



ISBN 978 3 901906 93 0

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

TECHNICAL REPORT

SPECIFICATION OF COLOUR APPEARANCE FOR REFLECTIVE MEDIA AND SELF-LUMINOUS DISPLAY COMPARISONS

Background Information Relating to the Development of the
CIECAM02 Colour Appearance Model

CIE 195:2011

UDC: 159.937.51
535.66
612.843.31

Descriptor: Perception of colour
Colours of objects
Colour vision

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, 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 2011 - All rights reserved



ISBN 978 3 901906 93 0

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

TECHNICAL REPORT

SPECIFICATION OF COLOUR APPEARANCE FOR REFLECTIVE MEDIA AND SELF-LUMINOUS DISPLAY COMPARISONS

Background Information Relating to the Development of the
CIECAM02 Colour Appearance Model

CIE 195:2011

UDC: 159.937.51
535.66
612.843.31

Descriptor: Perception of colour
Colours of objects
Colour vision

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 1-27 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.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique CIE 1-27 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.

Dieser Technische Bericht ist vom Technischen Komitee CIE 1-27 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 von Wissen 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 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 1-27 “Specification of Colour Appearance for Reflective Media and Self-Luminous Display Comparisons” took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 1 “Vision and Colour”.

Members:

P.J. Alessi	USA (Chair)
A. Bittar	New Zealand
T.F. Chong	China
M. Fairchild	USA
T. Fuchida	Japan
A. Hanson	United Kingdom
V. Kojtcheva	Bulgaria
M.R. Luo	United Kingdom
D.C. Rich	USA
H. Vu Thien	France
J. Walraven	Netherlands

Advisors:

R.W.G. Hunt	United Kingdom
Y. Nayatani †	Japan
M. Pointer	United Kingdom
D.H. Alman	USA
R.S. Berns	USA
M. Ikeda	Japan
T. Maier	USA
A.R. Robertson	Canada

CONTENTS

SUMMARY	V
RESUME	V
ZUSAMMENFASSUNG	V
1 INTRODUCTION	1
2 PUBLICATION OF THE GUIDELINES IN 1994	1
3 EXPERIMENTAL RESULTS OF SIX RESEARCHERS RESPONDING TO THE PUBLISHED GUIDELINES IN 1996	1
4 EXPERIMENTS FEATURING UNEQUAL WHITE POINT CHROMATICITY AND EQUAL LUMINANCE LEVEL CONDITIONS ACROSS MEDIA	4
5 EVALUATION OF NINE DIFFERENT COLOUR APPEARANCE MODELS FEATURING UNEQUAL WHITE POINT CHROMATICITY AND EQUAL LUMINANCE LEVEL CONDITIONS ACROSS VIEWING CONDITIONS	5
5.1 Print Generation	7
5.2 Matching Softcopy Image Generation	8
5.3 Pilot Experiment to Determine Proper Surround for Each Colour Appearance Model	9
5.4 Experiment to Evaluate Nine Colour Appearance Models	12
5.5 Data Analysis and Results for Experiment	13
5.5.1 Multi-Dimensional Scaling Analysis	13
5.5.2 Frequency Matrices for Pairs Data	15
5.5.3 Duncan's Test of Statistical Significance	16
5.5.4 Results from Observer's Raw Scoring of Hardcopy/Softcopy Match Integrity	19
5.5.5 Summary of Results from Experiments Conducted at Derby Featuring Different White Point Chromaticity and Equal Luminance Across Hardcopy/Softcopy Media	22
5.5.6 Conclusions from Experiment Featuring Different White Point Chromaticity and Equal Luminance Across Hardcopy/Softcopy Media	22
6 EVALUATION OF NINE DIFFERENT COLOUR APPEARANCE MODELS FEATURING UNEQUAL WHITE POINT CHROMATICITY AND UNEQUAL LUMINANCE LEVEL CONDITIONS ACROSS VIEWING CONDITIONS	22
6.1 Pilot Experiment to Determine Proper Surround for Each Colour Appearance Model	25
6.2 Psychophysical Experiment Featuring Different White Point Chromaticity and Luminance Across Media	26
6.3 Data Analysis and Results for Experiments	26
6.3.1 Multidimensional Scaling Analysis	26
6.3.2 Duncan's Test of Statistical Significance	26
6.3.3 Comrey Constant Sum Rating	30
6.3.4 Possible Reasons for Why Different Models Performed Better for Different Scenes	33
6.4 Conclusions from Experiment Featuring Different White Point Chromaticity and Luminance Across Hardcopy/Softcopy Media	34
7 CONCLUSIONS FOR BOTH HARDCOPY/SOFTCOPY EXPERIMENTS	34
8 RECOMMENDATIONS FOR FUTURE WORK	34
ANNEX A INSTRUCTIONS FOR PSYCHOPHYSICAL COLOUR MATCHING EXPERIMENT – PILOT WITH EQUAL WHITE POINT CHROMATICITY ACROSS MEDIA	35
ANNEX B INPUT DATA FOR PILOT EXPERIMENT	36
ANNEX C INSTRUCTIONS FOR PSYCHOPHYSICAL COLOUR MATCHING EXPERIMENT	38
REFERENCES	39

SPECIFICATION OF COLOUR APPEARANCE FOR REFLECTIVE MEDIA AND SELF-LUMINOUS DISPLAY COMPARISONS

Background Information Relating to the Development of the CIECAM02 Colour Appearance Model

SUMMARY

This Technical Report summarizes the body of work conducted by CIE Technical Committee 1-27 "Specification of Colour Appearance for Reflective Media and Self-Luminous Display Comparisons" from 1990 until 2001. After compiling data from researchers around the world and studying various forms of colour appearance models to predict results from hardcopy/softcopy matching experiments under a variety of viewing conditions, it was discovered that the same colour appearance model would not consistently or adequately predict the visual results. In 2001, all CIE TC 1-27 results were passed along to CIE TC 8-01, Colour Appearance Modeling for Colour Management Systems. This Technical Committee within Division 8 formulated an effective colour appearance model by combining the best features of the colour appearance models that were studied by CIE TC 1-27. The result was the development of the CIECAM02 colour appearance model.

SPECIFICATION DE L'APPARENCE CHROMATIQUE POUR DES COMPARAISONS ENTRE MATERIAUX REFLECHISSANTS ET AFFICHEURS AUTO-LUMINEUX

Informations supplémentaires au développement du modèle d'apparence colorée CIECAM02

RESUME

Ce rapport technique résume l'ensemble du travail conduit par le CIE TC 1-27 "Spécification de l'apparence chromatique pour des comparaisons entre matériaux réfléchissants et afficheurs auto-lumineux" de 1990 jusqu'à 2001. Après la compilation des données des chercheurs au niveau mondial et l'étude de divers types de modèles d'apparence chromatique pour prédire les résultats expérimentaux d'égalisations entre copies papier et écrans d'affichage pour une variété de conditions d'observation, il a été conclu qu'un modèle unique d'apparence chromatique était incapable de prédire les résultats visuels de manière consistante ou adéquate. En 2001 tous les résultats du comité CIE TC 1-27 furent transmis au comité CIE TC 8-01, Modélisation de l'apparence chromatique pour les systèmes de gestion de la couleur. Ce Comité technique de la Division 8 formula un modèle opérationnel d'apparence chromatique en incorporant les meilleurs éléments des modèles d'apparence chromatique étudiés par le comité CIE TC 1-27. Le développement du modèle d'apparence chromatique CIECAM02 en fut le résultat.

SPEZIFIKATION DER FARBERSCHEINUNG FÜR VERGLEICHE VON REFLEKTIERENDEN MEDIEN UND SELBSTLEUCHTENDEN DISPLAYS

Hintergrundinformation zur Entwicklung des CIECAM02-Farberscheinungsmodells

ZUSAMMENFASSUNG

Dieser Technische Report fasst den Hauptteil der vom CIE TC 1-27 „Spezifikation der Farberscheinung für Vergleiche von reflektierenden Medien und selbstleuchtenden Displays“ von 1990 bis 2001 durchgeführten Arbeiten zusammen. Nach Zusammenstellung von weltweiten Forschungsergebnissen und Untersuchung verschiedener Arten von Farberscheinungsmodellen zur Vorhersage von Ergebnissen aus Experimenten zur Ermittlung der Übereinstimmung zwischen Drucker- und Bildschirmausgabe unter verschiedenen Beobachtungsbedingungen, wurde festgestellt, dass dasselbe Farberscheinungsmodell nicht widerspruchsfrei oder hinreichend die visuellen Ergebnisse vorhersagen würde. 2001 wurden alle CIE TC 1-27 Ergebnisse an das CIE TC 8-01,