

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
721-2-2**

Première édition
First edition
1988

Classification des conditions d'environnement

Deuxième partie:

Conditions d'environnement présentes
dans la nature – Précipitations et vent

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing
in nature – Precipitation and wind



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 721-2-2: 1988

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique;*
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles;*
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas;*

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale.*

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology;*
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets;*
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams;*

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice.*

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
721-2-2**

Première édition
First edition
1988

Classification des conditions d'environnement

Deuxième partie:

Conditions d'environnement présentes
dans la nature – Précipitations et vent

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing
in nature – Precipitation and wind

© CEI 1988 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Généralités	6
3.1 Précipitations	6
3.2 Vent	8
4. Caractéristiques	8
4.1 Pluie	8
4.2 Grêle	8
4.3 Neige	10
4.4 Vent	12
5. Classification	12
5.1 Pluie normale	12
5.2 Pluie battante	14
5.3 Formation de glace	14
5.4 Grêle	14
5.5 Charge de neige	16
5.6 Neige transportée	16
5.7 Force du vent	16
FIGURES	20

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	7
3.1 Precipitation	7
3.2 Wind	9
4. Characteristics	9
4.1 Rain	9
4.2 Hail	11
4.3 Snow	13
4.4 Wind	13
5. Classification	13
5.1 Normal rain	15
5.2 Driving rain	15
5.3 Formation of ice	15
5.4 Hail	17
5.5 Snow load	17
5.6 Drifting snow	17
5.7 Wind force	19
FIGURES	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature Précipitations et vent

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 75 de la CEI: Classification des conditions d'environnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
75(BC)41	75(BC)46

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

Il est à noter que la présente norme constitue une partie d'une série consacrée aux sujets suivants:

- Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités (Publication 721-1).
- Conditions d'environnement présentes dans la nature (Publication 721-2).
- Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités (Publication 721-3).

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 721-1 (1981): Classification des conditions d'environnement, Première partie: Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités.

721-3: Troisième partie: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS**Part 2: Environmental conditions appearing in nature
Precipitation and wind****FOREWORD**

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 75: Classification of Environmental Conditions.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
75(CO)41	75(CO)46

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

It should be noted that this standard forms one part of a series intended to deal with the following subjects:

- Classification of Environmental Parameters and Their Severities (Publication 721-1).
- Environmental Conditions appearing in Nature (Publication 721-2).
- Classification of Groups of Environmental Parameters and Their Severities (Publication 721-3).

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publication No. 721-1 (1981): Classification of environmental conditions, Part 1: Classification of environmental parameters and their severities.

721-3: Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities.

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature Précipitations et vent

1. Domaine d'application

Cette partie de la norme 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 Publication 721-1 de la CEI.

2. Objet

Définir les caractéristiques des précipitations et du vent comme base pour les sévérités auxquelles les produits sont susceptibles d'être exposés pendant leur stockage, leur transport et leur utilisation.

3. Généralités

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 surfaces très étendues, ou bien l'échauffement 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 que 4,8 g/m³ d'eau au maximum.

3.1 Précipitations

La forme spécifique des précipitations, pluie, grêle ou neige, est le résultat de processus complexes dans les nuages. La température dans un nuage varie selon la verticale. Le niveau auquel survient une température de 0°C est retenu comme niveau de référence (niveau de congélation). Au-dessus de ce niveau de congélation, la température est inférieure à 0°C; au-dessous, elle est supérieure à 0°C.

Dans un nuage, au-dessus du niveau de congélation, des gouttelettes d'eau surfondues existent généralement dans les températures comprises entre 0°C et -13°C; mais, dans des cas exceptionnels, la température peut descendre à -50°C.

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.

Si, dans leur descente, les gouttelettes ou cristaux de glace rencontrent des couches où la température devient et reste positive, ils se transforment en gouttes et atteignent le sol sous forme de pluie. Dans certaines conditions, ces gouttes peuvent continuer à grossir pendant

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Part 2: Environmental conditions appearing in nature Precipitation and wind

1. Scope

This part of the standard 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 Publication 721-1 should be applied.

2. Object

To define the characteristics of precipitation and wind as background for the severities to which products are liable to be exposed during transportation, storage and use.

3. General

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 localised 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 of 20°C temperature is able to contain water in a quantity of 17.3 g/m³ in vaporous form. If it cools down to 0°C the maximum water content is only 4.8 g/m³.

3.1 Precipitation

The specific kind of precipitation, rain, hail or snow, is a result of complicated processes in the clouds. The temperature in a cloud varies in the vertical direction. The level at which a temperature of 0°C occurs is referred to as the freezing level. Above the freezing level, the temperature is below 0°C, and below this level it is above 0°C.

In a cloud above the freezing level, supercooled water droplets exist generally in the temperature range of 0°C to -13°C, but in exceptional cases the temperature may reach -50°C.

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.

If, on their way down, the droplets or ice crystals pass through layers where the temperature turns positive and remains positive, they will turn into drops and reach the ground as rain. They may continue growing on their way down, dependent on conditions. The velocity

leur descente. La vitesse croît avec le diamètre des gouttes (voir figure 1, page 20). A un diamètre de 5 mm à 6 mm et une vitesse correspondante de 9 m/s, ces grosses gouttes se divisent en de plus petites qui, à leur tour, peuvent grossir pendant leur descente. Il en résulte que la distribution des diamètres des gouttes a une limite supérieure de 5 mm ou 6 mm.

Ces gouttes de pluie peuvent traverser des couches d'inversion de température dans l'atmosphère, couches où la température descend de nouveau au-dessous de zéro. Les gouttes se congèlent alors en grêlons et atteignent le sol sous cette forme. Elles peuvent aussi rester sous forme de gouttelettes en surfusion jusqu'à ce qu'elles rencontrent une surface et qu'elles forment du verglas, parce qu'elles gèlent immédiatement quand elles rencontrent la surface. Une autre éventualité est que des courants d'air ascendants élèvent les gouttes vers des régions supérieures de température négative, et que leur congélation soit ainsi réalisée. La taille de ces grêlons peut s'accroître par formation de givre sur leur surface. Une répétition des processus de congélation et de fusion est possible et les grêlons peuvent atteindre un diamètre considérable. Le record est de 140 mm (Coffeyville, Kansas, 3 septembre 1970). Toutefois, de tels diamètres sont tout à fait exceptionnels.

Si la température reste inférieure à zéro pendant toute la descente, les cristaux de glace restent sous forme solide et atteignent le sol sous forme de neige. Selon les conditions, les cristaux peuvent grossir en un grand nombre de formes différentes mais régulières, et former des flocons de neige. Ils peuvent atteindre un diamètre de 1 cm, mais ils sont très légers.

3.2 Vent

Les systèmes globaux de vent de l'atmosphère sont fonction des hautes températures des zones équatoriales et des basses températures des zones polaires, combinées à l'effet de la rotation de la Terre. C'est en général le vent au niveau du sol qui concerne le stockage, le transport et l'utilisation des produits; mais, pour certaines applications bien au-dessus du sol, il faudra prendre en considération le vent en altitude. Dans la partie inférieure de l'atmosphère, le vent dépend de la possibilité de réchauffements locaux dus à la radiation solaire, et de la forme de la surface du sol, en tenant compte d'éventuelles constructions et autres obstacles.

L'effet de ces conditions locales est la création de remous thermiques et de remous mécaniques dus au frottement et au cisaillement du vent. De jour, l'écoulement d'air à proximité de la surface de la Terre est une combinaison de ces deux causes; mais, la nuit, ce sont surtout les remous mécaniques qui prédominent.

L'effet de ces remous sur les vents au sol est la création de rafales. La fréquence de ces rafales est aléatoire, mais correspond généralement à des intervalles de temps de l'ordre de quelques secondes.

Les vitesses du vent peuvent être très grandes dans les tempêtes, par exemple ouragans et tornades. Au niveau du sol, des rafales dépassant 80 m/s ont été relevées dans les zones d'ouragans des pays tropicaux et subtropicaux, et des vitesses de 125 m/s sont possibles dans les tornades, quoique la probabilité de telles vitesses soit très faible.

4. Caractéristiques

4.1 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 du diamètre des gouttes,
- distribution de la vitesse de chute,
- température des gouttes.

increases with the diameter of the drops (see Figure 1, page 20). At a drop size of 5 mm to 6 mm and a corresponding velocity of 9 m/s, these large drops break up into smaller drops which in turn may grow on their way further down. The result is that the drop size distribution has an upper limit of 5 mm to 6 mm.

These raindrops may pass through layers of temperature inversion in the atmosphere where the temperature again drops below zero. This causes the drops to freeze into hailstones and reach the ground in that form. Alternatively, they may remain supercooled water droplets until they hit a surface and cause icing because they freeze immediately when they hit that surface. Another possible process is that rising air streams may lift the drops to higher regions of sub-zero temperature, thus causing freezing to occur. These hailstones may grow further by rime formation on their surface. A succession of freezing and thawing processes is possible and the hailstones may reach considerable size. The largest recorded size is 140 mm (Coffeyville, Kansas, 3rd September 1970). However, hailstone diameters of this magnitude are very exceptional.

If the temperature remains below zero throughout their descent, the ice crystals remain in a solid state and reach the ground as snow. Dependent on conditions, the crystals may grow into a large number of different but regular shapes, and form snowflakes. They may attain a diameter of 1 cm, but are very light.

3.2 Wind

The global wind systems of the atmosphere are functions of the high temperatures in the equatorial zone and the low temperatures in the polar zones, in combination with the effect of the rotation of the earth. It is wind close to the ground which is relevant for products during transportation, storage and use, whereas for certain applications well above ground consideration has to be given to wind conditions at such heights. The wind in the lower part of the atmosphere is dependent on possible local heating due to solar radiation and on the shape of the ground surface including possible buildings and other obstacles.

The effect of these local conditions is the occurrence of thermal eddies and mechanical eddies due to friction and wind shear. In daytime, the flow of air near the surface of the earth is a combination of the two, but during the night primarily only mechanical eddies exist.

The impact of these eddies on surface winds gives rise to wind gusts. The frequency of these gusts is random, but corresponds generally to time intervals of the order of a few seconds.

Wind speeds may be very high in atmospheric storms, for instance hurricanes and tornadoes. At ground level gust speeds exceeding 80 m/s have been recorded in the hurricane areas of the tropics and subtropics, and speeds of 125 m/s are possible in tornadoes though the probability of these speeds is very small.

4. Characteristics

4.1 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,
- falling velocity distribution,
- raindrop temperature.

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 I ci-dessous.

TABLEAU I
Caractéristiques de pluie (moyenne sur une longue durée)¹

Type de pluie	Intensité limite supérieure (mm/h)	Diamètre caractéristique de la goutte (mm)	Vitesse de chute (m/s)
Pluie très légère	Trace ²	0,01-0,1	< 0,25
Pluie légère	1,0	0,1-0,5	0,25-1
Pluie modérée	4,0	0,5-1,0	1-2
Pluie intense	15	1,0-2,0	2-4
Pluie forte	40	2,0-5,0	4-7
Averse	> 100	> 3,0	> 6

Notes 1. — Les intensités de pluie données dans la Publication 721-3 de la CEI sont des crêtes d'intensité de courte durée.

2. — «Trace» est le terme météorologique pour une intensité de pluie inférieure à 1 mm/h.

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.

4.2 Grêle

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

- le diamètre,
- la masse volumique,
- la vitesse de chute,
- l'énergie d'impact.

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. La masse volumique des grêlons est d'environ 900 kg/m³. La vitesse de chute est déterminée par la formule:

$$v = 5,16 \sqrt{d}$$

ou:

v est la vitesse de chute, en mètres par seconde

d est le diamètre des grêlons, en millimètres

L'énergie d'impact est alors calculée en fonction de la masse (diamètre, masse volumique) et de la vitesse de chute. Le tableau II donne les caractéristiques des grêlons pour des diamètres de 20 mm et plus.

Other parameters such as dissolved impurities due to air pollution, sea salts, etc., will not be 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 I below.

TABLE I
Characteristics of rain (average over long periods)¹

Type of rain	Rain intensity upper limit (mm/h)	Typical drop diameter (mm)	Falling velocity (m/s)
Very light rain	Trace ²	0.01–0.1	< 0.25
Light rain	1.0	0.1–0.5	0.25–1
Moderate rain	4.0	0.5–1.0	1–2
Intense rain	15	1.0–2.0	2–4
Heavy rain	40	2.0–5.0	4–7
Cloudburst	> 100	> 3.0	> 6

Notes 1. — Rain intensities given in IEC Publication 721-3 are short-term peak intensities.

2. — “Trace” is the meteorological term for a rain intensity less than 1 mm/h.

The raindrop temperature will normally be the same as the wet bulb temperature 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.

4.2 Hail

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

- diameter,
- density,
- falling velocity,
- impact energy.

Only stones of the larger diameters are considered here because of their damaging effect, but stones of smaller diameter are by far the most frequent. The density of hailstones is approximately 900 kg/m³. The falling velocity is determined by the formula:

$$v = 5.16 \sqrt{d}$$

where:

v is the falling velocity in metres per second

d is the diameter of the hailstones in millimetres

The impact energy is then calculated from the mass (diameter, density) and the falling velocity. Table II gives the characteristics of hailstones with diameters from 20 mm upwards.

TABLEAU II
Caractéristiques des grêlons

Diamètre (mm)	Masse (g)	Vitesse de chute (m/s)	Energie d'impact (J)
20	4	23	1
50	59	36	39
60	102	40	81
70	162	43	151
80	241	46	257
90	344	49	411
100	471	52	627

Note. — Valeurs arrondies.

4.3 Neige

La neige est constituée de flocons de plusieurs millimètres de diamètre et de faible masse volumique. Sous l'effet de vents violents, cependant, les cristaux de neige sont brisés et érodés en petites particules de diamètre descendant jusqu'à 20 μm , avec une moyenne de 80 μm . La masse volumique de la neige tombée au sol présente de grandes variations. La neige récemment tombée a une masse volumique allant de 70 kg/m^3 à 150 kg/m^3 , alors que la masse volumique d'une neige ancienne va de 200 kg/m^3 à 400 kg/m^3 .

4.4 Vent

La vitesse du vent est fortement influencée par les détails du paysage 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. Le tableau III est une illustration de cet effet.

TABLEAU III
Influence de la hauteur et de la surface sur la vitesse du vent

Hauteur au-dessus du sol (m)	Vitesse relative du vent sur différentes surfaces en pourcentage de la vitesse du vent à 500 m d'altitude (%)		
	Centre de ville, grands immeubles	Districts suburbains, zones forestières	Pays plat, mer
500	100	100	100
300	82	92	100
100	53	68	86
30	32	48	71
10	21	36	60
3	13	25	49

5. Classification

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

Quelques exemples pour les agents uniques et combinés sont donnés ci-dessous.

TABLE II
Characteristics of hailstones

Diameter (mm)	Mass (g)	Falling velocity (m/s)	Impact energy (J)
20	4	23	1
50	59	36	39
60	102	40	81
70	162	43	151
80	241	46	257
90	344	49	411
100	471	52	627

Note. — Values are round figures.

4.3 Snow

Snow is generated as flakes of several millimetres in diameter and of low density. If blown by strong winds, however, snow crystals are broken and abraded into small particles down to diameters of 20 μm with an average of 80 μm . The density of snow when fallen on the ground shows great variation. Newly fallen snow has a density ranging from 70 kg/m^3 to 150 kg/m^3 whereas the density of old snow is 200 kg/m^3 to 400 kg/m^3 .

4.4 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. Table III below is an illustration of this effect.

TABLE III
Height and surface influence on wind speed

Height above ground (m)	Relative wind speed over different surfaces in per cent of wind speed at 500 m height (%)		
	Town centres, tall buildings	Suburban districts, forest areas	Flat land, sea
500	100	100	100
300	82	92	100
100	53	68	86
30	32	48	71
10	21	36	60
3	13	25	49

5. Classification

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

Some examples of single and combined parameters are given below.

5.1 *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 cycloniques.

Un record mondial d'intensité de pluie est de 30 mm en 1 min. De telles chutes de pluie sont d'habitude courtes; par exemple la pluie d'orage dure rarement plus de 0,5 h.

La pluie normale est composée de gouttes de taille et de vitesse différentes. Les caractéristiques des gouttes dépendent principalement de la température et de la teneur en humidité de l'atmosphère. Ces conditions atmosphériques causeront 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 (voir figure 2, page 20).

5.2 *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. En zone tropicale, une intensité de 130 mm/h combinée à une vitesse de vent de 30 m/s est la moyenne horaire maximale à prévoir. La valeur de crête sur 1 min de l'intensité de la pluie peut être considérablement plus élevée que la moyenne horaire maximale citée ci-dessus, allant, en zone tropicale, jusqu'à 20 mm et jusqu'à 10 mm pour le reste du monde.

5.3 *Formation de glace*

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 en surfusion gelant à l'impact. Des épaisseurs de glace allant jusqu'à 75 mm peuvent être relevées sur des mâts supports d'antennes et des structures élevées analogues.

5.3.1 *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.

5.3.2 *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 la direction d'où vient le vent. Sa couleur est blanche et sa structure est granuleuse. Dans des zones montagneuses, le givre peut augmenter de 30 mm/h sur un objet ou de 30 cm pendant une nuit. 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. Des couches maximales de 150 mm près du sol, augmentant linéairement jusqu'à 500 mm à une hauteur de 100 m au-dessus du sol ne doivent pas être exclues. La masse volumique de ces couches est d'environ 200 kg/m³.

5.3.3 *Glace claire*

La glace claire se forme lorsque des gouttes de pluie en surfusion se congèlent sur une surface. Elle est dure et opaque ou transparente. Elle peut former une structure constituée d'une succession de couches opaques et transparentes avec de petites bulles d'air incluses dans

5.1 Normal rain

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

A world record rain intensity is 30 mm in 1 min. Such rainfalls are usually short, for instance rain in a thunderstorm seldom lasts over 0.5 h.

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 will 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 (see Figure 2, page 20).

5.2 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 in itself may also create such underpressure by cooling due to low rain temperature. In the tropical zone, an intensity of 130 mm/h in combination with a wind speed of 30 m/s is the maximum one hour average to be expected. One minute peak values of rain intensity may be considerably higher than the maximum 1 h average mentioned, reaching 20 mm in the tropical zone and up to 10 mm for the rest of the world.

5.3 Formation of ice

Formation of ice occurs as a combination of rain falling on a surface cooled below 0°C (e.g. due to radiation towards a clear night sky), or by supercooled raindrops freezing at impact. Thicknesses of glaze ice up to 75 mm may occur on antenna towers and similar high structures.

5.3.1 Air hoar

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

5.3.2 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 colour is white and it has a granular structure. In mountainous districts rime can grow on an object at the rate of 30 mm/h or 30 cm during a night. Rime can occur simultaneously with snow causing a huge covering of snow on a suitable object. Maximum layers of 150 mm near the ground, increasing linearly to 500 mm at a height of 100 m above the ground are to be expected. The density of these layers is approximately 200 kg/m³.

5.3.3 Clear ice

Clear ice is formed when supercooled raindrops freeze on a surface. It is hard and 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 structure to be seen. It is compact,

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.

5.3.4 *Verglas*

Le verglas se forme quand des gouttes de pluie en surfusion 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.

5.3.5 *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 en surfusion,
- de la teneur en eau à l'état liquide.

Les figures 3 et 4, page 21, donnent les relations entre les types de formation et le diamètre des gouttelettes, la vitesse du vent et la température.

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.

Une valeur limite du rayon peut être trouvée pour chaque vitesse et chaque diamètre des gouttelettes, valeur au-dessus de laquelle pas ou très peu de glace se formera (voir figure 5, page 21).

5.4 *Grêle*

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

5.5 *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.

5.6 *Neige transportée*

La neige transportée est une combinaison de la neige et du 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. On peut s'attendre aux valeurs maximales suivantes, données dans le tableau IV.

its density is high and its adhesion force is strong. Clear ice is formed when the temperature is low and wind velocity is high.

5.3.4 *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.

5.3.5 *Process of ice formation*

The type of formation of ice depends on:

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

In Figures 3 and 4, page 21, the relationship between the types of formation and droplet diameter, wind velocity and temperature are presented.

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

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

A limited radius can be found for each velocity and droplet size above which no, or very little ice is formed (See Figure 5, page 21).

5.4 *Hail*

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

5.5 *Snow load*

The 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 new 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.

5.6 *Drifting snow*

Drifting snow is a combination of snow and wind. Under these conditions the snow may contain very small particles able to penetrate minute slots and joints in products. The horizontal mass flux diminishes rapidly with the distance above ground. The maximum values to be expected are those given in Table IV below.