



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-15-2

DOI: 10.25039/TR.232.2019

TECHNICAL REPORT

Discomfort Caused by Glare from Luminaires with a Non-Uniform Source Luminance

(incl. Corrigendum 1)

CIE 232:2019

UDC: 628.931
628.95
628.972
628.977
628.987

Descriptor: Electrical lighting design
Luminaires
Interior Lighting
Lighting of working environment
Evaluation of lighting installations

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, standardization and art in the fields of light and lighting.

The work of the CIE is carried out by Technical Committees, organized in six Divisions. 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 reported and reviewed, and plans are made for the future. The CIE is recognized 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 Comités Techniques, organisés en six Divisions. 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 internationales Forum 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 durch Technische Komitees geleistet, die in sechs Divisionen organisiert sind. 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 auf der ganzen Welt anerkannt.

Alle vier Jahre findet eine Session statt, in der die Arbeiten der Divisionen berichtet und überprüft werden, sowie 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
Babenbergerstrasse 9, A-1010 Vienna, AUSTRIA
Tel: +43(1)714 31 87
e-mail: ciecb@cie.co.at
www.cie.co.at



International Commission on Illumination
Commission Internationale de l'Eclairage
Internationale Beleuchtungskommission

ISBN 978-3-902842-15-2

DOI: 10.25039/TR.232.2019

TECHNICAL REPORT

Discomfort Caused by Glare from Luminaires with a Non-Uniform Source Luminance

(incl. Corrigendum 1)

CIE 232:2019

UDC: 628.931
628.95
628.972
628.977
628.987

Descriptor: Electrical lighting design
Luminaires
Interior lighting
Lighting of working environment
Evaluation of lighting installations

This Technical Report has been prepared by CIE Joint Technical Committee 7 of Division 1 "Colour and Vision" and Division 3 "Interior Environment and Lighting Design" and has been approved by the Board of Administration and by Divisions 1 and 3 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 all with an interest in excellence in light and lighting. The information provided here is advisory, and not mandatory.

Ce rapport technique a été élaboré par le Comité Technique mixte (JTC) 7 de la Division 1 "Vision et Couleur" et Division 3 "Environnement intérieur et étude de l'éclairage" et a été approuvé par le Bureau et par Divisions 1 et 3 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 tous ceux qui s'intéressent à l'excellence de la lumière et de l'éclairage. Les informations fournies ici sont données à titre indicatif et non obligatoire.

Dieser Technische Bericht ist vom gemeinschaftlichen Technischen Komitee (JTC) 7 der Division 1 "Sehen und Farbe" und Division 3 "Innenraum und Beleuchtungsdesign" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 1 und Division 3 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 alle an Licht- und Beleuchtungsqualität Interessierte bestimmt. Die in diesem Dokument gegebenen Informationen sind eine Empfehlung und keine Vorschrift.

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 Ereignissen 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 JTC 7 “Discomfort caused by glare from luminaires with a non-uniform source luminance” took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division 1 “Vision and Colour” and Division 3 “Interior Environment and Lighting Design”

Authors:

Hara, N. (Chair)	Japan
Akashi, Y. (Co-Chair)	Japan
Funke, C.	Germany
Geerdinck, L.	Netherlands
Iodice, M.	France
Jost, S.	France
Luo, M.R.	United Kingdom
Miller, N.	USA
Scheir, G.	Belgium
Villa, C.	France
Vissenberg, M.C.J.M.	Netherlands

Advisors:

Ayama, M.	Japan
Błaszczak, U.	Poland
Chen, Y.-C.	Chinese Taipei
Hasna, G.	France
Knoop, M.	Germany
Mukai, K.	Japan
Nakamura, Y.	Japan
Poulton, K.	Australia
Schierz, C.	Germany
Škoda, J.	Czech Republic
Tyukhova, Y.	USA

CONTENTS

Summary	v
Résumé	v
Zusammenfassung	v
Corrigendum 1 (February 2020)	vii
1 Introduction and scope	1
2 Literature on glare caused by non-uniform light sources	2
2.1 Overview of types of non-uniformity	3
2.2 Comparison of uniform and non-uniform light sources	4
2.3 Effect of luminance contrast	4
2.4 Effect of LED size and LED number	5
2.5 Effect of LED distance	5
2.6 Effect of viewing angle	5
2.7 Effect of background luminance	6
2.8 Measurement of non-uniform glare sources	6
2.9 Approaches to UGR modification	6
2.10 New approaches for glare prediction	7
3 A correction of UGR for non-uniform glare sources	8
3.1 General formalism	8
3.2 Luminance images for determining the source uniformity	9
3.3 Determining the uniformity correction parameter k	9
3.4 Definition of the luminous source area for sources with a non-uniform luminance	11
4 Suggestions for future improvements of UGR	12
4.1 Influence of colour on discomfort glare	13
4.1.1 Experimental protocols and setups used in previous studies	13
4.1.2 Analysis and discussion from previous studies	14
4.2 Overhead glare	14
Annex A	16
A.1 Practical application of the UGR correction for sources with a non-uniform luminance: Viewing angle and resolution of the luminance image	16
A.2 Alternative proposed corrections to UGR for non-uniform glare sources	19
A.2.1 Determining the uniformity correction parameter k	19
A.2.2 Availability and application of $U_{C,r}$ values	20
A.2.3 Recommendation for the resolution of images used for luminance measurements	21
A.3 Comparison of proposed corrections to UGR for non-uniform glare sources	21
References	30

DISCOMFORT CAUSED BY GLARE FROM LUMINAIRES WITH A NON-UNIFORM SOURCE LUMINANCE

Summary

In 1995 the CIE Technical Committee 3-13 developed the Unified Glare Rating (UGR) to predict discomfort glare for indoor lighting systems. For practical reasons, the UGR is based on the average source luminance. The introduction of LEDs in general lighting enabled many new luminaire designs, sometimes with unprecedented high luminance contrasts. The literature review presented in this report shows that UGR tends to underestimate the discomfort provoked by such luminaires with highly non-uniform source luminance. Several UGR correction methods are evaluated by comparison to experimental data on experienced discomfort from uniform and non-uniform light sources. The preferred method involves a precise definition of the glare source area based on a luminance image of the source. This method solves the discrepancies between UGR and perceived glare from non-uniform light sources. To guide future work on glare prediction methods, the remaining shortcomings of UGR are briefly reviewed.

INCONFORT CAUSE PAR L'EBLOUISSEMENT PROVENANT DE LUMINAIRES A LUMINANCE NON-UNIFORME

Résumé

En 1995 le Comité Technique 3-13 de la CIE a développé une formule de prédiction de l'éblouissement d'inconfort pour l'éclairage intérieur, appelée Unified Glare Rating (UGR). Pour des raisons pratiques, l'UGR se base sur la luminance moyenne de la source éblouissante. Le développement des LEDs en éclairage général a fait émerger une grande variété de nouveaux modèles de luminaires, entraînant parfois des contrastes de luminance élevés au sein du luminaire, jamais vu auparavant. La recherche bibliographique présentée dans ce rapport montre que l'UGR a tendance à sous-estimer l'inconfort provoqué par de tels luminaires présentant une très forte non-uniformité de luminance. Plusieurs méthodes de correction de l'UGR sont évaluées en les comparant à des données expérimentales d'inconfort ressenti face à des sources lumineuses uniformes et non-uniformes. La méthode finalement retenue se base sur une définition précise de la surface de la source éblouissante à partir d'une image de luminance de celle-ci. Cette méthode supprime les divergences entre le niveau d'éblouissement prédit par l'UGR et l'éblouissement réellement perçu. Pour orienter les futurs travaux sur les méthodes de prédiction de l'éblouissement, les limites restantes de l'UGR sont brièvement résumées.

PSYCHOLOGISCHE BEWERTUNG VON LEUCHTEN MIT INHOMOGENER LEUCHTDICHTESTRUKTUR

Zusammenfassung

Im Jahre 1995 entwickelte das Technische Komitee 3-13 der CIE das Unified Glare Rating (UGR) zur Vorhersage der psychologischen Blendung in Innenräumen. Aus praktischen Gründen basiert das UGR-Verfahren auf einer mittleren Leuchtdichte der Blendquelle. Die Einführung von LEDs in der Allgemeinbeleuchtung ermöglichte viele neue Leuchtdesigns, die teilweise zu unvorhergesehen hohen Leuchtdichtekontrasten innerhalb der Leuchte führten. Die in diesem Report vorgestellte Literaturrecherche zeigt, dass UGR zu einer Unterschätzung des durch die Blendung hervorgerufenen Unbehagens tendiert, die von solchen Leuchten mit stark inhomogener Leuchtdichtestruktur hervorgerufen wird. Mehrere Methoden zur Korrektur des UGR-Verfahrens werden mittels experimenteller Daten bewertet, indem die Werte aus den Korrekturmethode mit dem wahrgenommenen Unbehagen aufgrund der Blendung von homogenen und inhomogenen Lichtquellen verglichen werden. Die bevorzugte Methode enthält eine präzise Definition der Blendquellenfläche, basierend auf