



ISBN 3 901 906 41 X

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

TECHNICAL REPORT

RECOMMENDED PRACTICE FOR TABULATING SPECTRAL DATA FOR USE IN COLOUR COMPUTATIONS

CIE 167:2005

UDC: 535.66

Descriptor: Colorimetry

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 38 countries and one geographical area and of 4 associate members.

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 38 pays plus un territoire géographique, et de 4 membres associés.

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 38 Ländern und einem geographischen Gebiet und aus 4 assoziierten Mitgliedern.

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.

Tagungen werden alle vier Jahre abgehalten, 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@ping.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2005 – All rights reserved



ISBN 3 901 906 41 X

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

TECHNICAL REPORT

RECOMMENDED PRACTICE FOR TABULATING SPECTRAL DATA FOR USE IN COLOUR COMPUTATIONS

CIE 167:2005

UDC: 535.66

Descriptor: Colorimetry

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 1-38 of Division 1 "Vision and Colour" 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 1-38 de la Division 1 "Vision et Couleur" 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 1-38 der Division 1 "Sehen und Farbe" 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 das 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.

© CIE 2005 – All rights reserved

The following members of the Technical Committee 1-38 "Compatibility of tabular spectral data for computational purposes" took part in the preparation of this report. The TC comes under CIE Division 1 "Vision and Colour".

F.W. Billmeyer, Jr. †	U.S.A.
J. Campos	Spain
P.J. Clarke	Great Britain
H.S. Fairman	U.S.A.
R.W.G. Hunt #	Great Britain
T. Kehlbarov	Bulgaria
C.S. McCamy #	U.S.A. (Chair until 2003)
K. Okubo	Japan
M.R. Pointer	Great Britain (Chair from 2003)
D.C. Rich	U.S.A.
A.R. Robertson	Canada
J. Schanda	Hungary
R. Sève	France
H. Terstiege †	Germany
J. Verrill †	Great Britain
K. Witt #	Germany
J.C. Zwinkels	Canada

† deceased

retired

TABLE OF CONTENTS

SUMMARY	V
RESUME	V
ZUSAMMENFASSUNG	V
1. PREFACE	1
2. INTRODUCTION	1
3. GENERAL RECOMMENDATIONS	3
4. SPECTRAL QUANTITY AND UNIT	3
5. SPECTRAL RANGE	3
6. WAVELENGTH INTERVALS	4
7. BAND-PASS FUNCTION	4
8. SIGNIFICANT FIGURES	5
9. INTERPOLATION	6
9.1 Theoretical functions	6
9.2 Empirical data	7
9.2.1 Previous recommendations	7
9.2.2 General principles of interpolating empirical data	7
9.2.3 Uniformly spaced independent variable	7
9.2.4 Method of interpolation for uniformly spaced independent variable	8
9.2.5 Non-uniformly spaced independent variable	10
9.2.6 Recommended method of interpolation for empirical data	10
10. EXTRAPOLATION	11
11. ELIMINATION OF DUPLICATION	12
12. DATA TRANSFER	12
13. REFERENCES	12
14. BIBLIOGRAPHY	13
APPENDIX I. COMPUTATIONS BY THE SPRAGUE METHOD	14
1. Interpolation by 1 nm steps from a table of values given every 10 nm	14
2. Interpolation by 1 nm steps from a table of values given every 5 nm	15
APPENDIX II. COMPUTATION BY THE SPLINE METHOD	17
1. Computation of the coefficients A_p and B_p by the spline method	17
2. Interpolation by 25 nm steps from a table with non-uniformly spaced data	18

RECOMMENDED PRACTICE FOR TABULATING SPECTRAL DATA FOR USE IN COLOUR COMPUTATIONS

SUMMARY

This technical report describes several difficulties resulting from incompatibility of tables of spectral data used for computations, such as colour computations, with automatic digital computers, and provides guidance in tabulating spectral data to facilitate such applications. The recommended practices, with regard to spectral ranges, spectral intervals, etc., are based on the experience of members of the committee, who were experts in the field of colour measurement and computation.

PRATIQUE RECOMMANDEE POUR ETABLIR DES TABLES DE DONNEES SPECTRALES UTILISEES POUR DES CALCULS EN COLORIMETRIE

RESUME

Ce rapport technique décrit plusieurs difficultés qui résultent de l'incompatibilité des tables de données spectrales utilisées pour des calculs avec des ordinateurs, par exemple en colorimétrie. Il fournit des conseils pour établir des tables de données spectrales facilitant de telles applications. Les pratiques recommandées, relatives aux domaines spectraux, aux intervalles de longueur d'onde, etc., sont basées sur l'expérience de membres du comité, experts dans le domaine de mesure et de calcul de la couleur.

EMPFOHLENES VERFAHREN ZUR TABELLIERUNG SPEKTRALER DATEN ZUR VERWENDUNG IN FARBBERECHNUNGEN

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Technische Bericht beschreibt einige Schwierigkeiten, die sich aus der Unvereinbarkeit von Tabellen spektraler Daten ergeben, wie sie etwa bei Farbberechnungen mit automatischen Digitalrechnern genutzt werden, und stellt Leitlinien bereit, wie spektrale Daten zur Erleichterung solcher Anwendungen tabelliert werden können. Die empfohlenen Verfahren in Bezug auf spektrale Bereiche, spektrale Intervalle usw. gründen sich auf Erfahrungen der Mitglieder des Komitees, die Fachleute auf dem Gebiet der Farbmessung und –berechnung waren.

Copyright International Commission on Illumination
Provided by IHS under license with CIE
No reproduction or networking permitted without license from IHS

1. PREFACE

CIE Technical Committee 1-38 Compatibility of Tabular Data for Computational Purposes was authorized at the meeting of Division 1 on Vision and Colour, in Princeton, NJ, U.S.A., on June 19, 1992. C.S. McCamy, of the U.S.A., was named Chairman. The objective of the committee was to prepare guidelines for tabulating spectral data to promote compatibility of sets of data for computational purposes, considering such factors as spectral range, spectral interval, band-pass function, truncation, interpolation, extrapolation, and number of digits.

An initial survey of those expressing interest in the objectives of the committee identified and clarified the issues of interest. The Chairman reviewed published CIE tables of spectral data and reported the features of those tables. (See Table I.) The issues were discussed at meetings of the committee in Budapest, Hungary, June 11, 1993, New Delhi, India, November 11, 1995, Warsaw, Poland, June 30, 1999, and Rochester, NY, U.S.A., June 22, 2001. For personal reasons the Chairman, C.S. McCamy had to resign in 2003 and M.R. Pointer took over the responsibility. This report is the result of those earlier discussions, written comments, and correspondence among members of the committee. The principal and most complex issue was the recommendation of methods of interpolation and extrapolation. The sections on interpolation and extrapolation and the related appendices were drafted by Dr. Robert Sève, of France.

Historic precedents in CIE documents are cited in this report, but it should be borne in mind that such documents may have been revised, withdrawn, supplemented, or superseded, so they may not be current CIE recommendations or standards.

CIE Division 1 is responsible for both vision and colour. The work of this committee is directed primarily to the problems of colour computations. Most of the recommendations are applicable to spectral considerations involving vision, though some might not be appropriate to vision research. Spectral data involving eye safety, where ultraviolet exposure is of special concern, are not addressed.

The recommendations in this report are primarily addressed to those who prepare tabular spectral data for publication by the CIE, but should be helpful to the users of those publications, as well.

2. INTRODUCTION

Colour technology requires many computations involving quantities that depend on wavelength, such as the spectral power distributions of illuminants, the spectral reflectance factors of materials, and the spectral nature of human vision. These quantities are given or are compiled in tabular form, as functions of wavelength. Most of the computations involve multiplication of the values of these spectral functions at corresponding wavelengths, to obtain spectral products, so the functions must be mathematically and statistically compatible. Many tables of spectral functions have been developed, standardized, and published independently, with wavelength intervals, wavelength ranges, and other features that are not compatible for computation. This report recommends conventions to facilitate computations in this and related fields.