



ISBN 978-3-902842-45-9

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

# TECHNICAL REPORT

**METHODS FOR RE-DEFINING  
CIE D ILLUMINANTS**

**CIE 204:2013**

---

UDC: 535.625.45

Descriptor: Artificial Daylight

## THE INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION

The International Commission on Illumination (CIE) is an organization 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 organizations 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 organizations.

## 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 Lichtenwendung. Die Normen und Technischen Berichte, die von diesen international zusammengesetzten Divisionen ausgearbeitet werden, sind auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen überprüft, 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 2013 - All rights reserved



ISBN 978-3-902842-45-9

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

# TECHNICAL REPORT

**METHODS FOR RE-DEFINING  
CIE D ILLUMINANTS**

**CIE 204:2013**

---

UDC: 535.625.45

Descriptor: Artificial Daylight

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 1-74 of Division 1 "Vision and Colour" and has been approved by the Board of Administration as well as by Division 1 of the Commission Internationale de l'Eclairage. 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.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 1-74 de la Division 1 "Vision et Couleur" et a été approuvé par le Bureau et Division 1 de la Commission Internationale de l'Eclairage. 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.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 1-74 der Division 1 "Sehen und Farbe" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 1 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.

Any mention of organizations 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, besteht die Möglichkeit, dass diese nicht vollständig sind.

The following members of TC 1-74 "Methods for Re-defining CIE D Illuminants" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 1 "Vision and Colour".

Authors:

Fairman, H.	USA
Hirschler, R.	Hungary
Koszttyán, Z.	Hungary
Kránicz, B.	Hungary
Li, C.	China
Ohno, Y.	USA
Rich, D.	USA
<b>Schanda, J.</b>	<b>Hungary (Chair)</b>

CONTENTS

Summary.....	V
Résumé .....	V
Zusammenfassung.....	V
1 Introduction .....	1
2 History of Daylight Illuminants .....	1
2.1 Choice of Daylight.....	1
2.2 CIE Sources and Illuminants B and C.....	2
2.3 The Equi-Energy Spectrum.....	3
2.4 The D Illuminants.....	3
2.5 The ID Illuminants.....	5
3 Experiments on Advantages of Smoothing .....	5
4 Possible Smooth Daylight Spectral Power Distribution Models .....	9
4.1 Using Sprague Formula between the 10 nm Fixed Points (Minimal Smoothing).....	9
4.2 Smoothing some Absorption Bands (Highly Smoothing) .....	11
5 Conclusions and Recommendation .....	12
6 Tables.....	13
Annex A Calculation of the Spectral Power Distribution of a Phase of Daylight with Arbitrary Equally Spaced Sampling.....	66
References.....	68

## METHODS FOR RE-DEFINING CIE D ILLUMINANTS

### Summary

This Technical Report gives an overview of the construction of the tables describing CIE D illuminants, and proposes two methods to smooth the daylight illuminant spectral power distributions. The first method keeps the values originally determined at the integer 10 nm intervals unchanged and interpolates between these fixed points to get smooth (twice differentiable) curves (minimal smoothing method). A second alternative method smoothes more strongly, cutting fine structure maxima and minima of the spectrum (highly smoothing method).

Examples show the consequences of both methods, pointing out that smoothing has little influence on colorimetric accuracy.

The Technical Committee recommends testing the provided tables based on the two smoothing algorithms in practice and to urge users to test data of Table 4 which are based on the highly smoothing method, and ask instrument constructors to test the method for building D illuminant simulators with the eventual outcome of defining a CIE D50 and D65 standard source.

## MÉTHODE DE REDEFINITION DES ILLUMINANTS D DE LA CIE

### Résumé

Ce rapport technique fait le point sur l'établissement des tables définissant les illuminants D de la CIE et propose deux méthodes pour lisser la répartition spectrale d'énergie de l'illuminant lumière du jour. La première méthode préserve les valeurs fixées originellement tous les 10 nm et fait une interpolation entre ces points afin d'obtenir une courbe lisse et doublement dérivable (méthode de lissage minimal). Une méthode alternative lisse plus sévère, en rabotant les maxima et minima aigus de la courbe (méthode de lissage supérieur).

Des exemples montrent les résultats donnés par chaque méthode, soulignant que le lissage n'a que peu d'effet sur la précision colorimétrique.

Le comité technique recommande de tester dans la pratique les tables fournies par les deux algorithmes et d'inciter les utilisateurs à tester les valeurs du Tableau 4 qui sont basées sur la méthode de lissage supérieur, de demander aux fabricants d'instruments d'exploiter la méthode pour construire des simulateurs d'illuminant D avec la perspective de définir des sources de référence CIE D50 et D65.

## METHODEN ZUR NEUDEFINITION DER CIE TAGESLICHT-LICHTARTEN

### Zusammenfassung

Dieser Technische Bericht gibt einen Überblick über den Aufbau der die D-Lichtarten der CIE beschreibenden Tabellen. Es werden zwei Methoden zur Glättung der spektralen Strahlungsverteilung der Tageslichtarten vorgeschlagen. Die erste Methode lässt die Originalwerte im Abstand von 10 nm unverändert und interpoliert nur zwischen diesen Fixpunkten, um eine geglättete (zweimal differenzierbare) Kurve zu erhalten (Minimale Glättungsmethode). Eine zweite alternative Methode glättet strenger, indem die Strukturen feiner Maxima und Minima abgeschnitten werden (Höhere Glättungsmethode).

Beispiele zeigen die Auswirkungen beider Methoden, insbesondere dass die Glättung nur geringen Einfluss auf die farbmetrische Genauigkeit hat.

Das Technische Komitee empfiehlt, die für die beiden Glättungsmethoden erstellten Tabellen in der Praxis zu testen und Benutzer zu veranlassen, die auf der höheren Glättungsmethode basierenden Daten der Tabelle 4 zu prüfen, sowie die Gerätehersteller zu bitten, die Methode

## **CIE 204:2013**

zum Bau von Simulatoren der D-Lichtarten zu prüfen, mit dem möglichen Ergebnis, CIE-Normlichtquellen D50 und D65 zu definieren.

## 1 Introduction

Natural daylight was and still is the most common source of light in our environment. Our visual system likely evolved primarily for seeing under daylight conditions. It was thus natural that colorimetry should also use daylight as one of its primary illuminants. As documented in Clause 2, the present standard daylight illuminant has a long history, from the early artificial daylight source consisting of an incandescent lamp plus liquid filters to the modern daylight illuminants that exist only as spectral power distribution (SPD) tables. These tables originally contained the SPD at discrete 10 nm intervals, but the most recent official tables now contain SPD data that have been linearly interpolated for other wavelengths that fall between the original 10 nm locations. This has led to SPDs that change abruptly at the original locations and are straight lines between them. For many applications, where the energy in the source must be numerically integrated over the visible range of wavelengths, this interpolation has proved unsatisfactory, so CIE Division 1, at its meeting in 2008, decided to investigate this problem and requested the establishment of the following Technical Committee: CIE TC 1-74, *Methods for Re-defining CIE D Illuminants*. The Terms of Reference for the new committee were approved by the CIE Board of Administration in February 2009:

“To investigate the issue of smoothing the values of the D illuminants such as described in CIE 15:2004 Appendix C and to propose the calculation methods for new definitions of the D illuminants.”

This Technical Report summarizes the findings of the Technical Committee.

## 2 History of Daylight Illuminants

Through the ages natural daylight has been the principal light source available to humans, so it is only natural that it continues to be the most important reference illuminant, even though today there is a wide variety of available artificial light sources. It can be assumed that the “true” colour of the objects that are around us is the one seen under daylight.

### 2.1 Choice of Daylight

The spectral characteristics of natural daylight are ever changing, depending on the time of the day, the season, the location and whether the sky is blue or covered (fully or partially) by clouds. For colour matching professionals, and also for artists, the preferred illumination has for centuries been (in the northern hemisphere) north-sky daylight, and its use was well-established in American science and industry long before CIE adopted its daylight illuminants (McCamy, 1990). North-sky daylight, however, is not constant; it also may change in colour temperature from below 5 000 K up to at least 25 000 K and, according to McLaren (1962), “where natural daylight is used for colour matching, it would be better to use total daylight rather than north-sky daylight ...”. Although total daylight varies from a mixture of bright sunshine plus deep-blue sky to light from a totally overcast sky, its colour temperature is much more constant than that of north-sky daylight, the values reported in the literature ranging from 5 620 K to 8 000 K; Taylor and Kerr (1941) state that “the normal range is from 6 000 K to 7 000 K.”