



ISBN 978 3 901 906 82 4

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

TECHNICAL REPORT

**CHROMATIC ADAPTATION UNDER
MIXED ILLUMINATION CONDITION
WHEN COMPARING SOFTCOPY
AND HARDCOPY IMAGES**

CIE 162:2010 (including Erratum 1)

UDC: 159.937.51
612.843.31

Descriptor: Perception of colour
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 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 Lichtenwendung. 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(01)714 31 87 0, Fax: +43(01)714 31 87 18
e-mail: ciecb@ping.at
WWW: <http://www.cie.co.at/>

© CIE 2010 – All rights reserved



ISBN 978 3 901 906 82 4

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

TECHNICAL REPORT

**CHROMATIC ADAPTATION UNDER
MIXED ILLUMINATION CONDITION
WHEN COMPARING SOFTCOPY
AND HARDCOPY IMAGES**

CIE 162:2010 (including Erratum 1)

UDC: 159.937.51
612.843.31

Descriptor: Perception of colour
Colour vision

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 8-04 of Division 8 "Image Technology" 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 8-04 de la Division 8 "Technologie des images" 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 tout 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 8-04 der Division 8 "Bildverarbeitung" 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.

The following members of TC 8-04, "Chromatic adaptation under mixed illumination conditions" took part in the preparation of this technical report. The committee comes under Division 8 "Image Technology".

Members:

Paula J. Alessi	United States
Monica Billger	Sweden
Péter Bodrogi	Hungary
Mark D. Fairchild	United States
Alexis Gatt	France
Naoya Katoh (Chair)	Japan
Elie Khoury	France
Itala Kucsera	Hungary
Ronnier Luo	Great Britain
David McDowell	United States
Todd Newman	United States
Noboru Ohta	Japan
Elizabeth Pirrotta	United States
Mike Pointer	Great Britain
János Schanda	Hungary
Suchitra Sueeprasan	Thailand
Klára Wenzel	Hungary

CONTENTS

SUMMARY	V
RESUME	V
ZUSAMMENFASSUNG	V
ERRATUM 1	E-1
1. INTRODUCTION	1
2. BACKGROUND	2
2.1 Survey of previous works	2
2.2 Choice of cone primaries, chromatic adaptation transforms and chromatic adaptation formulae	2
3. DESCRIPTION OF TC 8-04 EXPERIMENTAL CONDITIONS	3
4. DESCRIPTION OF EXPERIMENTS BY KATOH AND NAKABAYASHI	5
4.1 Goals of the experiment	5
4.2 Experimental conditions	5
4.3 Results and discussions	5
4.4 Conclusion from Katoh and Nakabayashi's experiment	6
5. DESCRIPTION OF SUEEPRASAN AND LUO'S EXPERIMENTS	7
5.1 Goals of the experiment	7
5.2 Experimental conditions	7
5.3 Results and discussion	8
5.4 Conclusions from Sueeprasan and Luo's experiments	9
6. RECOMMENDATIONS OF THE TECHNICAL COMMITTEE	9
6.1 Terminology	10
6.2 Calculations	10
7. PRACTICAL APPLICATION OF THESE RECOMMENDATIONS	13
REFERENCES	13
ANNEX: WORKED EXAMPLE	16

CHROMATIC ADAPTATION UNDER MIXED ILLUMINATION CONDITION WHEN COMPARING SOFTCOPY AND HARDCOPY IMAGES

SUMMARY

The chromatic adaptation transforms (CATs) used in most colour appearance models (CAMs) assume that observers are fully adapted to a given set of viewing conditions. Unfortunately, the condition of complete chromatic adaptation usually does not occur in the consumer market and in more casual industrial use. Instead, these users tend to view softcopy in a room with sufficient ambient illumination to allow comfortable viewing and examination of hardcopy imaging. Further, users often desire to compare hardcopy and softcopy images using rapid successive binocular observations. The focus of this report is to determine how colour imaging experts can best accommodate the desires and practices of these more casual observers. It shows that accounting for mixed and incomplete chromatic adaptation produces more accurate results in colour appearance than not accounting for them. It includes a mathematical model for chromatic adaptation and provides appropriate parameters for the chromatic adaptation model under such viewing conditions.

ADAPTATION CHROMATIQUE DANS DES CONDITIONS D'ILLUMINATION MIXTES POUR LA COMPARAISON D'IMAGES IMPRIMEES ET AFFICHEES SUR ECRAN

RESUME

Les modèles d'adaptation chromatique utilisés dans la plupart des modèles d'apparence couleur (CAMs) sont basés sur l'hypothèse que les observateurs sont totalement adaptés à un certain ensemble de conditions d'observation. Cependant, les conditions nécessaires à une adaptation chromatique complète ne sont pas satisfaites pour des utilisations non-professionnelles ou dans un environnement industriel non strictement contrôlé. Au contraire, les images affichées sur écran sont souvent vues dans une pièce avec une lumière ambiante suffisante pour permettre d'observer et d'examiner confortablement une image imprimée. De plus, les images imprimées sont comparées avec d'autres affichées sur écran la plupart du temps en effectuant de rapides et successives observations binoculaires. Le but de ce rapport est de déterminer comment les désirs et habitudes d'utilisateurs occasionnels peuvent être gérés pour le mieux par les experts en imagerie couleur. Il est démontré que les modèles incorporant des adaptations chromatiques mixtes et incomplètes produisent des résultats meilleurs en terme d'apparence couleur que ceux ne les prenant pas en compte. Sont inclus un modèle mathématique pour adaptation chromatique ainsi que des paramètres appropriés pour ce modèle sous de telles conditions d'observation.

CHROMATISCHE ADAPTATION BEI GEMISCHTEN BELEUCHTUNGSBEDINGUNGEN FÜR DEN VERGLEICH VON BILDERN AUF BILDSCHIRMEN UND GEDRUCKTEN BILDERN ("SOFTCOPY" UND "HARDCOPY")

ZUSAMMENFASSUNG

Die Transformation der chromatischen Adaptation (CATs), welche in den meisten Farberscheinungsmodellen verwendet wird, geht davon aus, dass sich der Beobachter voll auf die gegebenen Umfeldbedingungen adaptiert hat. Leider tritt aber eine vollständige chromatische Adaptation bei der Nutzung von Bildtechnik im Konsumentenbereich und bei gelegentlicher Nutzung im industriellen Bereich gewöhnlich tatsächlich nicht auf. Vielmehr betrachten diese Nutzer Bilder auf Bildschirmen üblicherweise in einem Raum mit Umgebungslicht, welches für eine Betrachtung und Beurteilung von gedruckten Reproduktionen angemessen ist. Außerdem möchten Anwender oft mit beiden Augen schnell nacheinander Bilder auf Bildschirmen mit gedruckten Bildreproduktionen vergleichen. Schwerpunkt dieses Berichtes ist es festzulegen, wie Fachleute der Farbbildreproduktion die Wünsche und Praktiken dieser nur gelegentlichen Anwender am besten berücksichtigen können. Es wird dargestellt, dass bei Berücksichtigung einer gemischten und unvollständigen