



ISBN 978 3 901 906 80 0

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION  
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

# TECHNICAL REPORT

## UV-A PROTECTION AND SUNSCREENS

**CIE 186:2010**

UDC: 612.014.481-06  
535.31

Descriptor: Optical radiation effects on humans  
Ultraviolet rays

## THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organisation devoted to international co-operation and exchange of information among its member countries on all matters relating to the art and science of lighting. Its membership consists of the National Committees in about 40 countries.

The objectives of the CIE are :

1. To provide an international forum for the discussion of all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting and for the interchange of information in these fields between countries.
2. To develop basic standards and procedures of metrology in the fields of light and lighting.
3. To provide guidance in the application of principles and procedures in the development of international and national standards in the fields of light and lighting.
4. To prepare and publish standards, reports and other publications concerned with all matters relating to the science, technology and art in the fields of light and lighting.
5. To maintain liaison and technical interaction with other international organisations concerned with matters related to the science, technology, standardisation and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried on by seven Divisions each with about 20 Technical Committees. This work covers subjects ranging from fundamental matters to all types of lighting applications. The standards and technical reports developed by these international Divisions of the CIE are accepted throughout the world.

A plenary session is held every four years at which the work of the Divisions and Technical Committees is reviewed, reported and plans are made for the future. The CIE is recognised as the authority on all aspects of light and lighting. As such it occupies an important position among international organisations.

## LA COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) est une organisation qui se donne pour but la coopération internationale et l'échange d'informations entre les Pays membres sur toutes les questions relatives à l'art et à la science de l'éclairage. Elle est composée de Comités Nationaux représentant environ 40 pays.

Les objectifs de la CIE sont :

1. De constituer un centre d'étude international pour toute matière relevant de la science, de la technologie et de l'art de la lumière et de l'éclairage et pour l'échange entre pays d'informations dans ces domaines.
2. D'élaborer des normes et des méthodes de base pour la métrologie dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
3. De donner des directives pour l'application des principes et des méthodes d'élaboration de normes internationales et nationales dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
4. De préparer et publier des normes, rapports et autres textes, concernant toutes matières relatives à la science, la technologie et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.
5. De maintenir une liaison et une collaboration technique avec les autres organisations internationales concernées par des sujets relatifs à la science, la technologie, la normalisation et l'art dans les domaines de la lumière et de l'éclairage.

Les travaux de la CIE sont effectués par 7 Divisions, ayant chacune environ 20 Comités Techniques. Les sujets d'études s'étendent des questions fondamentales, à tous les types d'applications de l'éclairage. Les normes et les rapports techniques élaborés par ces Divisions Internationales de la CIE sont reconnus dans le monde entier.

Tous les quatre ans, une Session plénière passe en revue le travail des Divisions et des Comités Techniques, en fait rapport et établit les projets de travaux pour l'avenir. La CIE est reconnue comme la plus haute autorité en ce qui concerne tous les aspects de la lumière et de l'éclairage. Elle occupe comme telle une position importante parmi les organisations internationales.

## DIE INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

Die Internationale Beleuchtungskommission (CIE) ist eine Organisation, die sich der internationalen Zusammenarbeit und dem Austausch von Informationen zwischen ihren Mitgliedsländern bezüglich der Kunst und Wissenschaft der Lichttechnik widmet. Die Mitgliedschaft besteht aus den Nationalen Komitees in rund 40 Ländern.

Die Ziele der CIE sind :

1. Ein internationaler Mittelpunkt für Diskussionen aller Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik und für den Informationsaustausch auf diesen Gebieten zwischen den einzelnen Ländern zu sein.
2. Grundnormen und Verfahren der Messtechnik auf dem Gebiet der Lichttechnik zu entwickeln.
3. Richtlinien für die Anwendung von Prinzipien und Vorgängen in der Entwicklung internationaler und nationaler Normen auf dem Gebiet der Lichttechnik zu erstellen.
4. Normen, Berichte und andere Publikationen zu erstellen und zu veröffentlichen, die alle Fragen auf dem Gebiet der Wissenschaft, Technik und Kunst der Lichttechnik betreffen.
5. Liaison und technische Zusammenarbeit mit anderen internationalen Organisationen zu unterhalten, die mit Fragen der Wissenschaft, Technik, Normung und Kunst auf dem Gebiet der Lichttechnik zu tun haben.

Die Arbeit der CIE wird in 7 Divisionen, jede mit etwa 20 Technischen Komitees, geleistet. Diese Arbeit betrifft Gebiete mit grundlegendem Inhalt bis zu allen Arten der Lichtanwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind von der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft und berichtet und neue Pläne für die Zukunft ausgearbeitet werden. Die CIE wird als höchste Autorität für alle Aspekte des Lichtes und der Beleuchtung angesehen. Auf diese Weise unterhält sie eine bedeutende Stellung unter den internationalen Organisationen.

Published by the

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
CIE Central Bureau  
Kegelgasse 27, A-1030 Vienna, AUSTRIA  
Tel: +43(1)714 31 87 0, Fax: +43(1)714 31 87 18  
e-mail: ciecb@cie.co.at  
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2010 – All rights reserved



ISBN 978 3 901 906 80 0

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE  
INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION  
INTERNATIONALE BELEUCHTUNGSKOMMISSION

# TECHNICAL REPORT

## UV-A PROTECTION AND SUNSCREENS

**CIE 186:2010**

UDC: 612.014.481-06  
535.31

Descriptor: Optical radiation effects on humans  
Ultraviolet rays

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 6-24 of Division 6 "Photobiology and Photochemistry" and has been approved by the Board of Administration of the Commission Internationale de l'Eclairage for study and application. The document reports on current knowledge and experience within the specific field of light and lighting described, and is intended to be used by the CIE membership and other interested parties. It should be noted, however, that the status of this document is advisory and not mandatory. The latest CIE proceedings or CIE NEWS should be consulted regarding possible subsequent amendments.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 6-24 de la Division 6 "Photobiologie et Photochimie" et a été approuvé par le Bureau de la Commission Internationale de l'Eclairage, pour étude et emploi. Le document expose les connaissances et l'expérience actuelles dans le domaine particulier de la lumière et de l'éclairage décrit ici. Il est destiné à être utilisé par les membres de la CIE et par tous les intéressés. Il faut cependant noter que ce document est indicatif et non obligatoire. Il faut consulter les plus récents comptes rendus de la CIE, ou le CIE NEWS, en ce qui concerne des amendements nouveaux éventuels.

Dieser Technische Bericht ist vom CIE Technischen Komitee 6-24 der Division 6 "Photobiologie und Photochemie" ausgearbeitet und vom Vorstand der Commission Internationale de l'Eclairage gebilligt worden. Das Dokument berichtet über den derzeitigen Stand des Wissens und Erfahrung in dem behandelten Gebiet von Licht und Beleuchtung; es ist zur Verwendung durch CIE-Mitglieder und durch andere Interessierte bestimmt. Es sollte jedoch beachtet werden, dass das Dokument eine Empfehlung und keine Vorschrift ist. Die neuesten CIE-Tagungsberichte oder die CIE NEWS sollten im Hinblick auf mögliche spätere Änderungen zu Rate gezogen werden.

Any mention of organisations or products does not imply endorsement by the CIE. Whilst every care has been taken in the compilation of any lists, up to the time of going to press, these may not be comprehensive.

Toute mention d'organisme ou de produit n'implique pas une préférence de la CIE. Malgré le soin apporté à la compilation de tous les documents jusqu'à la mise sous presse, ce travail ne saurait être exhaustif.

Die Erwähnung von Organisationen oder Erzeugnissen bedeutet keine Billigung durch die CIE. Obgleich große Sorgfalt bei der Erstellung von Verzeichnissen bis zum Zeitpunkt der Drucklegung angewendet wurde, ist es möglich, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 6-24 "Sunscreen and UV-A" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 6 "Photobiology and Photochemistry".

Members:

J.P. Césarini	France (Chair)
F. Christiaens	France
C. Cole	USA
B. Herzog	Germany
H. Hönigsmann	Austria
U. Osterwalder	Switzerland
R. Sayre	USA
A. Young	Great Britain

Advisors:

R. Bimczok	Germany
M. Brown	Great Britain
J. Ferguson	Great Britain
L. Ferrero	France
H. Gers-Barlag	Germany
G. Greenoak	Australia
H. Lim	USA
D. Moyal	France

## CONTENTS

SUMMARY	VI
RESUME	VI
ZUSAMMENFASSUNG	VI
ABBREVIATIONS	VIII
SYMBOLS	VIII
1 INTRODUCTION	1
1.1 Terms of Reference (1992)	1
1.2 Scope/State of the Art	1
1.3 Background - Previous Work (Status of TC 6-24 in 1997, see Appendix A)	2
1.4 Comparison of <i>in vivo</i> Methods	2
1.4.1 Phototoxicity	2
1.4.2 UV-A Erythema	2
1.4.3 Human Spectroscopic Method	2
1.4.4 Immediate and Persistent Pigment Darkening (IPD and PPD)	2
1.5 Conclusion from Previous Work	3
2 ASSESSMENT OF UV-A PROTECTION BY SUNSCREENS - MECHANISMS OF UV-A ATTENUATION	3
2.1 General Principles	3
2.2 Chemistry	5
2.3 Factors that affect UVR Transmittance of Sunscreens	5
3 ASSESSMENT OF UV-A PROTECTION BY SUNSCREENS - MATERIALS AND METHODS	5
3.1 Materials	5
3.2 Galenics of Sunscreens	8
3.3 Methods	9
3.4 <i>In vivo</i> Methods	9
3.4.1 UV Sources and Cut-off Filters for <i>in vivo</i> Studies	9
3.4.2 Subjects	10
3.4.3 Persistent Pigment Darkening	10
3.4.4 Diffuse Reflectance Spectroscopy	11
3.5 <i>Ex vivo</i> Methods	11
3.6 <i>In vitro</i> Methods (Instrumental)	11
3.6.1 UV Sources and Cut-off Filters for <i>in vitro</i> Studies	12
3.6.2 Instruments for <i>in vitro</i> Measurements	12
3.6.3 Substrates for <i>in vitro</i> Testing	14
3.6.4 UV-A/UV-B Ratio	15
3.6.5 Critical Wavelength	16
3.6.6 Australian Standard	16
3.6.7 UV-A Balance (DIN 67502)	16
3.6.8 COLIPA Method (DIN 67502 + Pre-Irradiation of Test Sample)	18
3.7 <i>In silico</i> Methods	19
3.7.1 Calculated SPF	19
3.7.2 Calculated UV-A Parameters, Demonstration of the Characteristics of the Various UV-A Methods	19
4 CURRENT NATIONAL AND REGIONAL STANDARD DOCUMENTS AND GUIDELINES	20
4.1 Current National Standards	20
4.2 Proposed Methods/Standards	21
5 DISCUSSION AND RECOMMENDATION OF TEST METHODS	21
5.1 <i>In vivo</i>	21
5.2 <i>In vitro</i>	21
5.3 <i>In silico</i>	22
5.4 Conclusion	22

6 REFERENCES	23
APPENDIX A TC 6-24 REPORT SUNSCREEN UV-A STATE OF THE ART 1997	27
A1 Introduction	27
A2 Considered Methods	27
A2.1 In vitro Determination	27
A2.2 In vivo Protection against UV-A Phototoxic Reactions	28
A2.3 In vivo Pigmentation and Erythema	28
A2.4 Human Spectroscopic Method	28
A2.5 In vivo Immediate Pigment Darkening	28
A3 Advantages of the Test Based on the Persistent Pigment Darkening Dose	29
A4 Considered Specific Points for a UV-A Photoprotection Test Based on PPD	29
A4.1 Selection of Subjects	29
A4.2 Test Site	29
A4.3 Sources of Irradiation	30
A4.4 Determination of the Persistent Pigment Darkening Dose	30
A4.5 Number of Subjects and Calculation of the UV-A Protection Factor	30
A4.6 Water Resistance	30
A5 Considerations for Ongoing and Future Work	30
A6 Annex to TC 6-24 Report 1997: Relevant Publications	31
A6.1 UV-A Induced Pigmentation and Erythema	31
A6.2 Evaluation Methods for Sunscreens (UV-A)	32
A6.3 Effects of UV-A on Human Skin and Health	33
APPENDIX B TC 6-31 REPORT IMMEDIATE PIGMENT DARKENING (IPD)	34
B1 History of the Phenomenon	34
B2 Nature of the Phenomenon	34
B3 Action Spectrum	35
B4 Practical Interest	37
B5 References	38
B6 Bibliography	40
APPENDIX C CROSS REFERENCE OF ALL UV FILTERS BY INCI AND USAN DESIGNATION	43

## UV-A PROTECTION AND SUNSCREENS

### SUMMARY

Technical Committee TC 6-24 was formed in 1992 due to the importance of the deleterious effects associated with exposure to UV-A radiation and because of a lack of existing guidance/regulations on tests for UV-A protection. The objective was to arrive at an international consensus on such tests. By 1997 the committee had identified one *in vivo* method worth pursuing, i.e. Persistent Pigment Darkening, and several *in vitro* methods that had not yet been validated. It was not possible to reach a consensus at that time, however. In the meantime the development of methods to assess UV-A protection continued and is still on-going, especially on *in vitro* methods. Furthermore, the computer-aided calculation of sunscreen performance - referred to as *in silico* - became more sophisticated and useful. Rather than trying to find a consensus on sunscreen testing the objective of the reactivated TC 6-24 has now been reduced to giving, in the form of a Technical Report, a comprehensive overview as well as an assessment and ranking of the UV-A methods currently under discussion. This report starts with the general principles of UV protection and an overview of UV-A and broad-spectrum UV filters. Then a description and assessment of *in vivo*, *ex vivo*, *in vitro* and *in silico* methods is given.

## PROTECTION ANTI-UV-A ET PRODUITS DE PROTECTION SOLAIRE

### RESUME

Le comité technique TC 6-24 a été initié en 1992 pour prendre en compte l'importance des effets délétères entraînés par les expositions au rayonnement UV-A et, en raison de l'absence de normalisation, pour tester la protection anti-UV-A. Son objectif était de parvenir à un consensus international pour réaliser de tels tests. En 1997, le comité a sélectionné un test *in vivo* pour une étude approfondie basée sur la réaction cutanée appelée pigmentation immédiate et persistante. Plusieurs méthodes *in vitro* n'étaient pas encore validées. Il fut impossible de parvenir à un consensus. Parallèlement, le développement de méthodes pour évaluer la protection anti-UV-A continuait et se poursuit actuellement, particulièrement vers les méthodes *in vitro*. De plus l'évaluation, aidée par informatique, des performances des écrans solaires - méthode appelée "*in silico*" - devint plus sophistiquée et utilisée. Plutôt que de tenter d'aboutir à un consensus sur les tests d'évaluation des écrans solaires, l'objectif du TC 6-24 se réduit à fournir un rapport technique présentant une vue générale compréhensible ainsi qu'une évaluation et un classement des méthodes UV-A actuellement en discussion. Ce rapport présente les principes généraux de la protection anti-UV ainsi qu'une analyse des filtres absorbant dans l'UV-A et dans un spectre plus large anti-UV. Enfin une description et une évaluation des méthodes *in vivo*, *ex vivo*, *in vitro* et *in silico* sont fournies.

## UV-A-SCHUTZ UND SONNENSCHUTZMITTEL

### ZUSAMMENFASSUNG

Das Technische Komitee TC 6-24 wurde 1992 angesichts der Wichtigkeit der schädlichen Wirkung von UV-A-Strahlung und dem Mangel an Vorschriften zur Messung des UV-A-Schutzes gegründet. Das damalige Ziel war, einen internationalen Konsensus über UV-A-Messmethoden zu erreichen. Bis 1997 beschäftigte sich die Arbeitsgruppe mit mehreren *in vivo* Methoden, von denen die Persistent Pigment Darkening Methode am weitesten fortgeschritten war. Es war damals jedoch nicht möglich, einen Konsensus zu erzielen. In der Zwischenzeit ging die Entwicklung der UV-A-Schutz-Bestimmungsmethoden, vor allem im In-vitro-Bereich, weiter. Des Weiteren wurden Methoden zur Berechnung der Leistung von Sonnencremes - hier „*in silico*“ genannt - anspruchsvoller und zuverlässiger. Anstatt zu versuchen, einen Konsensus über die UV-A-Testung von Sonnenschutzmitteln zu erreichen, wurde das Ziel des reaktivierten TC 6-24 darauf reduziert, in Form eines Technischen Berichtes eine umfassende Übersicht, sowie eine Beurteilung und Rangordnung der z.Zt. diskutierten UV-A-Meßmethoden zu geben. Dieser Bericht beginnt mit den Prinzipien des UV-

Schutzes und einer Übersicht der UV-A- und Breitband-UV-Filter. Dann werden *in vivo*, *ex vivo*, *in vitro* und *in silico* Methoden beschrieben und beurteilt.