

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

721-2-4

Première édition
First edition
1987

Classification des conditions d'environnement

Deuxième partie:

Conditions d'environnement présentes
dans la nature – Rayonnement solaire et température

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing
in nature – Solar radiation and temperature



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 721-2-4: 1987

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**

721-2-4

Première édition
First edition
1987

Classification des conditions d'environnement

Deuxième partie:

Conditions d'environnement présentes
dans la nature – Rayonnement solaire et température

Classification of environmental conditions

Part 2:

Environmental conditions appearing
in nature – Solar radiation and temperature

© CEI 1987 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

H

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
4. Physique héliothermique	8
5. Niveaux de rayonnement global	8
5.1 Niveaux maximaux	8
5.2 Rayonnement solaire global moyen, mensuel et annuel	10
5.3 Valeurs simultanées des températures maximales de l'air et du rayonnement solaire	10
6. Niveaux minimaux de rayonnement atmosphérique nocturne	12
FIGURES	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General	7
4. Solar radiation physics	9
5. Levels of global radiation	9
5.1 Maximum levels	9
5.2 Mean monthly and annual global solar radiation	11
5.3 Simultaneous values of maximum air temperatures and solar radiation	11
6. Minimum levels of atmospheric radiation at night	13
FIGURES	14

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature Rayonnement solaire et température

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)19	75(BC)23

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

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° 721-1 (1981): Classification des conditions d'environnement, Première partie: Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités.

721-2-1 (1982): Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature. Température et humidité.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Part 2: Environmental conditions appearing in nature
Solar radiation and temperature

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)19	75(CO)23

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

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:

Publications Nos. 721-1 (1981): Classification of Environmental Conditions, Part 1: Classification of Environmental Parameters and Their Severities.

721-2-1 (1982): Part 2: Environmental Conditions Appearing in Nature. Temperature and Humidity.

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT

Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature

Rayonnement solaire et température

1. Domaine d'application

Cette partie de la norme présente une large division en types de zones de rayonnement solaire. Elle est destinée à faire partie de la documentation de base pour choisir des sévérités appropriées de rayonnement solaire pour l'application aux produits.

Tous les types de zones géographiques sont couverts, sauf les zones où les altitudes dépassent 5 000 m.

En choisissant les sévérités du rayonnement solaire pour l'application aux produits, il convient d'utiliser les valeurs données dans la Publication 721-1 de la CEI. Classification des conditions d'environnement, Première partie: Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités.

2. Objet

Définir les sévérités limites du rayonnement solaire auquel les produits sont susceptibles d'être exposés pendant le transport, le stockage et la mise en œuvre.

3. Généralités

Le rayonnement solaire peut affecter les produits essentiellement par l'échauffement des matériaux et de leur environnement, ou par dégradation photochimique des matériaux.

Le contenu ultraviolet du rayonnement solaire est la cause d'une dégradation photochimique de la plupart des matériaux organiques. L'élasticité et la plasticité de certains composés de caoutchouc ou de matières plastiques sont affectées. Le verre optique peut devenir opaque.

Le rayonnement solaire décolore les peintures, les textiles, le papier, etc. Cela peut avoir une importance, par exemple, pour les couleurs codées des composants.

L'échauffement des matériaux est l'effet le plus important de l'exposition au rayonnement solaire. La présentation des sévérités du rayonnement solaire est pour cette raison liée à la puissance surfacique rayonnée – ou éclaircissement énergétique – exprimée en watts par mètre carré.

Un objet soumis au rayonnement solaire atteint une température dépendant essentiellement de la température de l'air environnant, de l'énergie rayonnée par le soleil et de l'angle d'incidence du rayonnement sur l'objet. D'autres facteurs, par exemple le vent, la transmission de la chaleur aux structures, peuvent avoir de l'importance. De plus, le facteur d'absorption α_s du spectre solaire par la surface est important.

Une température conventionnelle t_s de l'air peut être définie, qui, dans des conditions stables, a pour résultat une température de surface d'un objet égale à la combinaison de la température réelle t_u de l'air, et du rayonnement solaire de l'éclaircissement énergétique E .

Une valeur approximative peut être obtenue au moyen de l'équation suivante:

$$t_s = t_u + \frac{\alpha_s \cdot E}{h_y}$$

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Part 2: Environmental conditions appearing in nature

Solar radiation and temperature

1. Scope

This part of the standard presents a broad division into types of solar radiation areas. It is intended to be used as part of the background material when selecting appropriate severities of solar radiation for product applications.

All types of geographical areas are covered, except areas with altitudes above 5000 m.

When selecting severities of solar radiation for product applications, the values which are given in IEC Publication 721-1: Classification of Environmental Conditions, Part 1: Classification of Environmental Parameters and Their Severities, should be applied.

2. Object

To define limiting severities of solar radiation to which products are liable to be exposed during transportation, storage and use.

3. General

Solar radiation can affect products primarily by heating of material and their environment or by photochemical degradation of material.

The ultraviolet content of solar radiation causes photochemical degradation of most organic materials. Elasticity and plasticity of certain rubber compounds and plastic materials are affected. Optical glass may become opaque.

Solar radiation bleaches out colours in paints, textiles, paper, etc. This can be of importance, for example for the colour coding of components.

The heating of material is the most important effect of exposure to solar radiation. The presentation of severities of solar radiation is therefore related to the power density radiated towards a surface, or irradiance, expressed in watts per square metre.

An object subjected to solar radiation will attain a temperature depending primarily on the surrounding air temperature, the energy radiated from the sun, and the incidence angle of the radiation on the object. Other factors, for example wind and heat conduction to mountings, can be of importance. In addition, the absorptance α_s of the surface for the solar spectrum is of importance.

An artificial air temperature t_s may be defined, which, under steady-state conditions, results in the same surface temperature of an object as the combination of the actual air temperature t_u and the solar radiation of the irradiance E .

An approximate value can be obtained from the following equation:

$$t_s = t_u + \frac{\alpha_s \cdot E}{h_y}$$

Le coefficient h_y est le coefficient global de transmission thermique pour la surface, en watts par mètre carré et degré Celsius, et comprend le rayonnement thermique vers l'entourage, la conduction de la chaleur et la convection due au vent.

Le facteur d'absorption α_s dépend de la couleur thermique et des facteurs de réflexion et de transmission de la surface.

Les valeurs typiques par ciel clair sont : $\alpha_s = 0,7$

$$h_y = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$E = 900 \text{ W}/\text{m}^2$$

Elles ont pour effet une « surtempérature », due au rayonnement solaire, d'environ 30 °C. On peut constater qu'une erreur de 10 % dans l'estimation du rayonnement solaire aura une influence de moins de 5 °C sur la température concernée. Aussi n'est-il nullement besoin, dans cette classification, d'une grande précision pour les sévérités de rayonnement solaire, si bien que les facteurs mineurs affectant la chaleur rayonnée ont été ici négligés.

L'effet d'échauffement est causé principalement par un rayonnement de courte durée et de haute intensité, c'est-à-dire le rayonnement solaire aux environs de midi, les jours sans nuages. De telles valeurs sont présentées dans le tableau I.

Il peut aussi être intéressant d'identifier les plus faibles valeurs de rayonnement atmosphérique pendant les nuits claires afin de déterminer la « sous-température » de produits exposés au ciel nocturne.

De telles valeurs sont données dans la figure 1, page 14.

4. Physique héliothermique

Le rayonnement électromagnétique en provenance du Soleil couvre un spectre assez large, de l'ultraviolet au proche infrarouge. La plus grande partie de l'énergie atteignant la surface de la Terre est dans la bande de longueur d'onde de 0,3 μm à 4 μm , avec un maximum dans la bande visible autour de 0,5 μm . Des spectres typiques sont indiqués à la figure 2, page 15.

La quantité d'énergie rayonnée par le Soleil qui tombe sur la surface unitaire d'un plan perpendiculaire aux rayons solaires, juste à l'extérieur de l'atmosphère, à la distance moyenne Soleil-Terre est appelée « constante solaire ». Sa valeur est d'environ 1,37 kW/m².

La distance Soleil-Terre varie au cours de l'année et, par suite, le rayonnement varie d'environ 1,41 kW/m² en janvier, à environ 1,32 kW/m² en juillet.

Pres de 99% de l'énergie du Soleil est émise à des longueurs d'onde inférieures à 4 μm . La plus grande partie de l'énergie émise à moins de 0,3 μm est absorbée par l'atmosphère et n'atteint pas la surface de la Terre. Une absorption supplémentaire et une dispersion du rayonnement sont dues à la présence de particules et de gaz pendant la traversée de l'atmosphère. La dispersion du rayonnement solaire direct dans l'atmosphère a pour résultat un rayonnement diffus du ciel. Ainsi, l'énergie reçue en un certain point de la surface terrestre est la somme du rayonnement solaire direct et du rayonnement solaire diffus, appelée « rayonnement global ». Du point de vue des effets d'échauffement, c'est cette somme qui présente de l'intérêt, et les niveaux donnés dans la présente norme sont, pour cette raison, relatifs au rayonnement global.

5. Niveaux de rayonnement global

5.1 Niveaux maximaux

Le niveau maximal de rayonnement global se constate à midi, par beau temps. La plus haute valeur de la puissance obtenue par un jour sans nuages, à midi, sur une surface perpendiculaire à la direction du soleil dépend de la teneur de l'air en aérosols, ozone et vapeur d'eau. Elle varie considérablement avec la latitude géographique et le type de climat.

The coefficient h_y is the heat transfer coefficient for the surface, in watts per square metre and degree Celsius, and includes thermal radiation to the surroundings, heat conduction and convection due to wind.

The absorptance α_s depends on the thermal colour, the reflectance and the transmittance of the surface.

Typical clear sky values are: $\alpha_s = 0.7$
 $h_y = 20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$
 $E = 900 \text{ W}/\text{m}^2$

resulting in an "overtemperature" due to solar radiation of about 30°C . It can then be seen that an error of 10% in the estimation of the intensity of the solar radiation will influence the temperature involved by less than 5°C . Therefore, there is no need in this classification for extremely accurate severities of solar radiation and minor factors affecting the heat radiated have therefore been disregarded here.

The heating effect is caused mainly by short-term radiation of high intensity, i.e. the solar radiation around noon on cloudless days. Such values are presented in Table I.

It may also be of interest to identify the lowest possible values of atmospheric radiation during clear nights in order to determine the "undertemperature" of products exposed to the night sky.

Such values are given in Figure 1, page 14.

4. Solar radiation physics

The electromagnetic radiation from the sun to the Earth covers a rather broad spectrum from the ultraviolet to the near infra-red. Most of the energy reaching the surface of the earth is in the wavelength range of $0.3 \mu\text{m}$ to $4 \mu\text{m}$ with a maximum in the visible range around $0.5 \mu\text{m}$. Typical spectra are shown in Figure 2, page 15.

The amount of radiant energy from the sun which falls upon unit area of a plane normal to the sun's rays just outside the atmosphere at the mean distance from Earth to sun is called the solar constant. Its value is approximately $1.37 \text{ kW}/\text{m}^2$.

The distance from Earth to sun varies during the year, and consequently the radiation varies from approximately $1.41 \text{ kW}/\text{m}^2$ in January to approximately $1.32 \text{ kW}/\text{m}^2$ in July.

Approximately 99% of the energy of the sun is emitted at wavelengths below $4 \mu\text{m}$. Most of the energy below $0.3 \mu\text{m}$ is absorbed by the atmosphere and does not reach the surface of the Earth. Further absorption and scattering of the radiation takes place, due to particles and gases, during passage through the atmosphere. The scattering of the direct solar radiation in the atmosphere results in diffuse radiation from the sky. Thus the energy received at a certain place on the earth is the sum of the direct solar radiation and the diffuse solar radiation, which is referred to as the "global radiation". From the point of view of heating effects, this sum is of interest and the levels given in this standard are therefore related to global radiation.

5. Levels of global radiation

5.1 Maximum levels

The maximum level of global radiation on a clear day occurs at noon. The highest value of the power achieved on a cloudless day at noon at a surface perpendicular to the direction of the sun depends on the content of aerosol particles, ozone and water vapour in the air. It varies considerably with geographical latitude and type of climate.

Le rayonnement global sur une surface perpendiculaire à la direction du soleil peut atteindre une valeur de 1120 W/m^2 à midi, par un jour sans nuages, avec environ 1 cm de vapeur d'eau contenue, 2 mm d'ozone et des aérosols de $\beta=0,05$, où β est le coefficient de turbidité d'Ångström. La valeur 1120 W/m^2 est typique pour un pays de plaine, à l'écart des industries et des grandes villes, et pour une hauteur du soleil supérieure à 60° .

Note. – La vapeur d'eau contenue dans une colonne verticale de l'atmosphère est mesurée comme la hauteur, en centimètres, de l'eau précipitée correspondante. De façon analogue, l'ozone contenu dans une colonne verticale de l'atmosphère est mesuré comme la hauteur de la colonne d'ozone correspondante à température et pression normales. La diffraction et l'absorption par les aérosols sont exprimées par le coefficient de turbidité d'Ångström, qui est la profondeur optique de l'atmosphère, au regard de l'extinction du rayonnement monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 1 \mu\text{m}$.

Le rayonnement solaire direct décroît en raison inverse de la turbidité. Celle-ci est grande dans les climats subtropicaux et dans les déserts, où la concentration de particules dans l'air est forte. Elle est grande aussi dans les régions urbaines et faible dans les zones montagneuses.

Les niveaux du tableau I sont recommandés pour être appliqués comme des valeurs maximales du rayonnement global à midi, reçu sur une surface perpendiculaire à la direction du soleil dans un ciel sans nuages. Le niveau varie seulement de quelques pour-cent dans les heures proches de midi et peut, pour cette raison, être considéré comme représentatif d'une durée de quelques heures.

TABLEAU I
Valeurs typiques maximales de rayonnement global
(en watts par mètre carré dans un ciel sans nuages)

Zone	Grandes villes	Plaines	Zones montagneuses
Climats subtropicaux et déserts	700	750	1 180
Autres régions	1 050	1 120	1 180

5.2 Rayonnement solaire global moyen, mensuel et annuel

Alors que l'effet maximal d'échauffement du rayonnement solaire sur une surface est dû normalement à un éclairage énergétique de courte durée aux environs de midi, les effets photochimiques sont fonction de l'intégration dans le temps du rayonnement, appelée « exposition énergétique ». Pour les besoins de comparaison, l'exposition énergétique globale journalière est la valeur la plus commode et la plus souvent utilisée.

En décembre, aux environs du pôle sud, la moyenne mensuelle d'exposition énergétique journalière peut atteindre environ $10,8 \text{ kWh/m}^2$, du fait de la durée du jour. Les niveaux journaliers hors des zones antarctiques atteignent environ $8,4 \text{ kWh/m}^2$.

Les plus hautes moyennes annuelles d'exposition énergétique journalière globale, qui peuvent atteindre $6,6 \text{ kWh/m}^2$, sont trouvées principalement dans les zones désertiques.

5.3 Valeurs simultanées des températures maximales de l'air et du rayonnement solaire

On trouve les plus faibles valeurs du coefficient de turbidité β dans les masses d'air froid. C'est pourquoi les niveaux figurant dans le tableau I ne sont pas rencontrés quand la température de l'air est dans ses valeurs les plus élevées.

On peut considérer que l'éclairage énergétique global n'atteint pas plus de 80% des valeurs données dans le tableau I en présence des températures d'air maximales données dans la Publication 721-2-1 de la CEI: Classification des conditions d'environnement, Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature. Température et humidité.

The global radiation on a surface perpendicular to the direction of the sun may reach a value of 1120 W/m^2 at noon on a cloudless day with approximately 1 cm water vapour content, 2 mm ozone and aerosols of $\beta=0.05$, where β is the Ångström turbidity coefficient. The value 1120 W/m^2 is typical for flat land far away from industrial areas and from large cities at solar elevations exceeding 60° .

Note. – The water vapour content of a vertical column of the atmosphere is measured as the height, in centimetres, of the corresponding precipitated water. Analogously, the ozone content of a vertical column of the atmosphere is measured as the height of the corresponding ozone column at normal temperature and pressure. The scattering and absorption by aerosol particles is expressed by the Ångström turbidity coefficient, which is the optical depth of the atmosphere with respect to extinction of monochromatic radiation of wavelength $\lambda = 1 \text{ }\mu\text{m}$.

The direct solar radiation decreases with increasing turbidity. Turbidity is high in subtropical climates and in deserts where the concentration of particles in the air is high. It is also high in large cities and low in mountainous areas.

The levels in Table I are recommended for application as peak values of global irradiance at noon, experienced by a surface perpendicular to the direction of the sun in a cloudless sky. The level varies only a few percent within the hours nearest to noon and can therefore be assumed to be representative for a few hours at a time.

TABLE I
*Typical peak values of global irradiance
(in watts per square metre from a cloudless sky)*

Area	Large cities	Flat land	Mountainous areas
Subtropical climates and deserts	700	750	1 180
Other areas	1 050	1 120	1 180

5.2 Mean monthly and annual global solar radiation

Whilst the maximum heating effect of solar radiation on a surface is normally dependent on short-term irradiance around noon, the photochemical effects are related to radiation, integrated over time, i.e. irradiation. For the purpose of comparison, daily global irradiation is the most convenient and commonly used value.

In December, the monthly mean average of daily irradiation reaches approximately 10.8 kWh/m^2 close to the South Pole, because of the duration of daylight. Outside the Antarctic area daily levels reach approximately 8.4 kWh/m^2 .

The highest annual mean averages of daily global irradiation, up to 6.6 kWh/m^2 , are found mainly in desert areas.

5.3 Simultaneous values of maximum air temperatures and solar radiation

The lowest values of the turbidity coefficient β are found in cold air masses. Therefore, the levels in Table I do not occur at the highest values of air temperature.

It may be assumed that global irradiance does not reach more than 80% of the values given in Table I at the maximum air temperatures given in IEC Publication 721-2-1: Classification of Environmental Conditions, Part 2: Environmental Conditions Appearing in Nature. Temperature and Humidity.

6. Niveaux minimaux de rayonnement atmosphérique nocturne

Lors des nuits sans nuages quand le rayonnement atmosphérique est très faible, les objets exposés au ciel nocturne prennent une température de surface inférieure à celle de l'air environnant.

La température théorique T_0 , en kelvins, d'un objet en équilibre avec le rayonnement atmosphérique est donnée par la loi de Boltzmann :

$$T_0 = \left(\frac{A}{\sigma} \right)^{1/4}$$

dans laquelle :

σ est la constante de Stefan-Boltzmann, soit $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

A est le rayonnement atmosphérique en W/m^2 (voir figure 1, page 14).

En pratique, les températures seront supérieures en raison de la conduction thermique, de la convection et de la condensation d'eau.

A titre d'exemple, on constate que la surface d'un disque horizontal, isolé thermiquement du sol et exposé au ciel nocturne pendant une nuit claire, peut atteindre une température de -14°C lorsque la température de l'air est de 0°C et que l'humidité relative est proche de 100%.

La figure 1 indique le rayonnement atmosphérique d'un ciel nocturne par temps clair en fonction de la température de l'air, à une hauteur de 2 m au-dessus du sol. L'humidité relative est normalement très élevée par nuit claire.

6. Minimum levels of atmospheric radiation at night

In cloudless nights when the atmospheric radiation is very low, objects exposed to the night sky will attain surface temperatures below the surrounding air temperature.

The theoretical temperature T_0 , in kelvins, of an object in equilibrium with the atmospheric radiation is given by Boltzmann's law:

$$T_0 = \left(\frac{A}{\sigma} \right)^{1/4}$$

where:

σ is Stefan-Boltzmann's constant, $5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$

A is atmospheric radiation in W/m^2 (see Figure 1, page 14).

In practice, temperatures will be higher due to heat conduction, convection and water condensation.

As an example it has been found that the surface of a horizontal disk thermally isolated from the ground and exposed to the night sky during a clear night can attain a temperature of -14°C when the air temperature is 0°C and the relative humidity is close to 100%.

Figure 1 shows the atmospheric radiation from the night sky in clear air as a function of air temperature at a height of 2 m above the ground level. The relative humidity is normally very high on clear nights.

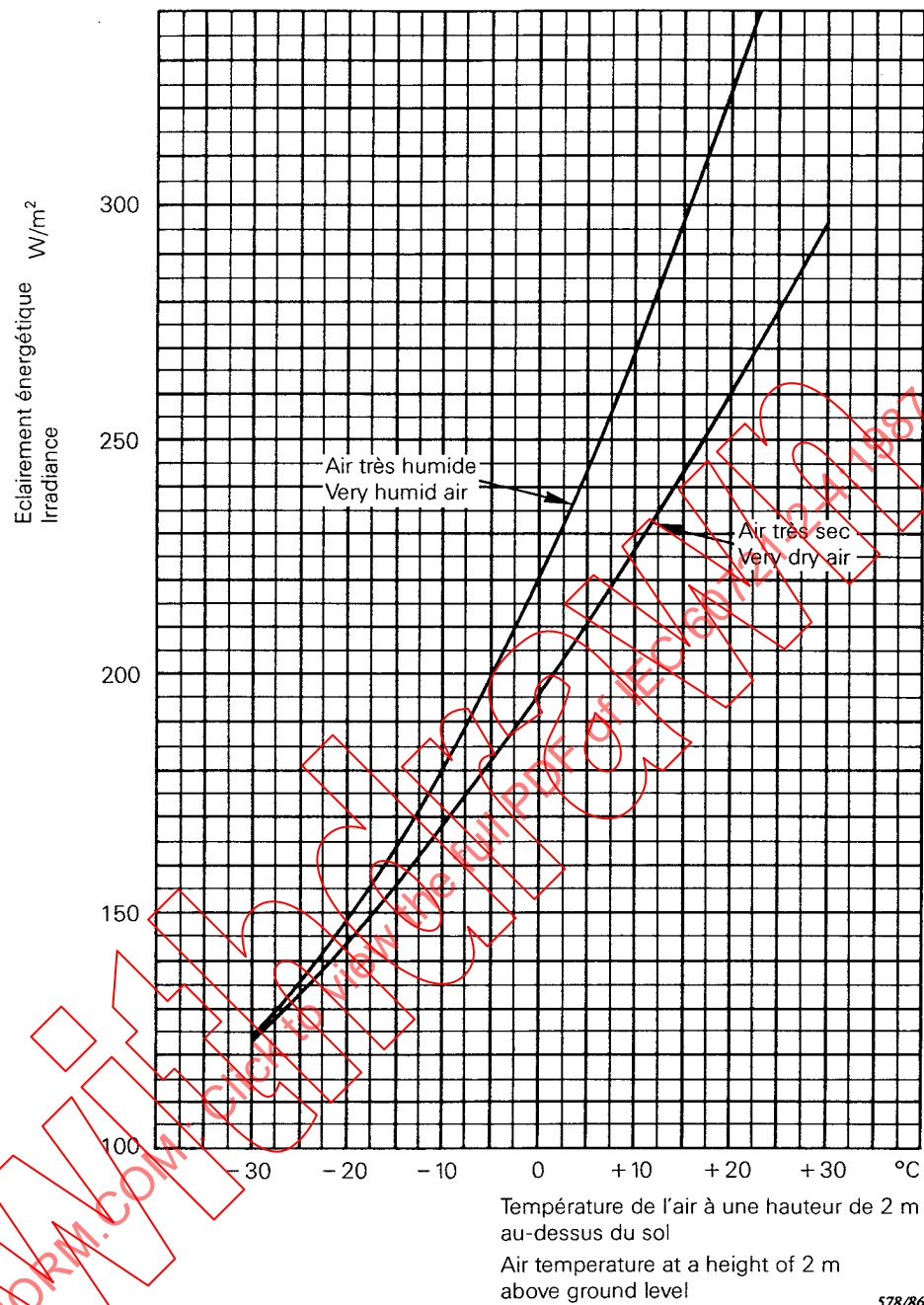


FIG. 1. – Rayonnement atmosphérique d'un ciel nocturne par temps clair.
Atmospheric radiation from a clear night sky.