



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

ISBN 978-3-902842-08-4

DOI: 10.25039/TR.229.2018

TECHNICAL REPORT

Groundwork for Measurement of Effective Intensity of Flashing Lights

CIE 229:2018

UDC: 535.24
535.241.5
535.241.535

Descriptor: Photometry
Quantities related to photometric and other
measurements
Calibration

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 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 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 978-3-902842-08-4

DOI: 10.25039/TR.229.2018

TECHNICAL REPORT

Groundwork for Measurement of Effective Intensity of Flashing Lights

CIE 229:2018

UDC: 535.24
535.241.5
535.241.535

Descriptor: Photometry
Quantities related to photometric and other
measurements
Calibration

This Technical Report has been prepared by CIE Technical Committee 2-49 of Division 2 "Physical Measurement of Light and Radiation" and has been approved by the Board of Administration as well as by Division 2 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 2-49 de la Division 2 "Mesures Physiques de la Lumière et des Radiations" et a été approuvé par le Bureau et Division 2 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 2-49 der Division 2 "Physikalische Messungen von Licht und Strahlung" ausgearbeitet und vom Vorstand sowie Division 2 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 2-49 "Photometry of Flashing Light" took part in the preparation of this Technical Report. The committee comes under Division "Physical Measurement of Light and Radiation".

Authors:

Ohno, Y. (Chair)	USA
Couzin, D.	Germany
Tutt, I.	United Kingdom

Advisors:

Andersen, C.	USA
Bergen, T.	Australia
Goodman, T.	United Kingdom
Nicholson, M.	United Kingdom
Rennilson, J.	USA

CONTENTS

Summary	v
Résumé	v
Zusammenfassung	v
1 Introduction	1
2 Terminology	2
3 Determination of effective intensity	4
3.1 Recommendation for convolutional approach	4
3.2 Modified Allard Method with infinite time window	4
3.3 Selection criteria	6
3.4 Rationale of using the infinite time window	8
4 Practical calculation of effective intensity	10
4.1 Use of a finite time window	10
4.2 Correction of error due to a finite time window	11
4.3 Effect of sampling timing	12
4.4 Frequency anomaly	14
4.5 Recommended time window	15
5 Other considerations	16
5.1 Limitations of the MAM	16
5.2 Relationship to the previous methods	16
5.3 A concern on the MAM with asymmetric waveforms of flash	17
6 Physical measurement of effective intensity	17
6.1 Digital method	17
6.2 Analogue method	18
6.3 Photometer head	19
Annex A Historical overview of effective intensity	20
Annex B Analysis of the Mandler and Thacker data	25
Annex C Validation with analysis of Schmidt-Clausen's visual experiment data	28
Annex D Further Analyses of the MAM	32
D.1 Energy efficiency aspect of flashing light	32
D.2 Uncertainty of the correction for a finite time window	33
Annex E Experimental Verification	35
Annex F Improvement of the MAM with shearing visual impulse response function (Contribution by D. Couzin)	37
References	39

GROUNDWORK FOR MEASUREMENT OF EFFECTIVE INTENSITY OF FLASHING LIGHTS

Summary

The objective of this report is to lay the groundwork for developing a recommendation on the measurement of effective intensity of flashing lights used for signalling applications. It recommends a convolutional method that will rest on some defined visual impulse response function to calculate the effectivity intensity. As one of such realizations of convolutional methods, the Modified Allard Method with an infinite time window is described. However it is not yet an official recommendation due to the lack of experimental verification and the need for further research. This report also provides guidance on physical measurements of effective intensity for the described method, for flashing lights using any type of light sources including xenon flash tubes, light emitting diodes (LEDs) and rotating beacons, which produce pulse widths in the range from microseconds to seconds. This report does not cover specific measurement requirements for signalling light products. While this document refers to flashing lights, the described method applies also to occulting lights, isophase lights, and groups of flashes of varying duration.

TRAVAIL EXPLORATOIRE SUR LE SUJET DE LA MESURE DE L'INTENSITÉ EFFECTIVE DES LUMIÈRES PULSÉES

Résumé

L'objectif de ce rapport est de donner des recommandations concernant la mesure de l'intensité effective des lumières pulsées utilisées en signalisation. Le présent rapport technique recommande une méthode de convolution s'appuyant sur la fonction visuelle de réponse aux impulsions pour déterminer l'intensité effective. Parmi les méthodes de convolution, la méthode d'Allard modifiée avec fenêtre de temps infini est présentée. Cependant, il ne s'agit pas pour l'heure d'une recommandation officielle, car il manque encore des vérifications expérimentales et plus d'investigations sont requis. Ce rapport fournit également des méthodes pratiques pour la mesure physique de l'intensité effective avec la méthode recommandée, pour les lumières pulsées émises par tous les types de sources lumineuses, y compris les tubes flash au xénon, les diodes électroluminescentes (DEL) et les gyrophares, qui produisent des impulsions allant des microsecondes à une seconde. Ce rapport ne couvre pas les exigences spécifiques relatives aux équipements de signalisation lumineuse. Même si ce document fait référence aux lumières pulsées, la méthode décrite est également valable pour les feux à occultations, les feux isophases et les groupes de flash à impulsions variées.

GRUNDLAGEN FÜR DIE MESSUNG DER EFFEKTIVEN LICHTSTÄRKE VON BLINKLICHTERN

Zusammenfassung

Gegenstand dieses Berichtes ist es, Grundlagen für eine Empfehlung für die Messung der effektiven Lichtstärke von Blinklichtern bei Verwendung als Signallichter zu erstellen. Der Bericht empfiehlt für die Berechnung der effektiven Lichtstärke eine Faltungsmethode mit einer definierten visuellen Impulsantwortfunktion. Als eine Möglichkeit der Realisierung von Faltungsmethoden wird die modifizierte Allard-Methode mit einem infiniten Zeitfenster beschrieben. Es handelt sich dabei aufgrund fehlenden experimentellen Nachweises und der Notwendigkeit weiterer Forschung nicht um eine offizielle Empfehlung. Dieser Bericht gibt darüber hinaus eine Anleitung für die praktische Messung der effektiven Lichtstärke, basierend auf der empfohlenen Methode, die für Blinklichter aus beliebigen Lichtquellen geeignet ist mit Pulsängen im Bereich zwischen Mikrosekunden und Sekunden, und zwar einschließlich Xenon-Blitzlampen, Licht emittierende Dioden (LEDs) und rotierende Lichtbaken. Dieser Bericht befasst sich nicht mit den besonderen messtechnischen Anforderungen, die an Signallichter gestellt werden. Auch wenn dieses Dokument sich auf Blinklichter bezieht, ist die beschriebene

CIE 229:2018

Methode ebenfalls gültig für Blinkfeuer, Gleichtaktfeuer und Gruppen von Blitzen unterschiedlicher Dauer.

1 Introduction

Flashing lights are widely used in many signalling applications in aviation, marine and land transportation. Flashing lights, such as aircraft anti-collision lights, marine aid-to-navigation lights, obstruction lights and emergency vehicle warning lights, are specified by their effective intensity (in candelas). These lights need to be measured and the effective intensity calculated to ensure that they meet specifications. Several different formulae have historically been used to determine the effective intensity. When these different formulae are applied to a given flash, their results often disagree. Development of a single standard method is desirable.

This Technical Report provides a groundwork for developing a recommendation on determination of effective intensity of flashing lights. It recommends a convolutional method that will rest on some defined visual impulse response function to calculate the effective intensity. As one of such realizations of convolutional methods, the Modified Allard Method with an infinite time window is described. However, it is not yet an official recommendation due to the lack of experimental verification and the need for further research.

This Technical Report also provides guidance on physical measurements of effective intensity, dealing with flashing lights with pulse widths in the range from microseconds to seconds. Xenon flash sources are commonly used, but recently LEDs are increasingly used for signalling sources. Some examples of the waveform of flashing light sources are shown in Figure 1. Gaussian flash profiles are also seen in aeronautical and marine beacons employing rotating optics.

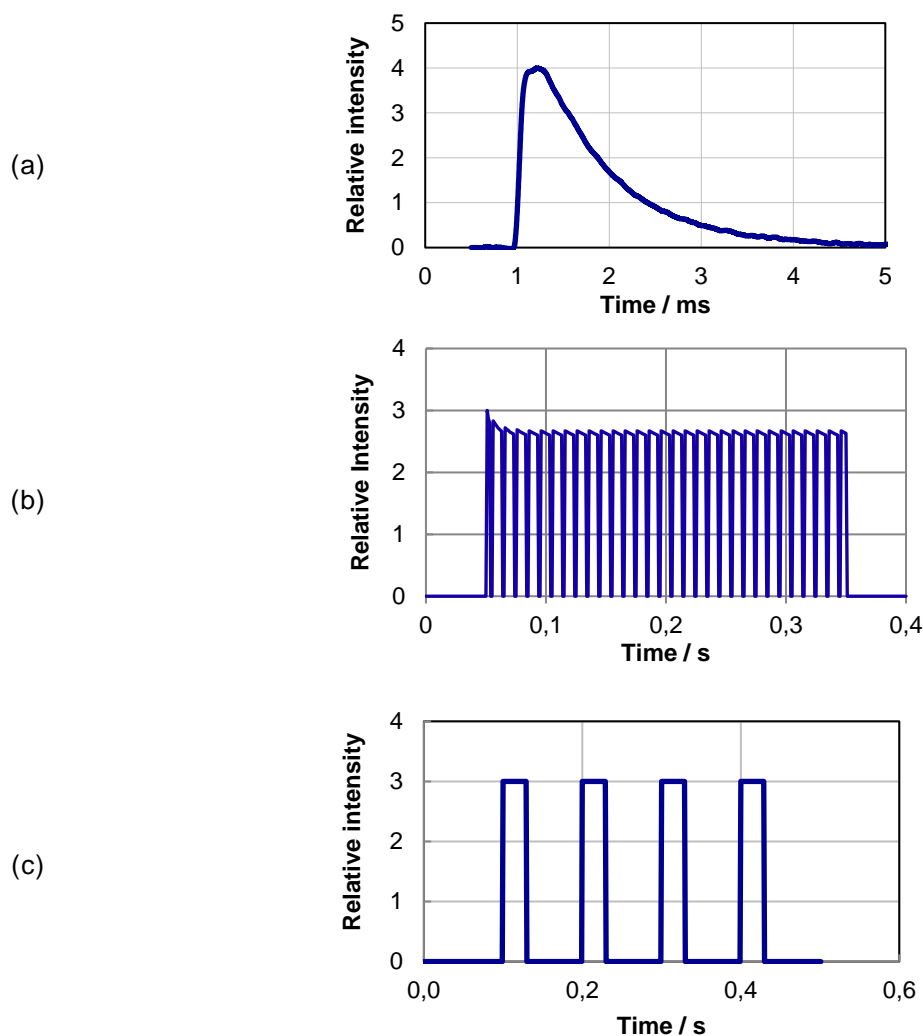


Figure 1 – Examples of waveforms of flashing lights – (a) xenon flash, (b) a pulse-width modulated LED flashing light, (c) a train of flashes from an LED flashing light