg/m³. Wind exposure will often increase the density by breaking the snow flakes; temperature will also increase the density. Density will also increase over time due to settling [1].

5.4 Wind

Wind speed is greatly influenced by details of the local landscape and height above the ground. The greater the roughness of the ground surface, the more the wind speed close to this surface is reduced; thus there may be considerable differences between wind speeds near the ground surface and those at greater heights above the ground surface.

6 Classification

6.1 General

Rain, hail, snow and wind may have various effects on products, either separately, mutually combined or in combination with other environmental parameters.

Some examples of single and combined parameters are given below.

6.2 Normal rain

Rain occurs with very different intensities which vary considerably with latitude, climate and season. Generally, the highest rates occur in tropical thunderstorms and in hurricane-type storms.

Normal rain consists of drops of different sizes and velocities. The characteristics of the drops depend mainly on the temperature and the moisture content in the atmosphere. These atmospheric features result in partial or complete vaporization of the falling drops. In general, higher ground temperatures and higher relative humidity give greater median drop size.

Consequently, tropical rain generally consists of drops larger than those of rain in, for example, a north European location.

6.3 Driving rain

Driving rain is a combination of rain and wind. The wind adds a horizontal velocity component to the falling velocity, and may further create underpressure in an encapsulation. The rain itself may also create such underpressure by cooling due to low rain temperature.

6.4 Formation of ice

6.4.1 General

Formation of ice occurs as a combination of rain falling on a surface cooled below 0 °C (for example, due to radiation towards a clear night sky), or by super-cooled raindrops freezing at impact.

6.4.2 Air hoar

Air hoar is formed when moist air contacts a surface cooled below 0 °C and sublimates on it. Air hoar usually forms when wind velocity is low. It consists of needle-like crystals and its adhesion to the surface is weak.

6.4.3 Rime

Rime is formed as a result of repeated impinging and freezing of super-cooled water droplets carried by the wind against an object. It has a very characteristic appearance of "shrimp tails" because the points where it attaches to an object are small and grow windwards. Its color is white and it has a granular structure. Rime can occur simultaneously with snow causing a huge covering of snow on a suitable object.

6.4.4 Clear ice

Clear ice is formed when supercooled raindrops freeze on a surface. It is hard and either opaque or transparent. It can form a layer-like structure of opaque and transparent layers with small air bubbles inside the structure. Clear ice has no particular visible structure. It is compact, its density is high and its adhesion force is strong. Clear ice is formed when the temperature is low and wind velocity is high.

6.4.5 Glaze ice

Glaze ice is formed when supercooled raindrops fall on a surface and a waterfilm is formed before freezing. Its density is high as well as its adhesion, and it has no air bubbles.

6.4.6 Process of ice formation

The type of formation of ice depends on

- air temperature,
- wind velocity,
- diameter of supercooled water droplets,
- liquid water content.

The formation of ice on a cylinder-shaped surface depends on

- the radius of the cylinder,
- wind velocity,
- water drop size.

6.5 Hail

In most parts of the world hailstones with diameters up to 20 mm are typical diameters over 50 mm have a low probability of occurrence.

6.6 Snow load

Maximum snow load is generally encountered in the southern part of areas having cold winters (for the northern hemisphere, and vice versa for the southern), and particularly in parts of these areas dominated by a maritime climate. A snow load of 2 kPa corresponding to a depth of 2 m fresh snow or 0,7 m old snow, is to be expected in these parts. In mountainous areas it may be up to ten times greater.

6.7 Drifting snow

Drifting snow is a combination of snow and wind. Under these conditions, the snow may contain very small particles that are able to penetrate minute slots and joints in products. The horizontal mass flux diminishes rapidly with the distance above ground. On the lee side of an object the snow drift will build up. One way to avoid the snow drift is to build a snow fence. The effectiveness of the snow fence depends on the height of the fence and the distance to the object that the fence is protecting.

6.8 Wind force

The wind exerts a force on structures which is a function of average wind speed and the size and shape of the object. The force is given by the formula:

$$F = \frac{C_d \times \rho_0 \times v^2 \times A}{2}$$

where

- F is the force in Newton;
- C_d is the drag coefficient;
- ρ_0 is the density of air in kg per cubic metres;
- v is the average wind speed in metres per second;
- A is the object area in square metres.

C_d depends on the shape of the object and the surface, e.g. for a cube the C_d value is approximately 1,05 and for wires and cables it is 1,0 – 1,3.

ρ_0 is for air at normal air pressure; at +20 °C it is 1,204 1 kg/m³.

Wind gusts cause short force impulses which in some cases may be periodic and cause large vibration amplitudes if in resonance with the natural response frequency of the structure. The frequency of these gusts is generally below 1 Hz.

A special phenomenon is the release of a double row of whirls downstream from a cylinder perpendicular to the direction of the wind. This release reacts as a periodic force on the cylinder perpendicular to the direction of wind. This phenomenon is characterized by the Strouhal number. The Strouhal number is a dimensionless number used to describe the oscillating flow mechanism and is a function of the Reynolds number. The frequency of this force is given by the formula:

$$f = S_t \frac{v}{d}$$

where

f is the frequency in hertz;

S_t is the Strouhal number and is approximately 0,2 for a broad range of Reynolds number [3];

v is the wind speed in metres per second;

d is the representative dimension in metres.

Bibliography

- [1] GLICKMAN, Todd S., *Glossary of Meteorology*, American Meteorological Society, Second Edition (<http://amsglossary.allenpress.com/glossary>)
 - [2] DENNIS, Arnett S., *Weather Modification by Cloud Seeding*, International Geophysics Series, Vol. 24.
 - [3] MITOpenCourseWave 2.22 *Design Principles for Ocean Vehicles* (13.42). Data from LIENHARD (1966) and ACHENBACH and HENECKE (1981). $S \sim 0,21 (1-21/Re)$ for $40 < Re < 200$, from Roshko (1955)
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
1 Domaine d'application	17
2 Références normatives	17
3 Termes et définitions	17
4 Généralités.....	17
4.1 Remarques introductives	17
4.2 Précipitations	18
4.3 Vent	18
5 Caractéristiques	18
5.1 Pluie.....	18
5.2 Grêle	19
5.3 Neige	20
5.4 Vent	20
6 Classification.....	20
6.1 Généralités.....	20
6.2 Pluie normale	20
6.3 Pluie battante	21
6.4 Formation de glace.....	21
6.4.1 Généralités.....	21
6.4.2 Gelée blanche	21
6.4.3 Givre	21
6.4.4 Glace claire	21
6.4.5 Verglas.....	21
6.4.6 Processus de la formation de glace	21
6.5 Grêle	22
6.6 Charge de neige.....	22
6.7 Chasse-neige basse.....	22
6.8 Force du vent	22
Bibliographie.....	24
Tableau 1 – Caractéristiques de pluie (moyenne sur de longues durées)	18
Tableau 2 – Caractéristiques des grêlons	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations et vent

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60721-2-2 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, publiée en 1988, et constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- paragraphe Précipitations: simplifié et les données dont la validation est impossible sont supprimées;
- paragraphe Vent: texte de nouveau rédigé;

- Tableau 1 simplifié et aligné avec la définition utilisée par [1]¹;
- paragraphe Grêle: données ajoutées; modification de formule; ajout d'une formule de l'énergie d'impact;
- paragraphe Neige: texte modifié et aligné avec les définitions utilisées par [1];
- Tableau 3 retiré;
- paragraphe Pluie normale: modification du texte et suppression de valeurs numériques;
- paragraphe Pluie battante: modification du texte et suppression de valeurs numériques;
- paragraphe Formation de glace: modification du texte et suppression de valeurs numériques;
- paragraphe Neige transportée: ajout de texte;
- paragraphe Force du vent: modification de formule;
- suppression des Figures 1 à 5.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
104/583/FDIS	104/596/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60068, publiées sous le titre général *Classification des conditions d'environnement*, est disponible sur le site web de la CEI.

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

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

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-2: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Précipitations et vent

1 Domaine d'application

Cette partie de la CEI 60721 présente les propriétés fondamentales, les grandeurs de caractérisation et une classification des conditions d'environnement dépendant des précipitations et du vent en ce qui concerne les produits électrotechniques.

Elle est destinée à servir de base lorsqu'on choisit les sévérités appropriées des agents relatifs aux précipitations et au vent pour les applications d'un produit.

Lorsqu'on choisit les sévérités relatives aux précipitations et au vent pour l'application d'un produit, il convient d'appliquer les valeurs données dans la CEI 60721-1 de la CEI.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60721-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 1: Agents d'environnement et leurs sévérités*

3 Termes et définitions

Les termes et définitions qui figurent dans la présente norme sont définis dans leur contexte.

4 Généralités

4.1 Remarques introductives

L'atmosphère de la Terre est continuellement en mouvement. Elle est, par endroits, chauffée, refroidie, humidifiée. Les gradients de masse volumique en résultant créent des zones de haute et de basse pression. Les vents égalisants ne soufflent pas directement des zones de haute pression vers les zones de basse pression, mais sont déviés par la force de Coriolis due à la rotation de la Terre.

Le mouvement horizontal continu peut causer un lent mouvement ascendant au-dessus de zones très étendues, ou bien le réchauffement de la surface peut donner des ascendances thermiques plus localisées. L'air ne peut pas garder l'eau qu'il contient sous forme de vapeur si la réduction de la pression et de la température est suffisante, et des précipitations peuvent se former. Par exemple, une masse d'air à +20 °C est capable de contenir 17,3 g/m³ d'eau à l'état de vapeur. Refroidie à 0 °C, elle ne contiendra plus, au maximum, que 4,8 g/m³ d'eau.

4.2 Précipitations

La forme spécifique des précipitations, pluie, grêle ou neige, est le résultat de processus complexes dans les nuages.

La formation de gouttes de pluie ou de cristaux de glace dépend de diverses conditions, par exemple courants d'air verticaux, distribution de la température et course résultante des gouttelettes ou cristaux de glace à l'intérieur du nuage.

4.3 Vent

Le vent est défini comme le mouvement latéral de l'atmosphère de la Terre allant des zones de haute pression vers les zones de basse pression.

Les vents sont souvent désignés selon leur force et la direction depuis laquelle souffle le vent. Les rafales sont des brefs coups de vent à grande vitesse. Les vents de longue durée sont désignés de diverses manières en relation avec leur force moyenne, tels que la brise, le coup de vent, la tempête, l'ouragan et le typhon. Le vent se produit sur une échelle allant des passages orageux, pendant plusieurs dizaines de minutes, en passant par des brises locales générées par le réchauffement de terres en surface et durant quelques heures, jusqu'aux vents globaux résultant de la différence d'absorption d'énergie solaire entre les zones de climats sur la Terre. Les deux grandes causes de circulation atmosphérique de grande échelle sont l'échauffement différentiel entre l'équateur et les pôles et la rotation de la planète.

5 Caractéristiques

5.1 Pluie

La pluie est caractérisée par les paramètres physiques suivants:

- intensité de la pluie mesurée en millimètres par heure (hauteur d'eau accumulée sur une surface horizontale sans évacuation);
- distribution de la taille des gouttes; typiquement 1 mm à 2 mm de diamètre, lors d'orages la taille peut atteindre 5 mm à 8 mm;
- distribution de la vitesse de chute; typiquement 2 m/s à 12 m/s;
- température des gouttes.

D'autres paramètres, tels qu'impuretés dissoutes dues à la pollution de l'air, sels marins, etc., ne sont pas pris en considération ici, même s'ils peuvent avoir des effets importants sur les produits.

Un relevé des paramètres caractéristiques pour différents types de pluie est donné dans le Tableau 1 ci-dessous, conformément au [1].

Tableau 1 – Caractéristiques de pluie (moyenne sur de longues durées)

Type de pluie	Intensité de pluie limite supérieure mm/h
Pluie très légère	0,25
Pluie légère	1,0
Pluie modérée	4,0
Pluie forte	16
Pluie très forte	50
Pluie extrême	>50

La température de la goutte de pluie sera normalement la même que celle du bulbe humide d'un psychromètre à aspiration mais elle peut en différer, par exemple dans une pluie mêlée de cristaux de glace ou au commencement d'une période de pluie.

5.2 Grêle

La grêle est caractérisée par les paramètres physiques des grêlons suivants:

- diamètre; typiquement compris entre 5 mm et 15 mm;
- densité; grêle importante typique supérieure à 800 kg/m³ et petite grêle typique inférieure 800 kg/m³;
- la vitesse de chute,
- l'énergie d'impact;
- le coefficient de traînée typique (C_d) est égal à 0,6 mais est fonction de la taille de la grêle, des irrégularités de forme et de la rugosité de surface [2].

Seuls les grêlons des plus grands diamètres sont pris ici en considération à cause de leur effet destructeur mais les grêlons de diamètres plus petits sont de loin les plus fréquents [1].

La vitesse de chute est déterminée par la formule:

$$v = \sqrt{\frac{2 \times W}{C_d \times \rho_0 \times A}}$$

où

- v est la vitesse de chute en mètres par seconde;
- W est le poids (masse·accélération);
- C_d est le coefficient de traînée;
- ρ_0 est la densité atmosphérique en kg par mètre cube;
- A est le maître-couple en mètres carrés.

$\rho_0 = 1,225 \text{ kg/m}^3$ (atmosphère normale d'air sec au niveau de la mer et à +15 °C).

L'énergie d'impact est alors calculée en fonction de la masse (diamètre, masse volumique) et de la vitesse de chute.

L'énergie d'impact est déterminée par la formule:

$$E = \frac{m \times v^2}{2}$$

où

- E est l'énergie d'impact, en Joules;
- m est la masse de la grêle, en kg;
- v est la vitesse de chute en mètres par seconde.

Le Tableau 2 donne les caractéristiques des grêlons pour des diamètres de 20 mm et plus

Tableau 2 – Caractéristiques des grêlons

Diamètre mm	Masse g	Vitesse de chute m/s	Énergie d'impact J
20	4	18	1
50	59	28	24
60	102	31	49
70	162	34	91
80	241	36	155
90	344	38	248
100	471	40	378
NOTE Valeurs arrondies.			

Les valeurs suivantes sont utilisées dans le Tableau 2:

$$C_d = 0,6;$$

$$\rho = 900 \text{ kg/m}^3 \text{ (pour les grêlons).}$$

5.3 Neige

La neige est constituée de cristaux de neige qui résultent de la congélation de gouttelettes d'eau. Toutefois, sous l'effet de vents violents, les cristaux de neige sont brisés et érodés en petites particules. La neige fraîchement tombée comporte une masse volumique comprise entre 70 kg/m^3 et 50 kg/m^3 tandis que la masse volumique d'une neige ancienne peut être comprise entre 400 kg/m^3 et 500 kg/m^3 , et même atteindre 910 kg/m^3 . Si la masse volumique dépasse 910 kg/m^3 , on considère qu'il s'agit de glace et non plus de neige. Une neige ferme comportera normalement une masse volumique de 600 kg/m^3 . L'exposition aux vents augmentera souvent la masse volumique en freinant les flocons de neige et, de même, la température augmentera la masse volumique. La masse volumique augmentera également avec le temps du fait du tassement [1].

5.4 Vent

La vitesse du vent est fortement influencée par les détails du cadre naturel local et la hauteur au-dessus du sol. Plus la surface du sol est irrégulière, plus la vitesse du vent à proximité de la surface est réduite; ainsi, il peut y avoir des différences considérables entre les vitesses au sol et celles mesurées à différentes hauteurs au-dessus du sol.

6 Classification

6.1 Généralités

La pluie, la grêle, la neige et le vent peuvent avoir divers effets sur les produits, soit séparément, soit par effets combinés ou par combinaison avec d'autres agents d'environnement.

Quelques exemples d'agents uniques et combinés sont cités ci-dessous.

6.2 Pluie normale

La pluie tombe avec des intensités très différentes, qui varient considérablement avec la latitude, le climat et la saison. Généralement, on relève les plus fortes précipitations dans les orages tropicaux et les tempêtes de type ouragan.

La pluie normale est composée de gouttes de tailles et de vitesses différentes. Les caractéristiques des gouttes dépendent principalement de la température et de la teneur en humidité de l'atmosphère. Ces conditions atmosphériques donneront lieu à une vaporisation partielle ou complète des gouttes pendant leur descente. En général, des températures au sol plus élevées et une humidité relative plus grande donnent des tailles moyennes plus grandes pour les gouttes. En conséquence, la pluie tropicale est en général constituée de gouttes plus grosses que celles de la pluie des pays d'Europe du Nord, par exemple.

6.3 Pluie battante

La pluie battante est une combinaison de la pluie et du vent. Le vent ajoute une vitesse horizontale à la vitesse de chute et peut, en outre, créer une dépression dans une enveloppe. La pluie elle-même peut aussi créer une telle dépression par effet de refroidissement dû à sa basse température.

6.4 Formation de glace

6.4.1 Généralités

La glace survient comme une combinaison de la pluie tombant sur une surface refroidie au-dessous de 0 °C (par exemple, en raison du rayonnement vers le ciel nocturne par temps clair) ou par gouttes de pluie surfondues gelant à l'impact.

6.4.2 Gelée blanche

La gelée blanche se forme quand un air humide est au contact d'une surface refroidie à une température inférieure à 0 °C et se condense sur cette surface. La gelée blanche se forme en général quand la vitesse du vent est faible. Elle est formée de cristaux en forme d'aiguilles et son adhérence aux surfaces est faible.

6.4.3 Givre

Le givre se forme par collisions répétées et congélation de gouttelettes d'eau en surfusion poussées par le vent contre un objet. Il a l'aspect caractéristique de "queue de crevettes" parce que les points où il adhère à l'objet sont petits et se développent dans le sens du vent. Sa couleur est blanche et sa structure est granuleuse. Le givre peut venir en même temps que la neige, ce qui entraîne une couche énorme de neige sur un objet qui s'y prête.

6.4.4 Glace claire

La glace claire se forme lorsque des gouttes de pluie en surfondues se congèlent sur une surface. Elle est dure et soit opaque soit transparente. Elle peut former une structure constituée d'une succession de couches opaques et transparentes avec de petites bulles d'air incluses dans la structure. La glace claire n'a pas de forme particulière. Elle est compacte, sa masse volumique est grande et son adhérence est forte. La glace claire se forme quand la température est basse et la vitesse du vent élevée.

6.4.5 Verglas

Le verglas se forme quand des gouttes de pluie surfondues tombent sur une surface et qu'un film d'eau est formé avant congélation. Sa masse volumique et son adhérence sont élevées et il ne comporte pas de bulles d'air.

6.4.6 Processus de la formation de glace

Le type de la formation de glace dépend

- de la température de l'air,
- de la vitesse du vent,
- du diamètre des gouttelettes d'eau surfondues,

- de la teneur en eau à l'état liquide.

La formation de glace sur une surface de forme cylindrique dépend

- du rayon du cylindre,
- de la vitesse du vent,
- du diamètre des gouttes d'eau.

6.5 Grêle

Dans la plus grande partie du monde, des grêlons de diamètre allant jusqu'à 20 mm sont probables; des diamètres dépassant 50 mm sont faiblement probables.

6.6 Charge de neige

La charge de neige maximale est généralement rencontrée dans les parties méridionales des zones ayant des hivers froids (pour l'hémisphère Nord, et vice versa pour l'hémisphère Sud), et en particulier dans les parties de ces zones dominées par un climat maritime. On peut s'attendre, dans ces parties, à une charge de neige de 2 kPa correspondant à une épaisseur de 2 m de neige nouvelle ou de 0,7 m de neige ancienne. En montagne, elle peut être dix fois supérieure.

6.7 Chasse-neige basse

La chasse-neige basse résulte d'une combinaison de neige et vent. Dans ces conditions, la neige peut contenir de très petites particules capables de pénétrer par des fentes très fines ou des joints à l'intérieur des produits. Le flux horizontal de neige transportée diminue rapidement en fonction de la hauteur au-dessus du sol. Du côté sous le vent d'un objet, les congères se développent. Une solution en vue d'éviter la chasse-neige basse est de construire un pare-neige. Son efficacité dépend de sa hauteur et de la distance par rapport à l'objet protégé par le pare-neige.

6.8 Force du vent

Le vent exerce sur les structures une force qui est fonction de sa vitesse moyenne ainsi que de la taille et de la forme de l'objet. La force est donnée par la formule:

$$F = \frac{C_d \times \rho_0 \times v^2 \times A}{2}$$

où

F est la force en newtons;

C_d est le coefficient de traînée

ρ_0 est la densité d'air en kg par mètre cube;

v est la vitesse moyenne du vent, en mètres par seconde;

A est l'aire de l'objet en mètres carrés.

C_d dépend de la forme de l'objet et de la surface, par exemple pour un cube, la valeur C_d est d'environ 1,05 et pour les fils et les câbles 1,0 – 1,3.

ρ_0 est pour l'air à la pression normale; à +20 °C cette valeur est égale à 1,204 1 kg/m³.

Les rafales de vent occasionnent de courtes impulsions qui, dans certains cas, peuvent être périodiques et causer des vibrations de grande amplitude si elles sont en résonance avec la fréquence naturelle de la structure. La fréquence de ces rafales est en général inférieure à 1 Hz.

Un phénomène spécial est la formation d'une double rangée de tourbillons descendant d'un cylindre perpendiculaire à la direction du vent. Cette formation réagit comme une force périodique sur le cylindre perpendiculaire à la direction du vent. Ce phénomène se caractérise par le nombre de Strouhal. Le nombre de Strouhal est un coefficient adimensionnel utilisé pour décrire le mécanisme d'écoulement oscillatoire et il est fonction du nombre de Reynolds. La fréquence de cette force est donnée par la formule:

$$f = S_t \frac{v}{d}$$

où

f est la fréquence en hertz;

S_t est le nombre de Strouhal et il est d'environ 0,2 pour une large gamme du nombre de Reynolds [3];

v est la vitesse du vent, en mètres par seconde;

d est la dimension représentative en mètres

Bibliographie

- [1] GLICKMAN, Todd S., *Glossary of Meteorology*, American Meteorological Society, Second Edition (<http://amsglossary.allenpress.com/glossary>)
 - [2] DENNIS, Arnett S., *Weather Modification by Cloud Seeding*, International Geophysics Series, Vol. 24.
 - [3] MITOpenCourseWave 2.22 *Design Principles for Ocean Vehicles* (13.42). Data from LIENHARD (1966) and ACHENBACH and HENECKE (1981). $S \sim 0,21 (1-21/Re)$ for $40 < Re < 200$, from Roshko (1955)
-

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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