

# **NF X90-006-4, NF EN 13201-4**

MARS 2016

norme française

**NF EN 13201-4****10 Mars 2016**Indice de classement : **X 90-006-4****ICS : 93.080.40****Éclairage public — Partie 4 : Méthodes  
de mesure des performances photométriques**

E : Road lighting — Part 4: Methods of measuring lighting performance

D : Straßenbeleuchtung — Teil 4: Methoden zur Messung der Gütemerkmale  
von Straßenbeleuchtungsanlagen**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF EN 13201-4, d'avril 2004.

**Correspondance**

La Norme européenne EN 13201-4:2015 a le statut d'une norme française.

**Résumé**

Le présent document spécifie les conditions de mesure et les procédures permettant de mesurer les paramètres de qualité photométriques des installations d'éclairage public, c'est-à-dire les grandeurs qui quantifient leurs performances conformément aux classes d'éclairage de la NF EN 13201-2.

Les paramètres utilisés pour quantifier la performance énergétique des installations d'éclairage public ne sont pas pris en compte.

Une méthodologie destinée à évaluer les performances de l'éclairage public en tenant compte des tolérances des paramètres de conception est décrite à l'Annexe A informative.

**Descripteurs**

**Thésaurus International Technique :** éclairage, éclairage des voies publiques, voie de circulation, chaussée, installation, propriété photométrique, mesurage, éclairement lumineux, luminance.

**Modifications**

Par rapport au document remplacé, révision de la norme.

**Corrections**

---

## La norme

---

**La norme** est destinée à servir de base dans les relations entre partenaires économiques, scientifiques, techniques et sociaux.

La norme par nature est d'application volontaire. Référencée dans un contrat, elle s'impose aux parties. Une réglementation peut rendre d'application obligatoire tout ou partie d'une norme.

**La norme est un document élaboré par consensus** au sein d'un organisme de normalisation par sollicitation des représentants de toutes les parties intéressées. Son adoption est précédée d'une enquête publique.

La norme fait l'objet d'un examen régulier pour évaluer sa pertinence dans le temps.

Toute norme est réputée en vigueur à partir de la date présente sur la première page.

---

## Pour comprendre les normes

---

L'attention du lecteur est attirée sur les points suivants :

Seules les formes verbales **doit et doivent** sont utilisées pour exprimer une ou des exigences qui doivent être respectées pour se conformer au présent document. Ces exigences peuvent se trouver dans le corps de la norme ou en annexe qualifiée de « normative ». Pour les méthodes d'essai, l'utilisation de l'infinitif correspond à une exigence.

Les expressions telles que, **il convient et il est recommandé** sont utilisées pour exprimer une possibilité préférée mais non exigée pour se conformer au présent document. Les formes verbales **peut et peuvent** sont utilisées pour exprimer une suggestion ou un conseil utiles mais non obligatoires, ou une autorisation.

En outre, le présent document peut fournir des renseignements supplémentaires destinés à faciliter la compréhension ou l'utilisation de certains éléments ou à en clarifier l'application, sans énoncer d'exigence à respecter. Ces éléments sont présentés sous forme de **notes ou d'annexes informatives**.

---

## Commission de normalisation

---

Une commission de normalisation réunit, dans un domaine d'activité donné, les expertises nécessaires à l'élaboration des normes françaises et des positions françaises sur les projets de norme européenne ou internationale. Elle peut également préparer des normes expérimentales et des fascicules de documentation.

**Si vous souhaitez commenter ce texte, faire des propositions d'évolution ou participer à sa révision**, adressez-vous à <norminfo@afnor.org>.

La composition de la commission de normalisation qui a élaboré le présent document est donnée ci-après. Lorsqu'un expert représente un organisme différent de son organisme d'appartenance, cette information apparaît sous la forme : organisme d'appartenance (organisme représenté).

---

---

## Lumière et éclairage

## AFNOR X90X

---

### Composition de la commission de normalisation

Président : M PIERRET

Secrétariat : M TRABELSI — AFNOR

MME	ALEXANDRE	AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE
M	AZAÏS	AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE
M	BESSOLAZ	ASS NAT POUR LA PROTECTION CIEL NOCTURNE
M	BIGAND	SAMMODE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	BOUCHET	SIEIL — SYND INTERCOM ENERGIE INDRE LOIRE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	BOUDOU	IGNES — INDUST GENIE NUMER ENERGET SECURITAIRE
M	CAEL	NATURE ET CONFORT (UFME — UNION FABRICANTS MENUISERIES EXTERIEURES)
M	CHAIN	CEREMA DTTV
MME	COURSIERE	LEGRAND FRANCE (IGNES — INDUST GENIE NUMER ENERGET SECURITAIRE)
M	CRAMAN	LEGRAND FRANCE (IGNES — INDUST GENIE NUMER ENERGET SECURITAIRE)
M	DENIEL	INRS
MME	DUCROUX	ASS NAT POUR LA PROTECTION CIEL NOCTURNE
M	DUPIN	VELUX FRANCE (UFME — UNION FABRICANTS MENUISERIES EXTERIEURES)
M	DUVAL	AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE
M	FILLOUX	SERCE — SYND ENTREPRISES DE GENIE ELECTRIQUE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	FLET REITZ	SYNDICAT DE L'ECLAIRAGE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
MME	FORESTIER	DGT — DION GENERALE DU TRAVAIL
M	GANDON-LÉGER	COMATELEC SCHREDER (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
MME	GINESTY	DGT — DION GENERALE DU TRAVAIL
M	GOBEAU	LEGRAND (IGNES — INDUST GENIE NUMER ENERGET SECURITAIRE)
M	GUILLAUME	DSCR — DION SECURITE & CIRCULATION ROUTIERES
MME	HUAMAN	PHILIPS FRANCE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	JACQUES	INRS
M	JANNIN	GIL — GRPT INTERPROFESSIONNEL DU LUMINAIRE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
MME	LAC-BATEL	PHILIPS FRANCE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	LAHAYE	DGT — DION GENERALE DU TRAVAIL
M	LE LEUCH	SDEM — SYND DEPT D ENERGIES MORBIHAN (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	LEPAGE	HEXADOME (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	LORGE	THORN EUROPHANE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)

MME	LOUD	SAINT GOBAIN GLASS FRANCE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	MACQUART	UFME — UNION FABRICANTS MENUISERIES EXTERIEURES
M	MANUGUERRA	CETU — CENTRE D'ETUDE DES TUNNELS
M	MARCHAUT	CABINET MARCHAUT (AITF)
M	MARTINSONS	CSTB
MME	MENEZ	UFME — UNION FABRICANTS MENUISERIES EXTERIEURES
M	MEUNIER	CITELUM (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	PAGE	PHILIPS FRANCE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	PARISSIER	FFIE — FEDER FRAN DES ENTREPRISES DE GENIE ELEC (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	PETIOT	CEREMA DTTV
M	PIERRET	COMATELEC SCHREDER (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
MME	RAIMBAULT	SYNAFEL
M	REMANDE	AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE
M	ROCARD	THORN EUROPHANE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	SANSELME	AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE
MME	SOK	SAINT GOBAIN GLASS FRANCE (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	SUTTER	LUMIBIEN (AFE — CIE FRANCE / COMITE SCIENTIFIQUE)
M	VALENTIN	DGPR — DION GENERALE PREVENTION RISQUES
M	WAKS	DGPR — DION GENERALE PREVENTION RISQUES

**Groupe de travail ayant participé à l'élaboration du présent document : AFNOR X90X GTB « Performances en éclairage public »**

M	BESSOLAZ	ASS NAT POUR LA PROTECTION CIEL NOCTURNE
M	BOUCHET	SIEIL — SYND INTERCOM ENERGIE INDRE LOIRE (AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	CEREUIL	SDEM — SYND DEPT D ENERGIES MORBIHAN (AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	CHAIN	CEREMA DTTV
MME	DUCROUX	ASS NAT POUR LA PROTECTION CIEL NOCTURNE
M	DUVAL	AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE
M	GANDON-LEGER	COMATELEC SCHREDER AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE
MME	HUAMAN	PHILIPS France (AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
MME	LAC-BATEL	PHILIPS France (AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	LECOCQ	THORN EUROPHANE (AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	LOUIS-ROSE	AFNOR
M	PIERRET	COMATELEC SCHREDER AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	REMANDE	AFE — CIE FRANCE/COMITE SCIENTIFIQUE)
M	TRABELSI	AFNOR

NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD

**EN 13201-4**

Décembre 2015

ICS 93.080.40

Remplace EN 13201-4:2003

Version Française

**Éclairage public - Partie 4 : Méthodes de mesure des  
performances photométriques**

Straßenbeleuchtung - Teil 4: Methoden zur Messung  
der Güteigenschaften von Straßenbeleuchtungsanlagen

Road lighting - Part 4: Methods of measuring lighting  
performance

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 6 juin 2015.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN-CENELEC ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN-CENELEC, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Ancienne République yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION  
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG  
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

**CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles**

# Sommaire

	Page
Avant-propos européen.....	4
Introduction .....	6
1     Domaine d'application .....	7
2     Références normatives .....	7
3     Termes et définitions .....	7
4     Symboles et abréviations .....	9
5     Informations préliminaires aux mesures du système d'éclairage public .....	9
5.1   Objectifs des mesures .....	9
5.2   Procédures de mesure et sélection des instruments photométriques .....	10
5.2.1 Mesures statiques comparativement aux mesures dynamiques .....	10
5.2.2 Exigences générales relatives aux procédures de mesure et aux dispositifs de mesure .....	10
5.2.3 Exigences spécifiques pour les luminancemètres .....	11
5.2.4 Exigences supplémentaires pour les photoluminancemètres .....	11
5.3   Évaluation de l'incertitude de mesure .....	12
5.4   Zones mesurées .....	13
5.5   Paramètres mesurés .....	13
5.6   Informations générales relatives aux mesures pendant la durée de vie de l'installation d'éclairage .....	14
5.7   Comparaison aux exigences .....	14
6     Conditions de mesure .....	15
6.1   Vieillesse des lampes et des luminaires avant les mesures .....	15
6.2   Stabilisation après allumage .....	15
6.3   Conditions climatiques .....	15
6.3.1 Généralités .....	15
6.3.2 Instruments .....	16
6.3.3 Installations d'éclairage public .....	16
6.4   Conditions routières .....	16
6.5   Lumière parasite et lumière générant des nuisances .....	17
7     Mesures photométriques .....	17
7.1   Emplacement des points du maillage .....	17
7.2   Mesure des luminances .....	18
7.2.1 Emplacement de l'observateur (luminancemètre) .....	18
7.2.2 Sélection des points du maillage .....	18
7.2.3 Mesure de la luminance moyenne .....	18
7.2.4 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure dynamiques .....	18
7.3   Mesure des éclairagements .....	19
7.3.1 Généralités .....	19
7.3.2 Sélection des points du maillage .....	19
7.3.3 Mesure de l'éclairement horizontal .....	19
7.3.4 Mesure des éclairagements hémisphériques .....	20
7.3.5 Mesure des éclairagements semi-cylindriques .....	20
7.3.6 Mesure des éclairagements verticaux .....	20
7.3.7 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure statiques .....	20
7.3.8 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure dynamiques .....	20
7.4   Mesure du rapport d'éclairement des abords ( $R_E$ ) .....	21
7.5   Mesure de l'augmentation relative au seuil de perception ( $f_T$ ) .....	21

8	Mesure des paramètres non-photométriques .....	23
8.1	Généralités.....	23
8.2	Tension d'alimentation .....	23
8.3	Température et humidité .....	23
8.4	Données géométriques .....	23
8.5	Instruments pour les mesures non-photométriques .....	23
9	Rapport d'essai .....	23
<b>Annexe A (informative) Évaluation des tolérances de conception d'une installation d'éclairage public .....</b>		
	public .....	25
A.1	Analyse des tolérances .....	25
A.2	Paramètres à prendre en compte dans l'analyse des tolérances .....	25
A.3	Modèle mathématique pour les évaluations des tolérances .....	26
A.4	Modélisation de l'analyse des tolérances .....	27
<b>Annexe B (informative) Paramètres spécifiques importants .....</b>		
B.1	Généralités.....	30
B.2	Luminance et uniformité spécifiques .....	30
B.3	Utilisation de l'uniformité élargie .....	30
B.4	Évaluation des uniformités élargies .....	31
<b>Annexe C (normative) Conventions pour les symboles des paramètres de qualité photométriques .....</b>		
<b>Annexe D (normative) Recommandations relatives aux systèmes de mesure pour l'éclairage public adaptatif.....</b>		
	adaptatif.....	36
<b>Annexe E (informative) Mesures pour l'analyse des écarts entre les mesures photométriques et les attentes de la conception .....</b>		
	attentes de la conception .....	38
<b>Annexe F (informative) Évaluation de l'incertitude de mesure .....</b>		
F.1	Mesures de luminance .....	39
F.1.1	Sources d'incertitude .....	39
F.1.2	Sources d'incertitude supplémentaires pour les systèmes dynamiques.....	41
F.1.3	Évaluation de l'incertitude de luminance des points .....	42
F.2	Mesures d'éclairement.....	43
F.2.1	Sources d'incertitude .....	43
F.2.2	Sources d'incertitude supplémentaires pour les systèmes dynamiques.....	44
F.2.3	Évaluation de l'incertitude d'éclairement des points.....	45
<b>Annexe G (informative) Informations pratiques .....</b>		
G.1	Généralités.....	46
G.2	Précautions de mesure.....	46
G.3	Organisation des mesures.....	46
<b>Annexe H (informative) Exemple de rapport.....</b>		
H.1	Local .....	47
H.2	Informations d'essai d'ordre général .....	47
H.3	Données géométriques .....	47
H.4	Données de revêtement de surface de la route.....	47
H.5	Données relatives aux lampes et aux luminaires .....	48
H.6	Alimentation électrique .....	48
H.7	Conditions d'environnement .....	49
H.8	Conditions d'installation.....	49
H.9	Données relatives aux dispositifs de mesure.....	49
H.10	Caractéristiques des dispositifs de mesures photométriques .....	49
H.11	Maillage (grille) de mesure.....	50
H.12	Enregistrement automatique de la lumière.....	50
H.13	Informations spécifiques pour les mesures dynamiques.....	50
<b>Bibliographie .....</b>		
	Bibliographie .....	51



## Avant-propos européen

Le présent document (EN 13201-4:2015) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 169 "Lumière et éclairagisme", dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en juin 2016, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en juin 2016.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace l'EN 13201-4:2003.

Les principales modifications dans cette version sont :

- la définition des différents objectifs de mesure avec des exigences particulières afin d'optimiser les caractéristiques des instruments, la mesure du coût et le temps ;

- une comparaison plus profonde entre les exigences de mesure statique et dynamique ;

- l'ajout d'exigences spécifiques pour le dispositif de mesure de luminance par imagerie (ILMD) lorsqu'il est utilisé comme luminancemètre ;

- l'évaluation de l'incertitude de mesure ;

- la comparaison avec les exigences ou l'attente de la conception en tenant compte de l'incertitude élargie de la mesure ;

- l'ajout de lignes directrices pour la mesure du seuil de perception et du rapport d'éclairement des abords ;

- la proposition d'un algorithme pour l'évaluation des tolérances dans la conception de l'installation de l'éclairage public ;

- la description du concept de paramètres particuliers afin de tenir compte des mesures effectuées dans des conditions différentes des conditions normatives ;

- la description d'une convention améliorée pour les symboles des paramètres de qualité photométriques afin d'éviter la confusion entre les valeurs d'un même paramètre ayant plusieurs significations ;

- les systèmes de mesure pour un éclairage public adaptatif sont considérés ;

- des lignes directrices pour l'évaluation de l'incertitude de mesure sont données.

Le présent document EN 13201-4 a été élaboré par le Groupe de Travail Commun du CEN/TC 169 « Lumière et éclairagisme » et du CEN/TC 226 « Équipements de la route », dont le secrétariat est tenu par AFNOR.

L'EN 13201 *Éclairage public*, est une série de documents qui comprend les parties suivantes :

*Partie 1 : Sélection des classes d'éclairage* [Rapport technique] ;

*Partie 2 : Exigences de performance ;*

*Partie 3 : Calcul des performances ;*

*Partie 4 : Méthodes de mesure des performances photométriques [le présent document] ;*

*Partie 5 : Indicateurs de performance énergétique.*

Selon le Règlement Intérieur du CEN-CENELEC les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Ancienne République Yougoslave de Macédoine, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

## Introduction

L'objectif de la Partie 4 de la présente Norme européenne est :

- a) d'établir des conventions et des procédures pour la caractérisation basée sur des mesures d'installations d'éclairage public en tenant compte des paramètres de qualité photométriques, c'est-à-dire de l'ensemble des grandeurs qui caractérisent une classe d'éclairage, spécifiées dans la Partie 2 ;
- b) de donner des conseils pour l'utilisation et la sélection des luminancemètres et des luxmètres pour cette application spécifique ;
- c) de spécifier des exigences de mesure en fonction des objectifs de la mesure et de l'exactitude attendue ;
- d) d'établir des conventions pour l'évaluation de l'incertitude de mesure des paramètres concernés ;
- e) de fournir des informations sur l'application de l'analyse des tolérances de conception de l'installation d'éclairage.

Une liste non-exhaustive des objectifs de mesure possibles comprend :

- f) la vérification de la conformité aux exigences normalisées ;
- g) la vérification de la conformité aux attentes de la conception ;
- h) la surveillance de l'installation d'éclairage public, par exemple à des fins de maintenance ;
- i) le contrôle de l'installation d'éclairage public, par exemple pour optimiser les économies d'énergie ;
- j) l'analyse des écarts entre les conditions d'éclairage réelles et les attentes de la conception.

Les conventions sur la position de l'observateur et l'emplacement des points de mesure sont celles décrites dans l'EN 13201-3. Il est toutefois permis de s'en écarter, en particulier lorsque les mesures sont utilisées pour surveiller les performances d'une installation d'éclairage public, pour contrôler ses performances ou pour d'autres raisons ou encore lorsque différentes conditions sont spécifiées dans la conception de l'installation d'éclairage public.

Les conditions qui peuvent conduire à des imprécisions sont identifiées et des précautions sont spécifiées pour limiter et quantifier ces imprécisions.

Il convient d'utiliser la présente norme pour rédiger des procédures de mesure pour la caractérisation des installations d'éclairage public.

Les critères permettant de décider quand il convient d'effectuer des mesures, l'objectif des mesures et comment les résultats des mesures doivent être utilisés ne font pas partie du domaine d'application de la présente norme.

## 1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie les conditions de mesure et les procédures permettant de mesurer les paramètres de qualité photométriques des installations d'éclairage public, c'est-à-dire les grandeurs qui quantifient leurs performances conformément aux classes d'éclairage de l'EN 13201-2.

Les paramètres utilisés pour quantifier la performance énergétique des installations d'éclairage public ne sont pas pris en compte.

Une méthodologie destinée à évaluer les performances de l'éclairage public en tenant compte des tolérances des paramètres de conception est décrite à l'Annexe A informative.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

EN 12665, *Lumière et éclairage — Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage*.

EN 13032-1, *Lumière et éclairage — Mesure et présentation des données photométriques des lampes et des luminaires — Partie 1 : mesurage et format de données*.

EN 13201-2, *Éclairage public — Partie 2 : Exigences de performance*.

EN 13201-3:2015, *Éclairage public — Partie 3 : Calcul des performances*.

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 12665 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### **système de mesure automatique à des fins de contrôle**

système automatique utilisé pour générer un signal de contrôle, corrélé à un ou plusieurs paramètres photométriques mesurés pouvant influencer les conditions opérationnelles d'une installation d'éclairage public

Note 1 à l'article : les paramètres métrologiques, tels que la répétabilité et la stabilité de mesure, constituent généralement les principales caractéristiques du système.

### 3.2

#### **système de mesure dynamique**

système de mesure qui se déplace le long de la surface de la route pour effectuer la mesure

### 3.3

#### **système de mesure statique**

système de mesure qui ne se déplace pas lorsqu'il est en service

## EN 13201-4:2015 (F)

### 3.4

#### **paramètre (normatif)**

grandeur définie dans l'EN 13201-2 en suivant les règles de calcul de l'EN 13201-3

Note 1 à l'article : la valeur du paramètre peut :

- a) fournir des exigences normalisées ;
- b) indiquer les valeurs réellement requises par le Maître d'ouvrage (attentes de la conception). Ces valeurs peuvent différer de celles indiquées dans l'EN 13201-2 ;
- c) être évaluée en utilisant l'algorithme approprié (basé sur un modèle physique de propagation de la lumière dans l'environnement) tel que spécifié par l'EN 13201-3 ;
- d) être mesurée en suivant les conditions correspondant à celles spécifiées dans l'EN 13201-3 pour les points du maillage et, si nécessaire, pour la position de l'observateur et vérifier si l'influence des caractéristiques métrologiques de l'instrument de mesure est compatible avec la définition physique du paramètre.

### 3.5

#### **paramètre spécifique**

grandeur calculée, mesurée ou évaluée conformément à des conditions données et bien définies, mais différentes de celles spécifiées dans l'EN 13201-3

Note 1 à l'article : l'ensemble de conditions doit être décrit avec les résultats de mesure.

### 3.6

#### **luminance (normative)**

***L***

luminance d'une surface élémentaire centrée en un point donné lorsqu'elle est visualisée à partir de la position d'observation normalisée conformément à l'EN 13201-3

Note 1 à l'article : la luminance est exprimée en candelas par mètre carré.

### 3.7

#### **luminance (spécifique)**

***L<sub>p</sub>***

luminance d'une surface centrée en un point donné lorsqu'elle est visualisée à partir d'une position d'observation spécifiée et/ou dans des conditions spécifiées mises en évidence à l'aide de l'indice p

Note 1 à l'article : la luminance (spécifique) est exprimée en candelas par mètre carré.

### 3.8

#### **uniformité élargie**

paramètre spécifique introduit pour procéder à l'analyse mathématique de l'influence de la non-homogénéité de l'environnement ou de la surface de la route

Note 1 à l'article : cela est particulièrement utile lorsque des systèmes de mesure dynamiques sont utilisés et que la présence d'une non-homogénéité ne peut pas être évaluée avant la mesure.

Note 2 à l'article : l'uniformité élargie est traitée à l'Annexe B informative.

### 3.9

#### **mesure établie**

mesure effectuée dans une installation pour déterminer les valeurs des paramètres utilisés par un système de mesure automatique à des fins de contrôle

### 3.10

#### **dispositif de mesure de luminance par imagerie/photoluminancemètre**

dispositif électronique numérique, équipé d'une lentille, d'un filtre de correspondance photométrique approprié, d'un capteur sous forme de matrice de détecteur (pixel) et étalonné pour mesurer les répartitions de luminance de la scène cadrée

Note 1 à l'article : chaque pixel est étalonné pour déterminer les valeurs de luminance de l'espace dont une image est acquise sur sa surface par le système à lentille.

Note 2 à l'article : la matrice de pixel est généralement réalisée avec des capteurs CDD (dispositif à transfert de charge) ou CMOS (semi-conducteur complémentaire à l'oxyde de métal).

Note 3 à l'article : on peut trouver différents termes dans la littérature pour décrire un dispositif de mesure de luminance par imagerie, tels que luminancemètre à canaux multiples, outil de mesure des champs de luminance, luminancemètre à barrettes (ou à matrice), photoluminancemètre, luminancemètre à dispositif à transfert de charge, caméra de luminance, luminancemètre multidirectionnel, dispositif de mesure du profil de luminance spatiale.

### 3.11

#### **système utilisant un détecteur à deux zones**

méthode de mesure de l'éclairement horizontal utilisant un ou des couples de détecteurs ; le premier détecteur de chaque couple mesure la lumière émise par l'hémisphère vers l'avant et le second mesurant la lumière émise par l'hémisphère vers l'arrière

Note 1 à l'article : cette méthode est généralement appliquée dans un système de mesure dynamique où un détecteur est monté à l'avant du véhicule et l'autre à l'arrière du véhicule.

Note 2 à l'article : la valeur du point éclaircissement est obtenue en faisant la somme des lectures des deux détecteurs au même point spatial.

### 3.12

#### **éclairage adaptatif**

modifications de la luminance ou de l'éclairement à commande temporelle par rapport au volume de circulation, à l'heure, aux conditions atmosphériques ou à d'autres paramètres

## 4 Symboles et abréviations

L'EN 13201-3 répertorie les paramètres de qualité photométriques normatifs d'une installation d'éclairage public. À

des fins de mesures spécifiques, un ensemble de paramètres spécifiques introduits en plus des paramètres normatifs est décrit à l'Annexe B informative. La personne responsable de la mesure décide s'il est nécessaire d'utiliser ces paramètres en fonction des objectifs de mesure et des procédures de mesure.

Les conventions décrites à l'Annexe C normative doivent être adoptées lorsqu'il est nécessaire d'utiliser un symbole pour spécifier clairement la signification ou les conditions de mesure liées à un paramètre donné.

## 5 Informations préliminaires aux mesures du système d'éclairage public

### 5.1 Objectifs des mesures

Il est nécessaire de mesurer les paramètres de qualité photométriques d'un système d'éclairage public pour au moins quatre objectifs différents :

**Mesures lors de la phase d'essai finale :** mesures effectuées pendant la phase d'essai finale/de mise en service de l'installation d'éclairage public, pour vérifier la conformité aux exigences normalisées et/ou aux attentes de la conception. Ces résultats peuvent être utilisés pour l'approbation formelle des installations d'éclairage public.

**Mesures pendant la durée de vie de l'éclairage public :** mesures effectuées à des intervalles prédéterminés pendant la durée de vie de l'éclairage public, pour quantifier la dégradation des performances d'éclairage et

## EN 13201-4:2015 (F)

définir les besoins de maintenance ou pour vérifier la conformité de l'installation d'éclairage public aux exigences normalisées ou aux attentes de la conception, généralement basées sur les valeurs maintenues.

**Mesures pour l'éclairage public adaptatif :** mesures effectuées en continu ou à des intervalles prédéterminés pour contrôler le flux lumineux des luminaires dans l'éclairage public adaptatif, lorsque les performances des installations sont maintenues à la valeur donnée avec une tolérance donnée.

**Mesures pour l'analyse des écarts :** mesures effectuées selon les besoins pour analyser les écarts entre les mesures et les attentes de la conception ou l'influence de l'environnement.

Différentes procédures de mesure, exigences et caractéristiques métrologiques des instruments doivent être prises en compte pour chaque objectif.

La partie principale de la norme tient compte des exigences de mesure lors de la phase d'essai finale et pendant la durée de vie de l'éclairage public. Les particularités ou les exigences supplémentaires relatives aux mesures pour les systèmes adaptatifs sont données à l'Annexe D normative et celles relatives à l'analyse des écarts sont données à l'Annexe E informative.

La mesure établie (voir 3.9) est considérée comme une mesure spécifique qui doit suivre les exigences de mesure à la phase d'essai finale.

À l'exception de la mesure établie, lorsqu'il est nécessaire de comparer les résultats de mesure, ils doivent être établis en tenant compte du même ensemble de points mesurés et, si nécessaire, de la position de l'observateur.

Les mesures doivent être effectuées en suivant un mode opératoire détaillé qui doit tenir compte des exigences normalisées ou des attentes de la conception, décrit l'évaluation de l'incertitude de mesure (voir lignes directrices informatives à l'Annexe F), qui spécifie les conditions de son applicabilité et tient compte des aspects pratiques (voir lignes directrices informatives à l'Annexe G).

Les objectifs de la mesure doivent être rédigés dans le rapport d'essai (voir Article 9 et Annexe H informative).

**NOTE** La documentation de la conception d'une installation existante peut être manquante. La mesure peut dans ce cas être effectuée conformément aux spécifications d'un cahier des charges.

## 5.2 Procédures de mesure et sélection des instruments photométriques

### 5.2.1 Mesures statiques comparativement aux mesures dynamiques

Les mesures peuvent être effectuées avec des systèmes de mesure statiques ou dynamiques. Pour un objectif de mesure donné (voir 5.1), le système adopté doit être sélectionné en tenant compte de l'exactitude des résultats requise et d'autres contraintes pouvant être liées à des raisons de sécurité, des conditions locales et temporaires et/ou aux exigences d'un cahier des charges.

Un système de mesure dynamique peut mesurer la longueur (ou la surface) totale d'une installation d'éclairage public dans un délai plus raisonnable qu'un système de mesure statique. Cette spécificité peut être utile lorsque l'homogénéité des performances de l'installation d'éclairage public doit être analysée ou lorsqu'il faut évaluer un réseau routier complet à un moment donné.

**NOTE** Des recommandations relatives à la conception et à l'utilisation des systèmes de mesure dynamiques sont données dans la publication CIE 194:2011.

### 5.2.2 Exigences générales relatives aux procédures de mesure et aux dispositifs de mesure

Les procédures de mesure adoptées doivent être adaptées à l'objectif des mesures.

Pour un objectif de mesure donné, la valeur maximale acceptable de l'incertitude élargie doit être définie en tenant compte des exigences nationales ou du cahier des charges et de l'évaluation de l'influence potentielle de

cette incertitude sur la décision prise en utilisant les résultats de mesure ou sur la consommation énergétique de l'installation d'éclairage public ou tout autre paramètre défini dans l'EN 13201-5.

Tous les instruments doivent être étalonnés dans les plages utilisées pour assurer leur traçabilité métrologique.

NOTE 1 L'étalonnage effectué par un laboratoire d'étalonnage accrédité selon l'EN ISO/IEC 17025 garantit cette exigence.

Les caractéristiques métrologiques des instruments utilisés doivent être adaptées à l'objectif des mesures. Les luminances doivent être mesurées avec un luminancemètre dont les caractéristiques sont adaptées à l'objectif des mesures. Les éclairements doivent être mesurés avec un luxmètre dont les caractéristiques sont adaptées à l'objectif des mesures :

pour la mesure des éclairements verticaux et horizontaux, une cellule photométrique pour la mesure de l'éclairement plan est requise ;

pour des éclairements semi-cylindriques ou hémisphériques, une cellule photométrique adaptée à ces mesures est requise.

Les performances métrologiques des instruments doivent être évaluées pour les conditions spécifiques de l'application.

Par conséquent, si cela est nécessaire, les caractéristiques d'étalonnage et photométriques du détecteur utilisé doivent être corrigées en tenant compte des conditions de température et d'humidité ambiantes pendant les mesures ainsi que des spectres émis dans la région visible par les luminaires.

Les instruments utilisés pour mesurer les paramètres photométriques doivent être caractérisés conformément à l'EN 13032-1 pour tous les paramètres pertinents et leur influence doit être prise en compte dans le modèle d'évaluation de l'incertitude.

NOTE 2 Des recommandations relatives aux performances des luxmètres et des luminancemètres sont données dans la publication CIE S 023/E:2013.

### **5.2.3 Exigences spécifiques pour les luminancemètres**

Pour chaque type de luminancemètre, l'influence des sources lumineuses externes par rapport au champ cadré doit être prise en compte.

Pour chaque type de luminancemètre, dans chaque cas de mesure en un point du maillage, l'angle sous-tendu de la surface de route mesurée ne doit pas être supérieur à 2 min d'arc dans le plan vertical et à 20 min d'arc dans le plan horizontal. L'angle sous-tendu minimal ne doit pas être inférieur à 1 min d'arc.

NOTE 1 Le champ de calcul spécifié dans l'EN 13201-3 commence à 60 m de la position de l'observateur. Cela signifie que pour prévenir la superposition des zones de mesure telles qu'elles sont observées à travers un luminancemètre installé à cette distance, la valeur maximale de l'angle du cône de mesure est telle qu'indiquée plus haut.

NOTE 2 La valeur minimale de l'angle sous-tendu tient compte d'une acuité visuelle conventionnelle de 1 min d'arc.

Si la mesure est effectuée à une distance plus courte par rapport aux positions nominales de l'observateur indiquées dans l'EN 13201-3 (voir 7.2.1), il est recommandé que le cône de mesure du luminancemètre ne dépasse pas 30 min d'arc et que la dimension de la zone de mesure sur la route ne soit pas supérieure à 0,5 m transversalement et à 2,5 m longitudinalement.

### **5.2.4 Exigences supplémentaires pour les photoluminancemètres**

Pour les photoluminancemètres, l'influence de la répétabilité du positionnement de l'obturateur, la saturation des pixels et les images fantômes doivent également être prises en compte.



## EN 13201-4:2015 (F)

Si un photoluminancemètre est utilisé, la luminance pour chaque point du maillage peut être déterminée en faisant la moyenne de la lecture des pixels adjacents. Dans tous les cas, les conditions relatives à l'angle sous-tendu des surfaces mesurées doivent être conformes aux exigences données en 5.2.3.

### 5.3 Évaluation de l'incertitude de mesure

L'incertitude de mesure peut être considérée comme ayant trois groupes de composants :

- a) ceux concernant les caractéristiques métrologiques du système de mesure et l'influence des procédures de mesure ;
- b) ceux concernant l'influence des caractéristiques nominales et de la disposition de l'installation d'éclairage public mesurée ;
- c) ceux concernant l'influence des caractéristiques instantanées de l'installation d'éclairage public mesurée et des conditions atmosphériques et environnementales.

Ces trois groupes doivent être séparés car le dernier peut varier significativement d'une mesure à l'autre, tandis que l'influence du système de mesure peut rester sensiblement constante.

Les différentes sources d'incertitude de mesure peuvent être classées comme suit :

- a) l'exactitude des instruments de mesure ;
- b) l'exactitude de la référence des coordonnées du point ou de la zone mesuré(e) (le cas échéant) ;
- c) l'influence de la procédure de mesure ;
- d) l'influence des méthodes d'élaboration des données ;
- e) les caractéristiques de l'installation d'éclairage public et la stabilité des paramètres photométriques pendant la mesure ;
- f) les conditions d'alimentation électrique ;
- g) les conditions atmosphériques (température, humidité relative, vitesse du vent, etc.) ;
- h) les conditions environnementales (présence d'arbres, objets qui font obstacle, sources lumineuses gênantes, autres installations d'éclairage, etc.).

Pour des raisons pratiques, la présente Norme européenne n'exige pas l'évaluation de la contribution de l'incertitude des trois derniers éléments, mais seulement une description dans le rapport d'essai de leurs conditions, car :

- i) ils ne sont généralement pas sous le contrôle de l'équipe de mesure ;
- j) leur évaluation ou mesure pourrait être difficile ou onéreuse ;
- k) il convient normalement d'évaluer l'installation d'éclairage dans les conditions de fonctionnement réelles qui n'ont pas besoin d'être connues en détail sur le plan quantitatif ;
- l) l'influence de ces éléments sur la valeur d'éclairement ou de luminance mesurée n'est généralement pas connue et elle est probablement impossible à déterminer sans mettre en œuvre un ensemble de mesures complexes et onéreuses.

Si les valeurs ou les uniformités des points sont indiquées dans le rapport d'essai, l'influence du mauvais alignement du détecteur (par exemple la surface du détecteur ne se trouve pas dans la position nominale par rapport aux points du maillage) pour les mesures d'éclairement ou la position et les dimensions de la surface

cadrée pour les mesures de luminance doivent être prises en compte lors de l'évaluation des incertitudes de mesure. Cette corrélation est une caractéristique de l'installation d'éclairage public (variation spatiale de l'éclairement ou de la luminance à proximité du point en raison d'une répartition non uniforme de la lumière) et non du système de mesure ou des procédures de mesure.

Il n'est pas nécessaire de tenir compte de cette contribution aux incertitudes de mesure pour les valeurs moyennes.

Des lignes directrices relatives à l'évaluation de l'incertitude de mesure dans la caractérisation des installations d'éclairage public sont données dans l'Annexe F informative.

NOTE Des recommandations relatives au calcul de l'incertitude de mesure sont données dans le Guide ISO/IEC 98-1:2009 et le Guide ISO/IEC 98-3:2008.

## 5.4 Zones mesurées

Les mesures doivent prendre en compte toute la longueur de l'installation d'éclairage public et toutes ses conditions opérationnelles (classes d'éclairage).

Si les caractéristiques de l'installation d'éclairage public sont conçues pour être constantes sur toute la longueur l'installation, il est possible de sélectionner un nombre pertinent de zones et d'effectuer des mesures uniquement dans ces zones (zones mesurées). Dans ce cas, une description des raisons, justifications et conséquences de ce choix doit être rédigée dans le rapport d'essai.

NOTE Une des raisons les plus courantes de la sélection de zones spécifiques de mesures est la chute de tension d'alimentation dans la ligne d'alimentation électrique.

## 5.5 Paramètres mesurés

Les paramètres géométriques de la route dans la zone mesurée (interdistance entre les candélabres, chaussée et largeur de la voie) doivent être mesurés ou connus pour permettre de définir la référence pour les coordonnées des points et les valeurs nominales des coordonnées des points.

La position, l'inclinaison et l'orientation de la surface sensible du luxmètre (pour la mesure de l'éclairement) ou de la position de la surface mesurée (pour la mesure de la luminance) par rapport aux points de maillage nominaux doivent être enregistrées dans le rapport d'essai.

Pour la mesure de l'éclairement, la coordonnée  $z$  (hauteur de la surface sensible à la lumière du détecteur par rapport à la surface de la route) doit également être spécifiée.

NOTE Ces paramètres sont spécifiés à l'aide de leur valeur nominale et tolérances, ou des valeurs mesurées avec une incertitude.

La mesure *effectuée pour la vérification de la conformité aux exigences normalisées* doit tenir compte de tous les paramètres de qualité photométriques pour la ou les classes d'éclairage pertinentes.

Un ensemble réduit de paramètres peut être adopté si cela fait l'objet d'un accord avec l'acheteur ou l'opérateur et si ce choix est décrit dans la conception de l'installation d'éclairage.

La mesure *effectuée pour la vérification de la conformité aux attentes de la conception* doivent tenir compte d'un ensemble concordant de paramètres tels que spécifiés et évalués dans la conception de l'installation d'éclairage public.

EXEMPLE Cet ensemble peut spécifier la mesure de l'éclairement dans les points du maillage au lieu de la luminance moyenne de la surface de la route et le calcul des uniformités tenant compte de ces valeurs.

Les points supplémentaires suivants doivent être décrits dans le rapport d'essai :

- a) les conditions d'alimentation électrique ;

## EN 13201-4:2015 (F)

b) les conditions atmosphériques et environnementales ;

et doivent être mesurés si requis dans le cadre d'une spécification d'un cahier des charges ou si requis dans le cadre d'une norme pertinente (voir Article 8).

Si les spécifications du cahier des charges ou la norme pertinente exigent de mesurer l'éclairement en tant qu'étape de vérification préliminaire pour les classes d'éclairage M, les éclairagements des points au niveau des mêmes points du maillage utilisé pour le calcul de la luminance doivent être calculés pour les classes d'éclairage M et l'éclairement mesuré au niveau des mêmes points.

Si les classes d'éclairage M (voir EN 13201-2) sont prises en compte et que le projet comporte une analyse des tolérances (voir Annexe A informative), les spécifications du cahier des charges peuvent restreindre la vérification de la conformité aux exigences normalisées aux vérifications de l'éclairement uniquement.

### 5.6 Informations générales relatives aux mesures pendant la durée de vie de l'installation d'éclairage

Les mesures pendant la durée de vie de l'éclairage public sont généralement effectuées avant ou après la maintenance de l'installation, en fonction des exigences de conception.

Un ensemble limité de paramètres mesurés et une géométrie de mesure simplifiée peuvent être sélectionnés conformément aux spécifications de conception ou aux exigences du cahier des charges.

Il peut même être possible d'éviter de déterminer certains paramètres, tels que les vérifications des conditions de fonctionnement électrique de l'installation, sauf si elle est demandée dans le cadre d'une spécification d'un cahier des charges ou d'une norme pertinente.

Si les mesures sont effectuées à des intervalles prédéterminés ou périodiquement en vue de quantifier la dégradation des performances d'éclairage, elles peuvent être effectuées en utilisant des procédures simplifiées. Il est possible de mesurer un autre ensemble de paramètres ou de géométries, mais au moins un paramètre avec une géométrie donnée doit être mesuré à des fins de comparaison lors de chaque opération de mesure.

La corrélation entre les paramètres mesurés dans ces conditions et les paramètres normatifs doit tenir compte des mesures antérieures ou des conditions de mesure spécifiques décrites dans la conception de l'installation d'éclairage public. Toutes les mesures doivent néanmoins être effectuées d'une manière compatible lors de chaque opération de surveillance.

### 5.7 Comparaison aux exigences

Toutes les comparaisons des résultats mesurés aux exigences normalisées ou aux attentes de conception doivent être effectuées en tenant compte de l'incertitude élargie de la mesure :

- a) pour les paramètres qui exigent une valeur supérieure ou égale à un niveau donné, la limite inférieure de l'intervalle élargi de l'incertitude élargie doit être supérieure ou égale au niveau donné ;
- b) pour les paramètres qui exigent une valeur inférieure ou égale à un niveau donné, la limite supérieure de l'intervalle élargi de l'incertitude élargie doit être inférieure ou égale au niveau donné.

NOTE 1 L'incertitude élargie est définie dans le Guide ISO/IEC 99:2007, définition 2.35.

NOTE 2 L'intervalle élargi est défini dans le Guide ISO/IEC 99:2007, définition 2.36.

NOTE 3 Des recommandations relatives au rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité sont données dans le Guide ISO/IEC 98-4.

La présente norme n'indique pas d'exigences pour la plage de valeurs acceptables de l'incertitude de mesure.

L'incertitude de mesure élargie exigée pour les mesures peut être indiquée à l'étape d'ingénierie finale en tant qu'exigences d'optimisation de la gestion ou des consommations d'énergie électrique.

Pour la vérification de la conformité aux exigences normalisées, les valeurs mesurées doivent être comparées aux paramètres de l'installation d'éclairage public spécifique. En règle générale, l'exigence de l'EN 13201-2 doit être utilisée.

Pour la vérification de la conformité aux attentes de la conception, les valeurs mesurées doivent être comparées à l'ensemble concordant de paramètres spécifiés et évalués dans la conception de l'installation d'éclairage public.

Si des paramètres de conception spécifiques sont indiqués dans le cahier des charges, ils doivent être utilisés.

Tous les paramètres qui identifient une classe d'éclairage donnée doivent être mentionnés dans la déclaration de conformité aux exigences normalisées. Des non-conformités exigent de mesurer d'autres paramètres photométriques ou non-photométriques dans l'installation, s'il faut analyser les raisons des écarts (voir Annexe E informative).

## 6 Conditions de mesure

### 6.1 Vieillessement des lampes et des luminaires avant les mesures

Les mesures doivent généralement être effectuées après une période de vieillissement des sources lumineuses installées dans les luminaires correspondant au minimum à la période spécifiée, pour un type de lampe donné, dans l'EN 13032-1.

NOTE Des recommandations relatives à la période de vieillissement des luminaires à LED sont envisagées.

### 6.2 Stabilisation après allumage

Les luminaires demandent un certain temps avant stabilisation du flux lumineux et toutes les mesures doivent être effectuées après cette période de stabilisation.

NOTE 1 Des recommandations relatives à la période de stabilisation pour différentes typologies de lampes sont données dans l'EN 13032-1.

NOTE 2 Des recommandations relatives à la période de stabilisation des luminaires à LED sont envisagées.

Des mesures de surveillance doivent être relevées s'il existe des préoccupations quant à la stabilité de l'installation d'éclairage public au cours de la période de mesure.

EXEMPLE Il convient d'effectuer des mesures d'éclairement au(x) même(s) emplacement(s) à des intervalles réguliers afin de garantir que la stabilité ait été atteinte et maintenue avant et pendant la période des mesures définitives de la lumière de l'installation d'éclairage public.

NOTE 3 En fonction du type de lampes et d'installations d'éclairage public, des informations adéquates peuvent être obtenues en surveillant la tension d'alimentation.

### 6.3 Conditions climatiques

#### 6.3.1 Généralités

Il convient que les conditions climatiques soient telles qu'elles n'influencent pas les mesures de manière significative, à moins que ceci ne soit délibéré.

NOTE Dans certaines conditions atmosphériques, l'absorption atmosphérique réduit significativement le niveau d'éclairement ou modifie la luminance mesurée.

## EN 13201-4:2015 (F)

Si les conditions climatiques au moment de la mesure ne représentent pas les conditions requises pour l'objectif de la mesure, il convient que la personne responsable de la mesure décide s'il est nécessaire de reporter les mesures.

### 6.3.2 Instruments

Les hautes et basses températures peuvent affecter l'étalonnage et l'exactitude des instruments de mesure de la lumière.

La condensation ou l'humidité sur les surfaces transmettant la lumière des instruments de mesure ou sur leurs circuits électriques peut affecter leur exactitude.

Des vents à grande vitesse peuvent faire osciller ou vibrer les instruments de mesure.

L'influence des conditions climatiques sur les performances des instruments doit être prise en compte à l'aide de facteurs de correction. L'évaluation de l'incertitude de mesure doit tenir compte de ces incertitudes.

Si les conditions climatiques sont en dehors de la plage des facteurs de correction connus, la personne responsable de la mesure doit reporter les mesures.

### 6.3.3 Installations d'éclairage public

Des hautes et basses températures ou des vents à grande vitesse peuvent affecter le flux lumineux des lampes ou des luminaires sensibles à la lumière.

Des vents à grande vitesse peuvent faire osciller les luminaires.

La transmission de la lumière dans l'atmosphère affectera la lumière qui arrive sur la surface à mesurer et, dans les cas de mesures de luminance, la lumière qui arrive au luminancemètre à partir de la surface à mesurer.

Il convient que les conditions climatiques soient telles qu'elles n'influencent pas les mesures de manière significative, à moins que ceci ne soit délibéré.

Les mesures de luminance doivent uniquement être effectuées lorsque la route est sèche lors de la prise en compte des exigences des classes M pour les conditions sèches.

**NOTE** Lorsque des mesures sont effectuées sur une surface sèche, même une légère humidité de la surface de la route affecte de manière significative la luminance de la route.

Si les conditions climatiques au moment de la mesure ne représentent pas les conditions évaluées dans la phase de conception de l'installation de l'éclairage public, il convient que la personne responsable de la mesure décide s'il est nécessaire de reporter les mesures.

## 6.4 Conditions routières

Les caractéristiques photométriques de la surface de la route peuvent largement évoluer dans le temps, en particulier pendant les trois premières années de vie du matériau.

Dans le cas de mesures de la luminance sur une nouvelle surface de route, les valeurs mesurées peuvent être différentes de celles attendues car le coefficient de luminance réduit réel est différent de celui utilisé lors de la phase de conception (mesuré ou obtenu à partir de tableaux de surface de route normalisée).

Dans ce cas, les conditions de surface de la route peuvent être estimées en comparant les mesures d'éclairement et le calcul de l'éclairement (voir Annexe E informative).

## 6.5 Lumière parasite et lumière générant des nuisances

Lorsque les mesures sont destinées à enregistrer les performances lumineuses de l'installation d'éclairage public uniquement, il convient d'éliminer la lumière directe ou réfléchiée par l'environnement ou de la prendre en compte. Il est recommandé d'enregistrer les actions prises à cet effet dans le rapport d'essai.

NOTE 1 Les lumières de l'environnement proviennent des vitrines de magasins, des panneaux publicitaires, de la signalisation routière, des projecteurs des véhicules, d'autres installations d'éclairage public, du halo lumineux du ciel nocturne, de la réflexion de la neige sur le bord de la route, etc. Cet éclairage peut parfois être évité, masqué ou éteint.

NOTE 2 Il est possible d'effectuer une correction des valeurs mesurées, basée sur des mesures séparées prises avec l'installation d'éclairage public éteinte. Une correction du halo lumineux du ciel nocturne n'est possible que si la nébulosité n'est pas variable.

Lorsque les mesures sont destinées à enregistrer la lumière directe d'une installation, il convient si possible de sélectionner des zones de mesure sans obstacles pouvant produire des ombres. Ces obstacles peuvent être des arbres, des voitures stationnées ou du mobilier urbain. Il convient d'enregistrer la présence d'obstacles dans le rapport d'essai.

Toute ombre ou interférence des systèmes de mesure ou des opérateurs doit être réduite au minimum possible. Des précautions doivent être prises pour que le personnel qui effectue les mesures ou l'équipement qu'ils utilisent ne fasse pas obstacle à la lumière qui pourrait atteindre la cellule photométrique (mesure de l'éclairement) ou la surface de route mesurée (mesure de la luminance) ou ne réfléchisse pas la lumière qui ne devrait normalement pas atteindre la cellule photométrique ou la surface de route mesurée.

Lorsque les mesures sont effectuées pendant la durée de vie des installations, les lumières parasites et la lumière générant des nuisances peuvent être évitées ou être considérées comme faisant partie des performances d'éclairage globales selon les procédures décrites dans la conception de l'installation, dans le cadre d'une spécification du cahier des charges ou d'une norme pertinente.

## 7 Mesures photométriques

### 7.1 Emplacement des points du maillage

La position nominale des points du maillage auxquels des mesures sont prises doivent être conformes à celle donnée dans l'EN 13201-3.

Un ensemble réduit de points, utilisant au moins 50 % des points du maillage normalisé ou un autre maillage, peut être adopté si cela fait l'objet d'un accord dans le cahier des charges. Il convient que ce maillage simplifié ou le maillage alternatif présente une répartition significative de points sur la zone utilisée pour définir le maillage entier (voir EN 13201-3).

L'exactitude dans la position des points de mesure doit être incluse dans les évaluations de l'incertitude de mesure.

Pour les mesures effectuées pendant la durée de vie de l'installation d'éclairage public, les différents points de mesure peuvent être choisis par rapport au maillage normalisé (voir EN 13201-3). Dans ce cas, un ensemble réduit ou élargi de points de mesure peut être pris en compte ou suggéré à l'étape d'ingénierie finale et l'exactitude peut être évaluée en suivant les données de conception ou des données mesurées antérieures. Dans certaines situations, le contrôle de certains points précis peut suffire, les mesures doivent néanmoins prendre en compte toute la longueur de l'installation d'éclairage public et toutes ses classes d'éclairage opérationnelles.

## EN 13201-4:2015 (F)

### 7.2 Mesure des luminances

#### 7.2.1 Emplacement de l'observateur (luminancemètre)

Pour la mesure de la luminance, les positions nominales de l'observateur doivent être conformes à celles données dans l'EN 13201-3. L'exactitude dans la position de l'observateur doit être incluse dans les évaluations de l'incertitude de mesure.

Les mesures peuvent être effectuées à une plus courte distance et à une hauteur proportionnelle moins élevée de façon à ce que l'angle de vision du luminancemètre soit de  $(89 \pm 0,5)^\circ$  par rapport à la normale à la surface de la route.

#### 7.2.2 Sélection des points du maillage

Si certains points du maillage se trouvent sur les marquages de la route (zébra, zone de traversée), ils ne doivent pas être pris en compte dans la détermination de la luminance moyenne et des valeurs d'uniformité. Ces points doivent être enregistrés dans le rapport d'essai.

Certains points du maillage peuvent se trouver dans l'ombre d'un objet (arbre) ou sur une tâche d'huile, etc. Dans de tels cas, il est recommandé de ne pas tenir compte de ces points dans la détermination de la luminance moyenne et des valeurs d'uniformité et de les enregistrer dans le rapport d'essai. Sinon, il convient d'évaluer les paramètres spécifiques appropriés. Il est possible d'utiliser les algorithmes de l'Annexe B informative.

Les valeurs minimale et maximale des zones des surfaces cadrées au niveau des points du maillage doivent être indiquées dans le rapport d'essai.

#### 7.2.3 Mesure de la luminance moyenne

La luminance moyenne est obtenue sous forme de valeur moyenne des luminances mesurées au niveau des points du maillage (voir 7.1 et 7.2.2) ou à l'aide d'une seule lecture de la zone d'étude de la surface de la route.

Pour la mesure de la luminance moyenne à l'aide d'une seule lecture, l'appareil de mesure doit être un photoluminancemètre.

**NOTE** Si un photoluminancemètre n'est pas utilisé, la mesure de la luminance donne en fait une pondération en perspective à chaque point et évalue également la surface de la route entre les points du maillage.

#### 7.2.4 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure dynamiques

Les mesures de luminance dynamiques doivent être effectuées en utilisant un photoluminancemètre.

Tous les effets sur les lectures de la luminance générés par le véhicule, tels que l'ombre projetée par le véhicule, la lumière réfléchie par le véhicule sur le luminancemètre, les interrélflexions, doivent être corrigés, si possible, et être pris en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Le véhicule mobile ne doit pas produire de lumière ni de bruit électronique qui interfère avec la lecture de l'instrument sauf si la lecture de l'instrument est corrigée de façon adéquate et que cette correction est prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Si le détecteur de luminance est situé à l'intérieur du véhicule, tous les effets du pare-brise et de la lumière à l'intérieur du véhicule sur la lecture de la luminance doivent être évalués et les valeurs mesurées doivent être corrigées. Cette correction doit être prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Le concept de l'observateur mobile peut être adopté. Dans ce cas, l'angle de vision nominal du luminancemètre doit être à  $89^\circ$  par rapport à la normale à la surface de la route et les points du maillage mesurés doivent se situer dans les lignes transversales à la distance correspondant à l'angle de vision requis avec une tolérance de  $\pm 2 D$ , où  $D$  est l'interdistance entre les points dans la direction longitudinale du maillage spécifiée dans l'EN 13201-3.

Pour les mesures effectuées lors de la phase d'essai finale, la distance maximale couverte pendant la durée d'exposition doit être inférieure ou égale à 0,5 m et l'exactitude de définition des coordonnées nominales des points de mesure doit être supérieure à  $D$ , où  $D$  est l'interdistance entre les points dans la direction longitudinale du maillage spécifiée dans l'EN 13201-3.

Pour les mesures effectuées pendant la durée de vie de l'installation, la distance maximale le long de laquelle les capteurs effectuent les mesures (pendant la durée d'acquisition) ne doit pas dépasser 2,0 m.

### 7.3 Mesure des éclairements

#### 7.3.1 Généralités

N'importe lequel des quatre types d'éclairage différents suivants doit être mesuré, en fonction de la ou des classes d'éclairage de l'installation d'éclairage public :

l'éclairage horizontal ;

l'éclairage hémisphérique ;

l'éclairage semi-cylindrique ;

l'éclairage vertical.

#### 7.3.2 Sélection des points du maillage

Certains points du maillage peuvent se trouver dans l'ombre d'objets (c'est-à-dire d'arbres). Dans de tels cas, il est recommandé de ne pas tenir compte de ces points dans la détermination de l'éclairage moyen et/ou minimal et des valeurs d'uniformité et de les enregistrer dans le rapport d'essai. Sinon, il convient d'évaluer les paramètres spécifiques appropriés. Il est possible d'utiliser les algorithmes de l'Annexe B informative.

#### 7.3.3 Mesure de l'éclairage horizontal

Pour les mesures de l'éclairage horizontal, le plan de la partie sensible de la cellule doit être horizontal et être généralement au niveau du sol ou parallèle au plan de la surface de la route conventionnelle.

La valeur nominale de la hauteur du plan de la surface sensible à la lumière de la cellule photométrique (hauteur de mesure) doit être spécifiée dans le rapport d'essai (voir 7.3.7 et 7.3.8).

En théorie, il convient de positionner la surface sensible à la lumière de la cellule photométrique au niveau du sol, mais cela n'est généralement pas possible compte tenu de l'épaisseur du détecteur et de tout support, par exemple une suspension à cardans.

NOTE 1 Si la hauteur de mesure augmente, alors les écarts entre les valeurs mesurées et l'éclairage réel ou calculé sur la surface de la route augmentent également.

L'influence de la hauteur de mesure doit être évaluée dans l'incertitude de mesure. Il convient si possible de déterminer un facteur de correction pour la hauteur de mesure. Dans ce cas, l'incertitude de mesure doit tenir compte de la valeur d'éclairage corrigée et de l'influence de l'incertitude du facteur de correction.

NOTE 2 Un facteur permettant de corriger la hauteur de mesure est obtenu en évaluant, pour chaque point du maillage utilisé, le rapport entre l'éclairage calculé sur la surface de la route et l'éclairage calculé sur le plan à la hauteur de mesure nominale et parallèlement à la surface de la route.



**EN 13201-4:2015 (F)****7.3.4 Mesure des éclairagements hémisphériques**

L'éclairage hémisphérique en un point donné peut être mesuré avec un luxmètre adapté à la mesure de l'éclairage plan en adoptant la procédure suivante. L'éclairage horizontal  $E_{h,m}$  de tous les luminaires est mesuré au point donné. La composante  $E_{l,m}$  est mesurée pour le  $i^{\text{ème}}$  luminaire, l'un après l'autre, en exposant la surface de la cellule photométrique de sorte qu'elle reçoive perpendiculairement la lumière du luminaire mesuré, sachant que toute autre lumière est exclue. L'éclairage hémisphérique mesuré,  $E_{hs,m}$  est défini par :

$$E_{hs,m} = \frac{1}{4} E_{h,m} + \sum_{i=1}^{n_{lu}} E_{l,m} \quad (1)$$

où

$E_{h,m}$  est l'éclairage horizontal mesuré de tous les luminaires de l'installation d'éclairage public ;

$E_{l,m}$  est l'éclairage perpendiculaire mesuré du  $i^{\text{ème}}$  luminaire ;

$n_{lu}$  est le nombre de luminaires de l'installation d'éclairage public.

Les autres conditions pour l'éclairage hémisphérique sont similaires à celles pour l'éclairage horizontal.

**7.3.5 Mesure des éclairagements semi-cylindriques**

Le centre de la surface sensible de la cellule photométrique doit être positionné de façon nominale à 1,5 m au-dessus du sol. La surface sensible de la cellule photométrique doit être verticale et avoir l'orientation correcte, généralement perpendiculaire à l'axe de la chaussée. Des recommandations sont données dans l'EN 13201-3.

**7.3.6 Mesure des éclairagements verticaux**

Le centre de la surface sensible de la cellule photométrique doit être positionné de façon nominale à 1,5 m au-dessus du sol en tenant compte des points du maillage définis dans l'EN 13201-3. La surface sensible à la lumière de la cellule photométrique doit être verticale et avoir l'orientation correcte, généralement perpendiculaire aux directions principales du déplacement des piétons. Des recommandations sont données dans l'EN 13201-3.

**7.3.7 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure statiques**

Lorsque l'éclairage est mesuré, pour réduire au minimum l'interférence des systèmes de mesure ou des opérateurs, il est recommandé de relier un luxmètre à la cellule photométrique par un câble ou d'utiliser un luxmètre avec un câble de commande à distance. Les câbles doivent généralement être suffisamment longs pour que les observateurs puissent se positionner eux-mêmes de telle manière qu'ils n'occultent aucune lumière qui pourrait atteindre la cellule photométrique.

L'utilisation d'une suspension à cardans facilite le maintien de la cellule photométrique à l'inclinaison correcte par rapport au plan de la surface de la route conventionnelle.

Pour l'éclairage horizontal, la hauteur de mesure doit être au maximum à 200 mm du niveau du sol. Si le système d'éclairage public comporte des luminaires à des hauteurs inférieures à 2 m, la cellule photométrique doit être au maximum à 50 mm du niveau du sol ou les valeurs d'éclairage doivent également être calculées à la hauteur nominale de mesure.

**7.3.8 Exigences supplémentaires pour les systèmes de mesure dynamiques**

En principe, le véhicule mobile ne doit pas faire obstacle aux lumières qui pourraient atteindre la cellule photométrique sauf si ces conditions sont prises en compte dans les procédures de mesure (comme dans les systèmes à détecteur à deux zones).

Si la méthode du détecteur à deux zones est adoptée, l'effet de protection du véhicule est pris en compte dans les procédures de mesure. Une estimation de l'exactitude de l'algorithme utilisé pour obtenir l'éclairement des points à partir de la lecture des détecteurs avant et arrière doit être prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

NOTE Des recommandations relatives à la conception, à l'utilisation et à la caractérisation métrologique des systèmes à détecteur à deux zones sont données dans la publication CIE 194:2011.

Tous les effets sur les lectures du détecteur générés par le véhicule, tels que l'ombre projetée par le véhicule, la lumière réfléchie par le véhicule, les interréllections entre le véhicule, le détecteur et son boîtier, le cas échéant, doivent être corrigés et être pris en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Le véhicule mobile ne doit pas produire de lumière ni de bruit électronique qui interfère avec la lecture de l'instrument sauf si la lecture de l'instrument est corrigée de façon adéquate et que cette correction est prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Si des raisons de sécurité le justifient, la hauteur de mesure de la cellule photométrique doit être au maximum à 300 mm du niveau du sol. Si le système d'éclairage public comporte des luminaires à des hauteurs inférieures à 2 m, les valeurs d'éclairement doivent également être calculées à la hauteur nominale de mesure.

Pour les mesures effectuées lors de la phase d'essai finale, la distance maximale le long de laquelle les capteurs effectuent les mesures (pendant la durée d'acquisition) ne doit pas dépasser 0,1 m.

Pour les mesures effectuées pendant la durée de vie de l'installation, la distance maximale le long de laquelle les capteurs effectuent les mesures (pendant la durée d'acquisition) ne doit pas dépasser 1,0 m.

#### 7.4 Mesure du rapport d'éclairement des abords ( $R_{EI}$ )

Le rapport d'éclairement des abords doit être mesuré en suivant les exigences données pour la mesure de l'éclairement horizontal et les maillages spécifiés dans l'EN 13201-3:2015, 8.6.

Lorsque les valeurs d'éclairement mesurées dans les points du maillage sont connues, le rapport d'éclairement des abords est calculé en utilisant les formules suivantes tirées des formules spécifiées dans l'EN 13201-3:2015, 8.6, Formules (42), (43) et (44) :

$$R_{EI12,m} = \frac{\overline{E_{h, bande\ 1,m}}}{E_{h, bande\ 2,m}} \quad (2)$$

$$R_{EI43,m} = \frac{\overline{E_{h, bande\ 4,m}}}{E_{h, bande\ 4,m}} \quad (3)$$

$$R_{EI,m} = \min(R_{EI12,m}, R_{EI43,m}) \quad (4)$$

Dans certaines circonstances, il est difficile ou impossible d'obtenir les mesures d'éclairement dans les zones en dehors de la chaussée. Dans ces situations, le rapport d'éclairement des abords ne peut pas être mesuré mais les rapports entre l'éclairement horizontal moyen mesuré et l'éclairement horizontal moyen calculé des mêmes bandes de chaussée doivent être indiqués dans le rapport d'essai.

NOTE Par exemple, ces zones ne sont pas accessibles, ne pas être plates ou comporter des obstacles ou des objets qui font obstacle.

#### 7.5 Mesure de l'augmentation relative au seuil de perception ( $f_{TP}$ )

Si nécessaire, le seuil de perception peut être mesuré à l'aide de procédure suivante.

Si  $n_{lu}$  est le nombre de luminaires impliqué dans le calcul du seuil de perception (voir EN 13201-3:2015, 8.5), le seuil de perception au moment de la mesure est obtenu en tenant compte de la luminance moyenne de la route

**EN 13201-4:2015 (F)**

mesurée, de l'éclairement mesuré produit par le  $l^{\text{ième}}$  ( $l = 1, \dots, n_{lu}$ ) luminaire sur un plan perpendiculaire à la ligne de vision et à la hauteur des yeux de l'observateur, de l'angle entre la ligne de vision et le centre du  $l^{\text{ième}}$  luminaire et en utilisant l'algorithme de l'EN 13201-3:2015 8.5, Formules (35), (36), (37) et (38) répétées ici avec les modifications évidentes des symboles :

$$f_{Tl,m} = 65 \frac{L_{v,m}}{L_m^{0,8}} \quad (5)$$

$$f_{v,m} = \frac{n_{lu}}{l+1} L_{vl,m} \quad (6)$$

et

$$L_{vl,m} = 9,86 \frac{A_y^4}{66,4^2} \frac{E_{l,m}}{l_{l,m}^2} \quad \text{si } 1,0^\circ < l_{l,m} < 60^\circ \quad (7)$$

ou

$$L_{vl,m} = E_{l,m} \frac{10}{3} \frac{5}{2} \frac{A_y^4}{62,5^2} \frac{1}{l_{l,m}^2} \quad \text{si } 1,0^\circ < l_{l,m} < 1,5^\circ \quad (8)$$

où les mêmes contraintes que celles indiquées dans l'EN 13201-3:2015, 8.5 doivent être prises en compte et :

$\bar{L}_m$  est la luminance moyenne de la route mesurée en candelas par mètre carré ;

$L_{v,m}$  est la luminance équivalente de voile mesurée en candelas par mètre carré ;

$L_{vl,m}$  est la luminance équivalente de voile mesurée du  $l^{\text{ième}}$  luminaire, en candelas par mètre carré ;

$l$  est l'indice du luminaire en attente dans la sommation ;

$n_{lu}$  est le nombre de luminaires de l'installation d'éclairage public ayant un angle  $l_{l,m}$  dans la plage spécifiée dans les Formules (7) ou (8) ;

$E_{l,m}$  est l'éclairement mesuré produit par le  $l^{\text{ième}}$  luminaire dans un plan perpendiculaire à la ligne de vision et à la hauteur des yeux de l'observateur, en lux ;

$l_{l,m}$  est l'angle mesuré entre la ligne de vision et le centre du  $l^{\text{ième}}$  luminaire, en degrés ;

$A_y$  est l'âge de l'observateur, en années.

Pendant les mesures effectuées lors de la phase d'essai finale, les positions de l'observateur doivent être similaires à celles adoptées pour le calcul. Seule la position qui donne les valeurs du seuil de perception les plus élevées (situation la plus défavorable) dans le calcul peut être vérifiée.

Si un photoluminancemètre est utilisé :

- a) l'éclairement produit par le  $k^{\text{ième}}$  luminaire peut être obtenu en tenant compte de la luminance mesurée du luminaire et de l'angle  $l_{k,m}$  ;

- b) l'angle  $\alpha_{k,m}$  peut être obtenu à partir d'une analyse en perspective sur l'image acquise si le dispositif le permet, ou en faisant référence au processus de calcul de l'EN 13201-3:2015.

L'incertitude de ces paramètres est fortement corrélée aux propriétés optiques du photoluminancemètre (c'est-à-dire la longueur focale de la lentille, les dimensions de pixels des barrettes de détecteurs), de son étalonnage optique et géométrique et des dimensions et de la disposition de l'installation d'éclairage public. La longueur focale de la lentille et les dimensions de pixels des barrettes de détecteurs du photoluminancemètre doivent être indiquées dans le rapport d'essai.

## 8 Mesure des paramètres non-photométriques

### 8.1 Généralités

Il convient que la sélection de mesures non-photométriques soit en rapport avec l'objectif des mesures (voir 5.1).

Il est fortement recommandé d'effectuer des mesures non-photométriques détaillées lorsque les mesures sont effectuées à des fins de comparaison avec l'exigence.

Des mesures non-photométriques moins détaillées peuvent être suffisantes lorsque les mesures sont requises pour surveiller l'état d'une installation.

### 8.2 Tension d'alimentation

Lorsque cela est requis, durant la mesure, la tension d'alimentation doit être constamment mesurée, ou au moins au début de la mesure, en un point significatif de l'installation électrique, et observée.

NOTE 1 Un voltmètre enregistreur est préférable pour cet usage.

NOTE 2 Si le flux lumineux émis par les luminaires dans l'installation d'éclairage public est considéré comme stable lorsqu'il est soumis aux variations de la tension d'alimentation, il n'est alors pas nécessaire de mesurer la tension d'alimentation en continu.

### 8.3 Température et humidité

Lorsque cela est requis, la température et l'humidité doivent être mesurées à une hauteur de 1 m au-dessus du niveau du sol et enregistrées au moins au début des mesures puis régulièrement au cours de la période de mesure.

### 8.4 Données géométriques

Si nécessaire, des mesures de la géométrie de l'installation doivent être effectuées (voir Annexe E informative).

Elles peuvent comprendre des mesures en plan de l'installation, la hauteur des candélabres et la longueur des consoles. De plus, l'inclinaison sur site, l'orientation et la rotation des luminaires doivent être évaluées si ces données se révèlent appropriées pour satisfaire aux objectifs de la mesure.

### 8.5 Instruments pour les mesures non-photométriques

La mesure des paramètres non-photométriques pertinents pour les objectifs de mesure doit être effectuée avec des instruments étalonnés.

La décision d'utiliser des instruments non étalonnés pour des paramètres non-photométriques spécifiques doit être rapportée dans le rapport d'essai. Pour ces paramètres, l'incertitude de mesure ne doit pas être évaluée.

NOTE Des exigences relatives à l'assurance qualité des instruments peuvent être prescrites dans le cadre d'un cahier des charges ou d'une spécification.

## 9 Rapport d'essai

Il convient que le rapport d'essai contienne au moins :

**EN 13201-4:2015 (F)**

- a) les objectifs de la mesure ;
- b) toutes les informations recueillies pendant la mesure si elles sont pertinentes pour l'objectif de la mesure ;
- c) les détails des instruments utilisés, leur nombre pour une identification non ambiguë et leurs conditions d'étalonnage (date, validité et traçabilité métrologique) ;
- d) les détails des conditions atmosphériques, environnementales d'alimentation électrique ;
- e) une référence ou une courte description des procédures adoptées pour la mesure et l'élaboration des données y compris l'évaluation de l'incertitude de mesure ;
- f) les résultats de mesure avec leur incertitude de mesure ;
- g) la raison, la justification et les conséquences de la sélection de zones de l'installation si elle n'est pas mesurée sur tout sa longueur ;
- h) les mesures prises pour empêcher la lumière directe ou réfléchie par l'environnement de l'installation ou pour en tenir compte ;
- i) toutes les autres informations mentionnées dans les articles précédents.

Pour un système dynamique, la vitesse moyenne du véhicule pendant les mesures doit être spécifiée et l'évaluation de l'incertitude de mesure doit clairement indiquer tous les aspects corrélés aux déplacements et les facteurs de corrections finalement introduits.

La personne responsable des mesures doit signer le rapport d'essai.

Un exemple de rapport d'essai est proposé dans l'Annexe H informative.

## **Annexe A** (informative)

### **Évaluation des tolérances de conception d'une installation d'éclairage public**

#### **A.1 Analyse des tolérances**

Un projet d'éclairage vise à garantir qu'une installation d'éclairage public fonctionne conformément aux conditions de performance requises (paramètres de qualité photométriques), en tenant compte de toute variation raisonnable des paramètres clés qui influencent ses performances.

L'analyse des tolérances est un outil mathématique permettant d'évaluer l'influence des valeurs de performance attendues de l'installation d'éclairage public donnée pour :

- a) la tolérance de fabrication de luminaires et des sources lumineuses concernant les valeurs nominales (ces tolérances sont spécifiées dans la norme de produit ou par le fabricant) ;
- b) la tolérance de l'implantation de l'installation d'éclairage public et de l'installation de la source lumineuse concernant les valeurs nominales spécifiées par la conception ;
- c) l'incertitude de mesure des caractéristiques photométriques de la surface de la route (si la luminance est prise en compte).

NOTE Le concept de tolérance de fabrication implique que l'incertitude de mesure des paramètres qui caractérisent les luminaires et les sources lumineuses soit inférieure à la tolérance de fabrication en elle-même, car l'incertitude de mesure est prise en compte dans la spécification de l'intervalle de tolérance de ces produits (voir Guide ISO/IEC 98-4).

L'analyse des tolérances peut être utilisée pendant la phase de conception :

- d) pour réduire l'énergie installée utilisée au niveau minimal tout en remplissant les paramètres de performance d'éclairage requis ;
- e) pour réduire le flux lumineux installé au niveau minimal garantissant le niveau de performance requis, indépendamment de la variabilité des paramètres clés ;
- f) pour comprendre l'importance d'un paramètre clé donné dans la dépréciation d'un paramètre de qualité photométrique par rapport à la valeur de conception ;
- g) pour mettre l'accent sur les paramètres clés qu'il convient de contrôler pour réduire le risque qu'une installation d'éclairage public ne satisfasse pas aux exigences de conception ;
- h) pour spécifier clairement les contraintes et exigences de l'installation d'éclairage public.

Avec l'analyse des tolérances, le concepteur de l'éclairage peut vérifier et/ou spécifier la probabilité que son installation satisfera aux caractéristiques de performance requises.

L'analyse des tolérances peut également être utilisée pour évaluer les raisons des écarts entre les résultats de mesure et les attentes de la conception.

#### **A.2 Paramètres à prendre en compte dans l'analyse des tolérances**

L'analyse des tolérances évalue la sensibilité des valeurs nominales des paramètres de qualité photométriques d'une installation d'éclairage public spécifique par rapport à la variation des paramètres clés sélectionnés.

**EN 13201-4:2015 (F)**

Les principaux paramètres d'influence sont indiqués dans le Tableau A.1. Il convient de prendre en compte d'autres paramètres s'ils sont connus ou s'ils sont importants pour la configuration de l'installation d'éclairage public ou du type de luminaire adopté.

**Tableau A.1 — Principaux paramètres d'influence pour l'analyse des tolérances**

Paramètre d'influence	Définition	Commentaire	Répartition de probabilité proposée	Valeur de tolérance proposée
Hauteur du luminaire (coordonnée $z$ )	Tolérance de hauteur pour le candélabre d'éclairage (avec crosse)	Elle peut être due à la tolérance de l'installation des candélabres mais également à l'inclinaison des candélabres	Normale (gaussienne)	$\pm 2,5$ % de hauteur
Espacement de la position longitudinale du luminaire (coordonnée $x$ )	Tolérance d'interdistance entre les candélabres		Rectangulaire	$\pm 2$ m
Position transversale du luminaire (coordonnée $y$ )	Tolérance de position transversale du luminaire		Normale (gaussienne)	$\pm 0,2$ m
Orientation du luminaire	Tolérance d'orientation du luminaire	Elle peut être due à la tolérance pendant l'installation du candélabre d'éclairage ou à son inclinaison	Normale (gaussienne)	$\pm 2^\circ$
Inclinaison du luminaire	Tolérance d'inclinaison du luminaire		Normale (gaussienne)	$\pm 1^\circ$
Rotation du luminaire	Tolérance de rotation du luminaire		Normale (gaussienne)	$\pm 1^\circ$
Flux lumineux de la lampe	Tolérance de flux lumineux des lampes fabriquées par rapport à la valeur nominale.	Données de fabrication ou exigences normalisées	Rectangulaire	- 10 %
Répartition de l'intensité lumineuse des luminaires	Tolérance de répartition de l'intensité lumineuse du luminaire par rapport à la valeur nominale.	Données de fabrication ou rapport d'essai du luminaire. La variation peut être due aux tolérances de fabrication pour le luminaire, à la position du tube à arc, etc.	Rectangulaire	$\pm 10$ %
Chute de tension d'alimentation	Tolérance de tension d'alimentation des luminaires individuels	Variation due à la chute de tension d'alimentation le long de la ligne pour la tension d'alimentation nominale	Rectangulaire	$\pm 6$ %
Données de réflexion de la surface de la route	Tolérance des valeurs $Q_0$ et $r$	Il convient également que ces tolérances tiennent compte du vieillissement ou uniquement de l'incertitude de mesure	Normale (gaussienne)	$\pm 5$ % (si mesurée) $\pm 20$ % (si les tableaux normalisés sont utilisés et qu'aucune autre information n'est disponible)

Il convient que l'influence de la tension d'alimentation de l'ensemble de l'installation d'éclairage public soit évaluée séparément. La présence d'un contrôleur de flux lumineuse peut significativement réduire son influence.

**A.3 Modèle mathématique pour les évaluations des tolérances**

Le modèle mathématique proposé considère que tous les paramètres clés ne sont pas non corrélés.



Si la répartition de l'intensité lumineuse du ou des luminaires sélectionnés est exprimée en unités de candelas par 1 000 lm de flux lumineux (mesure relative), il convient que le fabricant indique les données de tolérance du luminaire concernant la valeur nominale de la ou des lampes installées et la tolérance du flux lumineux de la ou des lampes peut être considérée comme un paramètre non corrélé.

Si la répartition de l'intensité lumineuse du ou des luminaires sélectionnés est exprimée en candelas (mesure absolue), il convient que le fabricant indique les données de tolérance en considérant les tolérances de la ou des lampes installées. En utilisant ces données, la tolérance du flux lumineux de la lampe n'est pas incluse dans l'analyse des tolérances comme un paramètre clé.

L'analyse des tolérances requiert une liste de tous les paramètres clés ainsi que de la tolérance associée et des méthodes d'évaluation de l'incertitude finale. Par souci de clarté, ces données sont présentées dans le Tableau A.2.

**Tableau A.2 — Analyse des tolérances avec des grandeurs d'entrée non corrélées (les symboles utilisés dans le tableau sont décrits en A.4)**

Grandeurs d'entrée						
Grandeur	Valeur nominale	Tolérance	Répartition de la probabilité	Coefficient de sensibilité	Contribution de la tolérance	
$X_1$	$x_1$	$u(x_1)$		$c_1$	$u_1(Y) = c_1 u(X_1)$	
$X_2$	$x_2$	$u(x_2)$		$c_2$	$u_2(Y) = c_2 u(X_2)$	
...	...	...		...	...	
$X_i$	$x_i$	$u(x_i)$		$c_i$	$u_i(Y) = c_i u(X_i)$	
...	...	...		...	...	
$X_N$	$x_N$	$u(x_N)$		$c_N$	$u_N(Y) = c_N u(X_N)$	
Grandeur de sortie						
Grandeur	Valeur nominale				Incetitude combinée	Incetitude finale
$Y$	$y$				$u_c(y)$	$U(95 \%)$
NOTE les symboles utilisés dans le tableau sont décrits en A.4.						

## A.4 Modélisation de l'analyse des tolérances

La grandeur calculée  $Y$  dépend des  $N$  paramètres clés par l'intermédiaire de la relation fonctionnelle

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N) \quad (\text{A.1})$$

où

$Y$  est la grandeur calculée ou de sortie (c'est-à-dire luminance des points) ;

$X_i$  est la  $i^{\text{ème}}$  influence ou grandeur d'entrée.

Pour les grandeurs d'entrée  $X_i$  ( $i = 1, \dots, N$ ), les valeurs suivantes sont connues ou supposées :

- la valeur nominale  $x_i$  en tant que valeur des grandeurs d'entrée  $X_i$  ;
- sa tolérance, c'est-à-dire la plage de valeurs possibles de  $x_i$  ;
- la répartition de la probabilité de  $x_i$ .

**EN 13201-4:2015 (F)**

Lorsqu'une répartition normale (gaussienne) de la probabilité peut être supposée pour la grandeur  $X_i$ , alors la tolérance  $u(x_i)$  est la racine carrée de la variance de la répartition.

Lorsqu'une répartition rectangulaire de la probabilité avec une limite supérieure  $a_{i,u}$  et une limite inférieure  $a_{i,l}$  peut être supposée, alors la valeur nominale est :

$$x_i = \frac{a_{i,u} + a_{i,l}}{2} \quad (A.2)$$

et la tolérance est :

$$u(x_i) = \frac{a_{i,u} - a_{i,l}}{2\sqrt{3}} \quad (A.3)$$

La grandeur de sortie est entièrement spécifiée par deux valeurs :

- a) valeur nominale  $y$  ;
- b) son incertitude combinée  $u_c(y)$  ;

La valeur nominale  $y$  est :

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N) \quad (A.4)$$

L'incertitude combinée est :

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)} \quad (A.5)$$

Où la contribution de la tolérance  $u_i$  est :

$$u_i(y) = c_i u(x_i) \quad (A.6)$$

et les coefficients de sensibilité

$$c_i = \frac{f}{x_i} \frac{\partial f}{\partial x_i} \bigg|_{x_1, x_2, \dots, x_N} \quad (A.7)$$

Les coefficients de sensibilité peuvent être obtenus de façon numérique en utilisant les algorithmes de l'EN 13201-3 avec une petite variation de  $x_i$ .

Le résultat d'un calcul est ensuite exprimé sous la forme :

$$Y = y \pm U \quad (A.8)$$

$$U = k \cdot u_c(y) \quad (A.9)$$

où

$U$  est la tolérance finale ;

$k$  est appelé facteur de couverture.

Par convention,  $k = 2$  est adopté dans la présente norme



**EN 13201-4:2015 (F)**

NOTE 1 La tolérance combinée est généralement calculée de façon numérique avec :

$$Z_i = \frac{1}{2} \left[ f(x_1, x_2, \dots, x_i, u(x_i), \dots, x_N) + f(x_1, x_2, \dots, x_i, u(x_i), \dots, x_N) \right] \quad (\text{A.10})$$

et

$$u_i(y) = \dot{Z}_i \quad (\text{A.11})$$

$$c_i = \frac{Z_i}{u(x_i)} \quad (\text{A.12})$$

NOTE 2 Une valeur généralement adoptée du niveau de confiance est  $p = 95 \%$

NOTE 3 La valeur du facteur de couverture  $k$  est choisie en fonction du niveau de confiance souhaité  $p$ . Statistiquement, la valeur de  $k = 2$  donne un niveau de confiance  $p = 95 \%$  dans des conditions qui sont remplies dans la majorité des cas rencontrés dans la conception d'éclairage public.

## Annexe B (informative)

### Paramètres spécifiques importants

#### B.1 Généralités

Pour analyser les objectifs, certains paramètres de qualité photométriques normatifs peuvent être évalués sur une partie longitudinale d'une voie au lieu de la voie entière. Ces informations peuvent être utiles pour comprendre les raisons des performances réduites d'un système d'éclairage ou de l'influence des écrans (par exemple arbres sur un boulevard) ou des sources lumineuses faisant partie d'autres systèmes d'éclairage publics et privés.

#### B.2 Luminance et uniformité spécifiques

Les paramètres de ce type sont évalués sur des points donnés dans une ligne longitudinale  $j$  donnée dans des conditions de mesure spécifiques  $p$ . Ces paramètres sont :

- a) la luminance moyenne (spécifique) le long d'une ligne longitudinale :  $\bar{L}_j, p$  ;
- b) la luminance la plus élevée (spécifique) le long d'une ligne longitudinale  $L_{\max, j, p}$  ;
- c) la luminance la plus faible (spécifique) le long d'une ligne longitudinale  $L_{\min, j, p}$  ;
- d) l'uniformité linéaire globale (spécifique) de la luminance le long d'une ligne longitudinale  $U_{o, j, p}(L)$  ;
- e) l'uniformité longitudinale (spécifique) de la luminance le long d'une ligne longitudinale  $U_{l, j, p}(L)$ .

De la même manière, il est possible d'utiliser les mêmes paramètres spécifiques d'éclairement.

#### B.3 Utilisation de l'uniformité élargie

Les définitions normatives des uniformités, tant globale que longitudinale, exigent de connaître les valeurs minimale et maximale de luminance ou d'éclairement au niveau d'un ensemble de points du maillage.

Ces valeurs peuvent être fortement influencées par la non-homogénéité de l'environnement ou de la surface de la route, telle que les tâches d'huile, les nouvelles plaques sur la chaussée ou les ombres des objets. De plus, les uniformités évaluées dans différentes zones de la même voie peuvent différer significativement.

L'uniformité obtenue en utilisant des valeurs moyennes sur un pourcentage donné de l'ensemble de la zone ou de la ligne mesurée fournit une description plus exacte de la situation réelle que l'utilisation des valeurs limites en un seul point.

Pour faire la distinction entre ces uniformités spécifiques et les paramètres corrélés à partir des valeurs normatives, l'adjectif « élargie » est ajouté à leur nom et l'indice «  $e(c)$  » est ajouté à la fin de leur symbole.

Le paramètre «  $c$  » spécifie le pourcentage de la zone totale mesurée de la surface, ou de la longueur totale de la ligne utilisée pour faire la moyenne du paramètre photométrique.

Les valeurs suggérées pour  $c$  peuvent être de 10 %, 5 %, 1 % et 0,5 %. Il convient de faire le choix approprié en se basant l'expérience acquise dans le domaine et en fonction de la situation spécifique.

NOTE 1 En présence de non-uniformités de la surface de la route (tâches d'huile, cuvettes, plaques sur la chaussée), des véhicules stationnés, arbres, feuilles ou des sources d'éclairage différentes de celles de l'installation d'éclairage public, les valeurs de  $c = 10\%$  ou  $c = 5\%$  sont appropriées.

NOTE 2 Sur les autoroutes ou les autres routes à grande vitesse, les faibles valeurs de  $c$  (les résultats élargis sont similaires aux valeurs normatives) sont généralement correctes, tandis que sur les routes principales ou les rues dans les villes, des valeurs élevées de  $c$  sont adoptées car elles ont un effet plus « filtrant ». En général, si  $c \leq 0,3 \%$ , la différence entre les paramètres élargis et les paramètres normatifs est insignifiante.

NOTE 3 L'utilisation d'un photoluminancemètre pour les mesures de la luminance permet de mesurer l'ensemble de la surface de la route et fournit ainsi une grande flexibilité dans le choix de la valeur de  $c$ .

## B.4 Évaluation des uniformités élargies

Pour évaluer un paramètre de grandeur élargi  $Q$  (luminance ou éclairement), la zone ou la ligne mesurée est divisée en  $G$  surfaces ou segments respectivement, d'aire ou de longueur  $A_g$  ( $g = 1, \dots, G$ ) et une valeur  $Q_{g,p}$  ( $g = 1, \dots, G$ ) est mesurée pour chaque surface. Ces valeurs sont ensuite organisées et renommées de sorte que  $Q_1 \leq Q_2 \leq \dots \leq Q_g \dots \leq Q_G$ .

Pour évaluer les uniformités globales élargies  $U_{o,j,e(c)}(Q)$ , le paramètre  $B$  est choisi de sorte que :

$$c = \frac{Q_1}{Q_B} \frac{A_g}{A_g} 100 \quad (\%) \quad (B.1)$$

L'uniformité générale élargie  $U_{o,p,e(c)}(Q)$  est obtenue sous forme de rapport entre :

a)  $Q_a$  la valeur moyenne pondérée de  $Q$  dans les  $B$  premières/iers surfaces ou segments où  $Q$  présente les valeurs les plus basses ;

b)  $Q_b$  la valeur moyenne pondérée de l'ensemble de la zone mesurée :

$$U_{o,p,e(c)}(Q) = \frac{Q_a}{Q_b} \quad (B.2)$$

où

$$Q_a = \frac{\sum_{g=1}^B Q_{g,p} A_g}{\sum_{g=1}^B A_g} \quad (B.3)$$

$$Q_b = \frac{\sum_{g=1}^G Q_{g,p} A_g}{\sum_{g=1}^G A_g} \quad (B.4)$$

**EN 13201-4:2015 (F)**

Lorsque  $Q$  est l'éclairement ou la luminance et que la mesure est effectuée en utilisant la technique de l'observateur mobile, l'aire des surfaces ou la longueur des segments peuvent être considérées égales et les formules deviennent :

$$c \cdot \frac{B A_g}{G A_g} \frac{1}{100} \frac{B}{100} (\%) \quad (\text{B.5})$$

et :

$$Q_a \frac{1}{B} \frac{B}{Q_{g,p}} \frac{1}{g1} \quad (\text{B.6})$$

$$Q_b \frac{1}{G} \frac{G}{Q_{g,p}} \frac{1}{g1} \quad (\text{B.7})$$

Les mêmes formules sont valables pour les uniformités générales élargies le long d'une ligne longitudinale  $U_{o,j,p,e(c)}(Q)$ .

Pour évaluer les uniformités longitudinales élargies  $U_{l,j,p,e(c)}(Q)$ , les paramètres  $B$  et  $M$  sont choisis de sorte que :

$$c \frac{B}{G} \frac{A_g}{g1} \frac{1}{100} (\%) \quad (\text{B.8})$$

$$c \frac{G}{G} \frac{A_g}{gM} \frac{1}{100} (\%)$$

L'uniformité générale élargie  $U_{l,j,p,e(c)}(Q)$  est obtenue sous forme de rapport entre :

- a)  $Q_a$  la valeur moyenne pondérée de  $Q$  dans les  $B$  premières/iers surfaces ou segments où  $Q$  présente les valeurs les plus basses ;
- b)  $Q_c$  la valeur moyenne pondérée de  $Q$  dans les  $(G-M)$  dernières/derniers surfaces ou segments où  $Q$  présente les valeurs les plus élevées :

$$U_{l,j,p,e(c)}(Q) \frac{Q_a}{Q_c} \quad (\text{B.9})$$

où

**EN 13201-4:2015 (F)**

$$Q_c = \frac{Q_{g,p} A_g}{gM} \quad (B.10)$$

NOTE L'éclairement ou la luminance minimal(e), maximal(e) et moyen(ne) peut être défini(e) comme des paramètres élargis. La formule ci-dessus du paramètre  $Q$  peut être utilisée.



## Annexe C (normative)

### Conventions pour les symboles des paramètres de qualité photométriques

Le symbole d'un paramètre est constitué d'une lettre (par exemple  $L$ ,  $E$ ,  $E_{\min}$ ,  $E_{\max}$ ) et il est possible d'utiliser un ou plusieurs indices séparés par des virgules à la fin. Le premier indice  $x$ , si nécessaire, spécifie la signification du paramètre :

$r$  pour les exigences basées sur les classes d'éclairage (EN 13201-2) ;

$d$  pour les valeurs réellement requises par le maître d'ouvrage (attentes de la conception) ;

$c$  pour les valeurs calculées ;

$m$  pour les valeurs mesurées.

S'il est présent, l'indice suivant spécifie les conditions géométriques (par exemple le long d'une ligne dans une voie, etc.) ; et le dernier indice spécifie les conditions de mesure (indice  $p$  en 3.7) et, si nécessaire, la condition d'évaluation (voir Annexe B informative).

**NOTE** Les paramètres normatifs ne comportent pas d'indices pour les conditions de mesure et d'évaluation.

Si le paramètre évalue des mesures le long d'une ligne et s'il est nécessaire d'éviter toute confusion, la ligne est spécifiée en ajoutant un indice au symbole du paramètre, tel que «  $l1$  », «  $l2$  », etc. Des lettres ou des nombres peuvent être utilisés pour cet indice, mais la convention utilisée doit être clairement indiquée dans le rapport d'essai.

Il est généralement nécessaire de spécifier clairement les paramètres spécifiques. La convention suivante doit être adoptée pour l'indice :

- a) si la grandeur photométrique est intégrée le long d'un segment ou se trouve dans une condition pouvant s'en rapprocher, l'indice est la lettre «  $s$  » et la longueur de segment doit être spécifiée avec la valeur photométrique ;
- b) si la grandeur photométrique est intégrée sur une zone qui ne peut pas être considérée comme étant différentielle, l'indice est la lettre «  $a$  » et la valeur de la zone doit être spécifiée avec la valeur photométrique.

Lorsque des mesures statiques sont effectuées, la zone d'acceptation du luxmètre est considérée comme un point.

Lorsque des mesures sont effectuées en utilisant un système de mesure dynamique, une dimension de la zone intégrée peut être très petite que les autres dimensions. Dans ces situations, les surfaces délimitées peuvent être considérées comme des segments.

Il est important de connaître les dimensions réelles du segment ou de la zone mesuré(e) lorsque les mesures sont comparées, ou lorsque des corrections sont apportées pour obtenir un paramètre normatif à partir d'un paramètre mesuré. Pour cette raison, cette information doit figurer dans le rapport de mesure et, si nécessaire pour éviter toute ambiguïté, elle doit être clarifiée dans le symbole du paramètre spécifique.

**EXEMPLE** Le symbole de la luminance normative la plus faible mesurée le long de l'axe est  $L_{\min,m,c}$  et sa valeur est obtenue comme la valeur la plus faible dans l'ensemble de valeurs de luminance (normative)  $L_m$  mesurées au niveau de  $N$  points sur la ligne longitudinale le long du centre d'une voie de circulation, tel que spécifié par l'EN 13201-3 et suivant l'exigence de la présente norme. Le symbole de la luminance spécifique la plus faible mesurée le long de l'axe est  $L_{\min,m,c,p}$  et sa valeur est obtenue comme la valeur la plus faible dans l'ensemble de valeurs de luminance spécifique  $L_{m,p}$  mesurées au niveau de  $N'$  points sur la ligne longitudinale le long du centre d'une voie de circulation donnée.

**EN 13201-4:2015 (F)**

La signification de  $p$  (nombre de points, conditions géométriques de mesure, etc.) doit être décrite dans le contexte d'utilisation du symbole.

## **Annexe D**

### **(normative)**

## **Recommandations relatives aux systèmes de mesure pour l'éclairage public adaptatif**

Pour les systèmes de mesure utilisés dans l'éclairage public adaptatif afin de contrôler le flux lumineux des luminaires, il convient que les exigences suivantes soient prises en compte en complément de la partie générale ou pour la modifier.

Les exigences de mesure nécessitent un choix méticuleux des conditions des paramètres mesurés (luminance ou éclairement) ainsi qu'une évaluation des procédures de mesure et des caractéristiques des instruments pour obtenir les exactitudes requises. L'utilisation de paramètres spécifiques peut simplifier le système de mesure et réduire son coût sans compromettre les objectifs de mesure. Il convient que l'incertitude de mesure du système de contrôle et de la mesure établie soit prise en compte afin d'être en mesure de garantir la valeur maintenue des paramètres de qualité photométriques tels que requis dans l'EN 13201-2.

Les difficultés rencontrées pour effectuer des mesures adéquates de l'éclairement à proximité des surfaces de route (position du capteur, forte influence de la lumière parasite provenant des sources lumineuses différentes de celles des installations d'éclairage public, poussières sur la surface du détecteur, etc.) suggèrent de mesurer l'éclairement de la route, à un angle spécifié, également lorsque l'exigence d'éclairage normalisée est donnée sous forme de valeur d'éclairement moyen.

Il convient de mesurer les paramètres de contrôle dans les contraintes temporelles spécifiées dans les exigences de conception ou les normes pertinentes.

D'autres paramètres photométriques ou non-photométriques peuvent être mesurés pour surveiller ou renforcer l'exactitude et la fiabilité du système de contrôle.

Aucun paramètre de qualité photométrique mesuré ne peut être obtenu à partir des mesures périodiques antérieures, de la mesure d'essai finale/de mise en service ou de la mesure établie.

Il convient d'adopter des stratégies visant à éviter des conditions opérationnelles non souhaitées de l'installation d'éclairage public lorsque les conditions de mesure peuvent donner des résultats erronés. Ces conditions incluent les suivantes :

- a) pendant la période de stabilisation, il convient que le contrôle du flux lumineux soit supprimé ou appliqué en suivant des exigences de conception pertinentes ou la norme pertinente. La période de stabilisation est déterminée en tenant compte des lignes directrices données dans l'EN 13032-1 ;
- b) les conditions climatiques qui ne représentent pas les conditions requises par la conception et la gestion de l'installation d'éclairage public ;
- c) les conditions de fonctionnement du détecteur (température, humidité, condensation ou humidité sur les surfaces de transmission de lumière) sont en dehors de sa plage de fonctionnement.

La lumière parasite et la lumière générant des nuisances peuvent ne pas être évitées pendant les mesures. L'influence de la lumière parasite et de la lumière générant des nuisances peut être évaluée pendant la mesure établie. Il convient que les stratégies permettant de les gérer soient prises en compte dans la conception de l'installation ou à partir des normes pertinentes.

Si la luminance est mesurée :

- a) la position du luminancemètre peut être différente de la position d'observation requise dans l'EN 13201-3 ;
- b) le ou les différents points de mesure du maillage décrit dans l'EN 13201-3 peuvent être adoptés ;
- c) un luminancemètre avec un cône de mesure plus étroit peut être utilisé à une distance plus élevée et à une hauteur proportionnelle plus importante de sorte que l'angle de vision du luminancemètre soit de  $(89 \pm 0,5)^\circ$  par rapport à la normale à la surface de la route ;
- d) un autre angle de vision peut être adopté si pendant la mesure établie, un facteur de corrélation entre la luminance mesurée et la luminance dans des conditions normatives est évalué ;
- e) les contraintes relatives au champ de vision du luminancemètre peuvent être assouplies, si seule la surface de la route est cadrée et s'il est possible d'établir la corrélation entre la luminance mesurée et la luminance en conditions normatives.

Si nécessaire, pendant la mesure établie, un facteur de correction peut être mesuré ou calculé pour estimer la valeur de luminance normative.

Il convient d'effectuer la mesure établie après une période de vieillissement au moins équivalente à la période spécifiée dans l'EN 13032-1 pour un type de lampe donné.

Si cela n'est pas possible, il convient que la mesure établie et les échantillons du signal de contrôle soient acquis en même temps.

L'étalonnage absolu du luminancemètre et du luxmètre peut être omis si la méthode de contrôle garantit la traçabilité du paramètre contrôlé, par exemple en utilisant la mesure établie, qui donne une sorte de facteur d'étalonnage.

S'il s'agit de mesurer la grandeur utilisée pour contrôler le flux lumineux des luminaires, des instruments étalonnés dans des conditions géométriques similaires aux conditions normatives sont utilisés, la mesure établie peut être omise.

Il convient d'envisager le vieillissement à long terme de l'instrument et l'influence des conditions environnementales.

La présence de pluie ou de neige peut non seulement modifier les performances de l'instrument et donc sa lecture, mais aussi le facteur d'étalonnage susmentionné. Il convient que les stratégies visant à éviter des conditions opérationnelles non souhaitées de l'installation d'éclairage public tiennent également compte de ces aspects.

## **Annexe E**

### **(informative)**

### **Mesures pour l'analyse des écarts entre les mesures photométriques et les attentes de la conception**

Les mesures effectuées lorsqu'il est nécessaire d'analyser les écarts entre les résultats de mesure et les attentes de la conception ou de comprendre l'influence de l'environnement nécessitent des exigences ou des considérations supplémentaires.

Il convient de mesurer tous les paramètres nécessaires à la compréhension des écarts.

Cela peut inclure des paramètres géométriques de l'installation tels que la hauteur des candélabres, l'inclinaison, l'orientation et la rotation dans l'application des luminaires, le type et le modèle des luminaires et des lampes, les conditions électriques détaillées (c'est-à-dire tension d'alimentation au niveau d'autant de candélabres d'éclairage que nécessaire) ainsi que les propriétés photométriques de la surface de la route.

Il est recommandé d'intégrer l'influence de la lumière parasite et de la lumière générant des nuisances dans les analyses.

Des zones nouvelles ou différentes de l'installation d'éclairage public peuvent être mesurées pour obtenir des connaissances plus approfondies de la situation réelle.

Pour les routes adoptant les classes d'éclairage M, la mesure des caractéristiques photométriques de la surface de la route peut faire partie du processus d'analyse. Dans de tels cas, la comparaison des mesures d'éclairement et du calcul d'éclairement aux valeurs de luminance requises estime les conditions de la surface de la route et donne suffisamment d'informations pour justifier les écarts.

Si nécessaire, pour les routes sèches, il convient de retirer un certain nombre d'échantillons de la surface de la route pour la mesure dans les conditions de laboratoire ou les caractéristiques de la surface de la route peuvent être mesurées sur site avec des instruments appropriés et des méthodes capables de garantir une incertitude de mesure appropriée pour les objectifs de l'analyse.

NOTE Des recommandations relatives à la mesure des caractéristiques de la surface des routes sont données dans les publications CIE 66:1984 et CIE 144:2001.

## **Annexe F** (informative)

### **Évaluation de l'incertitude de mesure<sup>1)</sup>**

#### **F.1 Mesures de luminance**

##### **F.1.1 Sources d'incertitude**

Les principaux paramètres d'incertitude des instruments de mesure et de la procédure de mesure à prendre en compte sont résumés dans le Tableau F.1 et dans le Tableau F.2 respectivement.

Pour les mesures effectuées lors de la phase d'essai finale, il convient que l'instabilité de l'installation d'éclairage public soit prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Il peut être possible d'obtenir la contribution de l'instabilité de l'installation à court terme à l'incertitude de mesure à partir de plusieurs mesures de luminance au niveau du même point.

Le Tableau F.1 et le Tableau F.2 ne sont pas exhaustifs et ne proposent pas de hiérarchisation de la pertinence des différents paramètres. L'objectif est de montrer l'importance d'une véritable analyse des caractéristiques métrologiques du système de mesure, et de la nécessité d'une réelle compréhension du degré d'influence de tous les paramètres susceptibles d'influer sur le résultat. Il sera nécessaire que la personne responsable des mesures utilise ses connaissances et son expérience pour identifier le potentiel d'amélioration des performances du système de mesure si besoin est et/ou pour identifier les paramètres les moins importants qu'il convient de mentionner mais qui ne nécessitent pas une évaluation exacte.

Il peut être difficile d'évaluer séparément l'influence des paramètres donnés dans le Tableau F.2. Dans ce cas, l'influence totale de ces paramètres peut être évaluée sous forme de contribution unique à l'incertitude de mesure.

---

<sup>1)</sup> Des informations détaillées sur la théorie de l'incertitude de mesure figurent dans le Guide ISO/IEC 98, le Guide ISO/IEC 99 et la publication CIE 198-2011

## EN 13201-4:2015 (F)

**Tableau F.1 — Paramètres ayant une influence sur l'incertitude de mesure de luminance et corrélés aux instruments de mesure**

Instrument	Paramètre	Notes
Photodétecteur	Étalonnage	À partir du certificat d'étalonnage (voir $U_{cal}$ dans l'EN 13032-1)
	Sensibilité spectrale	Pour pondérer l'influence de la différence entre le spectre de la source d'étalonnage (par exemple illuminant A) et les spectres mesurés réels (voir $f_1$ dans l'EN 13032-1)  Lorsque les spectres de la lumière l'incertitude route sont mesurés, un facteur de correction peut être appliqué et seule l'incertitude de cette correction doit être prise en compte
	Réaction directionnelle	Si un luminancemètre traditionnel est utilisé, voir $f_2$ dans l'EN 13032-1. Si un photoluminancemètre est utilisé, pour pondérer la lentille et l'influence de l'obturateur sur la sensibilité du détecteur, pixel, par pixel, en tenant compte de la direction des points du maillage. <sup>a</sup>
	Linéarité	Linéarité du signal figurant dans le certificat d'étalonnage ou par mesure ad hoc (voir $f_3$ dans l'EN 13032-1)
	Résolution d'affichage	Voir $f_4$ dans l'EN 13032-1  Si un photoluminancemètre est utilisé, la résolution réelle du convertisseur analogique-numérique de l'électronique de l'instrument doit être prise en compte
	Saturation des pixels dans le champ cadré	Si un photoluminancemètre est utilisé, l'influence dans la zone mesurée de la saturation des pixels en dehors de cette zone
	Sources lumineuses cadrées dans le champ	L'influence dans la zone mesurée des sources lumineuses dans le champ environnant cadrées par l'instrument (voir $f_{2,u}$ dans l'EN 13032-1)
	Sources lumineuses non cadrées dans le champ	L'influence dans la zone mesurée des sources lumineuses que l'instrument ne cadre pas, mais qui sont présentes dans l'environnement
	Bruit et image de bruit résiduel	L'influence des valeurs du bruit du détecteur et du courant d'obscurité et de la répétabilité si un photoluminancemètre est utilisé. Les valeurs sont obtenues pixel par pixel à partir d'images de bruit résidentiel
	Mise au point	L'influence du hors foyer si la zone mesurée n'est pas à la bonne distance (voir $f_{12}$ dans l'EN 13032-1)
	Influence de l'éclairement non uniforme des zones d'acceptation de la zone cadrée	La construction de certaines cellules photométriques conduit à une dépendance significative de la sensibilité (y compris de la sensibilité spectrale relative) sur la position de la lumière incidente dans la zone d'acceptation (voir $f_9$ dans l'EN 13032-1).  Si un photoluminancemètre est utilisé, seule la surface de détection où la zone de mesure est cadrée doit être prise en compte.
	Autres paramètres définis dans l'EN 13032-1	L'influence des autres paramètres de performance spécifiés dans l'EN 13032-1 dans leur ensemble ou paramètre par paramètre
<sup>a</sup> Des recommandations relatives à la caractérisation des photoluminancemètres sont envisagées.		

**Tableau F.2 — Paramètres ayant une influence sur l'incertitude de mesure de luminance et corrélés à la procédure de mesure**

Procédure de mesure		
Paramètre	Description	Notes
Identification des points	Influence de l'incertitude dans les coordonnées de points	Si des marqueurs routiers sont utilisés, exactitude d'alignement et positions des marqueurs
	Influence de l'algorithme de correction de la perspective	Si un algorithme de correction de la perspective est utilisé, exactitude des coordonnées des points de mesure calculés déduite de l'exactitude du point de référence de la route et de l'algorithme de correction de la perspective
Zone de mesure	Influence de la surface effective du point de mesure	Dimension de la surface cadrée utilisée pour acquérir le point de luminance
Position réelle	Influence de la position réelle de la caméra comparée à la position nominale	Influence des tolérances par rapport à la position nominale acquise dans la présente norme ou Influence des différentes positions du détecteur

**F.1.2 Sources d'incertitude supplémentaires pour les systèmes dynamiques**

De nombreuses sources d'incertitude sont plus critiques dans les systèmes de mesure dynamiques que dans les systèmes statiques et certaines sources sont typiques des systèmes dynamiques.

La vitesse du véhicule constitue un facteur important. Il est conseillé d'utiliser des paramètres spécifiques (voir 3.5) pour mieux décrire les grandeurs mesurées.

Si un seul trajet est réalisé, une seule mesure par point est possible. Si nécessaire, il convient que l'instabilité de l'installation à court terme soit obtenue ou estimée à partir de mesures ad hoc effectuées dans une zone de l'installation pendant une durée au moins égale à la durée consacrée à la mesure dynamique de la même installation.

Une description non exhaustive des sources d'incertitude spécifiques est fournie dans le Tableau F.3 pour les paramètres corrélés aux instruments de mesure et dans le Tableau F.4 pour les paramètres corrélés à la procédure de mesure. Ces tableaux doivent être lus comme un addendum au Tableau F.1 et au Tableau F.2, respectivement.

**Tableau F.3 — Paramètres supplémentaires du Tableau F.1 ayant une influence sur l'incertitude de la mesure de luminance effectuée avec des systèmes dynamiques**

Instrument	Paramètre	Notes
Photodétecteur	Influence du déplacement	La surface mesurée est plus longue pour le déplacement du véhicule. Par exemple à 90 km/h et avec une durée d'exposition de 20 ms, l'espace est de 0,5 m



**Tableau F.4 — Paramètres supplémentaires du Tableau F.2 ayant une influence sur l'incertitude de la mesure de luminance effectuée avec des systèmes dynamiques**

Paramètre	Description	Notes
Identification des points	Influence de l'incertitude dans les coordonnées de points	Exactitude de définition de la position du ou des détecteurs du système dynamique par rapport au point de référence initial et donc des points de mesure par rapport à l'installation
Zone de mesure	Influence de la surface effective du point de mesure	La dimension de la surface cadrée utilisée pour acquérir le point de luminance doit tenir compte du déplacement du véhicule
Position réelle	Influence de la position réelle de la caméra comparée à la position nominale	Influence des tolérances par rapport à la position nominale requise dans la présente norme. La position longitudinale et la position transversale sont toutes deux importantes. L'inclinaison du détecteur affecte la distance de mesure

### F.1.3 Évaluation de l'incertitude de luminance des points

Dans cet exemple, l'incertitude du système de mesure est prise en compte et non celle de l'influence de l'installation d'éclairage public, de la position des points de mesure et du temps.

Dans le modèle de procédure de mesure proposé, l'image de bruit résiduel, l'influence des sources intérieures et extérieures au cadre et les images fantômes sont soustraites de la lecture du détecteur. Le résultat doit être multiplié par le coefficient d'étalonnage et d'autres facteurs de correction corrélés aux paramètres décrits dans la publication CIE S 023/E:2013. Ils sont généralement égaux à un.

La luminance mesurée du point  $L_m$  est :

$$L_m = (R_m - R_d - R_i - R_o - R_g) K_{cal} K_{f_1} K_{f_2} K_{f_3} K_{f_4} K_{f_{12}} K_{f_{cie}} \quad (F.1)$$

où

$R_m$  est la lecture du détecteur (image de mesure) ;

$R_d$  est la lecture du détecteur (image de bruit résiduel) ;

$R_i$  est le signal dû aux sources lumineuses à l'intérieur du cadre ;

$R_o$  est le signal dû aux sources lumineuses à l'extérieur du cadre ;

$R_g$  est le signal dû aux images fantômes ;

$K_{cal}$  est l'étalonnage du détecteur ;

$K_{f_1}$  est la correspondance  $V(\lambda)$  du détecteur ;

$K_{f_2}$  est la sensibilité directionnelle du détecteur ;

$K_{f_3}$  est la linéarité du détecteur ;

$K_{f_4}$  est la résolution réelle analogique/numérique du détecteur ;

$K_{f_{12}}$  est l'influence de la distance de mise au point ;

$K_{f_{cie}}$  est l'influence d'autres paramètres de performance généralement moins importants décrits dans la publication CIE S 023/E:2013.

NOTE 1 Dans un système de mesure bien conçu  $R_i$ ,  $R_o$  et  $R_g$  sont généralement négligeables, comparés à  $R_m$  et  $R_d$ , seule leur incertitude est donc importante.

NOTE 2 Dans les systèmes de mesure dynamiques, une seule mesure est effectuée si bien que l'incertitude normalisée de  $R_m$  est égale à la répétabilité du luminancemètre.

NOTE 3 Dans un photoluminancemètre, tous les paramètres du modèle proposé (Formule F.1) sont généralement différents de pixel à pixel.

## F.2 Mesures d'éclairement

### F.2.1 Sources d'incertitude

Les principaux paramètres d'incertitude des instruments de mesure et de la procédure de mesure à prendre en compte sont résumés dans le Tableau F.5 et dans le Tableau F.6 respectivement.

Pour les mesures effectuées lors de la phase d'essai finale, l'instabilité de l'installation d'éclairage public doit être prise en compte dans l'évaluation de l'incertitude.

Il peut être possible d'obtenir la contribution de l'instabilité de l'installation à court terme à l'incertitude de mesure à partir de plusieurs mesures d'éclairement au niveau du même point.

Le Tableau F.5 et le Tableau F.6 ne sont pas exhaustifs et ne proposent pas de hiérarchisation de la pertinence des différents paramètres. L'objectif est de montrer l'importance d'une véritable analyse des caractéristiques métrologiques du système de mesure, et de la nécessité d'une réelle compréhension du degré d'influence de tous les paramètres susceptibles d'influer sur le résultat. Il sera nécessaire que la personne responsable des mesures utilise ses connaissances et son expérience pour identifier le potentiel d'amélioration des performances du système de mesure si besoin est et/ou pour identifier les paramètres les moins importants qu'il convient de mentionner mais qui ne nécessitent pas une évaluation exacte.

Il peut être difficile d'évaluer séparément l'influence des paramètres donnés dans le Tableau F.6 dans la rubrique « procédure de mesure » établie. Dans ce cas, l'influence totale de ces paramètres peut être évaluée sous forme de contribution unique à l'incertitude de mesure.

**Tableau F.5 — Paramètres ayant une influence sur l'incertitude de mesure d'éclairement et corrélés aux instruments de mesure**

Instrument	Paramètre	Notes
Photodétecteur	Étalonnage	À partir du certificat d'étalonnage (voir $U_{cal}$ dans l'EN 13032-1)
	Sensibilité spectrale	Pour pondérer l'influence de la différence entre le spectre de la source d'étalonnage (par exemple illuminant A) et les spectres mesurés réels (voir $f_1$ dans l'EN 13032-1) Si les spectres de la lumière incidente sont mesurés, un facteur de correcteur peut être appliqué et seule l'incertitude de cette correction doit être prise en compte.
	Sensibilité directionnelle	Pour pondérer l'influence de la sensibilité directionnelle, voir $f_2$ dans le CEN/TR 13201-1
	Linéarité	La linéarité dans la plage mesurée peut être trouvée dans le certificat d'étalonnage ou peut être estimée par mesure ad hoc (voir $f_3$ dans l'EN 13032-1)
	Résolution d'affichage	Voir $f_4$ dans l'EN 13032-1
	Variation d'échelle	Voir $f_{11}$ dans l'EN 13032-1
	Bruit et courant d'obscurité	L'influence du bruit du détecteur et des valeurs du courant d'obscurité et de la répétabilité
	Autres paramètres définis dans l'EN 13032-1	L'influence des autres paramètres de performance spécifiés dans l'EN 13032-1 dans leur ensemble ou paramètre par paramètre

**Tableau F.6 — Paramètres ayant une influence sur l'incertitude de mesure d'éclairement et corrélés à la procédure de mesure**

Paramètre	Description	Notes
Identification des points	Influence de l'incertitude dans les coordonnées de points	Si des marqueurs routiers sont utilisés, exactitude d'alignement et positions des marqueurs
Zone de mesure	Influence de la surface effective du point de mesure	Ce terme peut être négligé pour la plupart des détecteurs généralement utilisés
Position réelle	Influence de la position réelle du détecteur comparée à la position nominale	Voir l'identification des points et la position réelle du détecteur et la condition d'inclinaison par rapport à la condition nominale

### F.2.2 Sources d'incertitude supplémentaires pour les systèmes dynamiques

De nombreuses sources d'incertitude sont plus critiques dans les systèmes de mesure dynamiques que dans les systèmes statiques. Par exemple dans les détecteurs à deux zones, la sensibilité directionnelle réelle doit être obtenue en tenant compte des tolérances de position des deux détecteurs quant à leur inclinaison.

La vitesse du véhicule est également importante car elle augmente les tolérances et la zone mesurée susmentionnées (voir la présentation des paramètres spécifiques en 3.5).

Si un seul trajet est réalisé, une seule mesure par point est possible. Si nécessaire, il convient que l'instabilité à court terme de l'installation soit obtenue ou estimée à partir de mesures ad hoc effectuées dans une zone de l'installation pendant une durée au moins égale au temps consacré à la mesure dynamique de la même installation.

Une description non exhaustive des sources d'incertitude spécifique qui doit être fournie dans le Tableau F.7 pour les paramètres corrélés aux instruments de mesure et dans le Tableau F.8 pour les paramètres corrélés à la procédure de mesure. Ces tableaux doivent être lus comme un addendum au Tableau F.5 et au Tableau F.6, respectivement

**Tableau F.7 — Paramètres supplémentaires du Tableau F.5 ayant une influence sur l'incertitude de la mesure d'éclairement effectuée avec des systèmes dynamiques**

Instruments de mesure		
Instrument	Paramètre	Notes
Photodétecteur	Sensibilité directionnelle	Pour pondérer l'influence des protections du détecteur. Dans un système utilisant un détecteur à deux zones, deux lectures sont additionnées lorsque les deux détecteurs se trouvent dans la même position nominale
	Linéarité	Dans la plage des valeurs mesurées. La plage de mesure peut être différente de l'éclairement minimal et maximal de la route car les hémisphériques sont pris en compte séparément. L'échelle de mesure peut ne pas être la meilleure car elle ne peut être connue qu'après la mesure
	Variation d'échelle	Pour éviter les conditions en dehors de la plage, une modification prédictive d'un gain d'amplificateur peut être adoptée

**Tableau F.8 — Paramètres supplémentaires du Tableau F.6 ayant une influence sur l'incertitude de la mesure d'éclairement effectuée avec des systèmes dynamiques**

Procédure de mesure		
Paramètre	Description	Notes
Identification des points	Influence de l'incertitude dans les coordonnées de points	Exactitude de définition des positions du détecteur en tenant compte des trois coordonnées spécifiques. Selon les caractéristiques du système, l'incertitude de la coordonnée longitudinale peut augmenter la distance de mesure.
Zone de mesure	Influence de la surface effective du point de mesure	Vitesse du véhicule et période d'échantillonnage
Éclairement total	Influence de la position réelle du détecteur comparée à la position nominale	Les signaux des deux détecteurs ne sont pas acquis au niveau du même point
Position réelle	Les trois paramètres du Tableau F.6	Ces paramètres peuvent être évalués sous forme de contribution unique à l'incertitude de mesure.  Dans le système utilisant un détecteur à deux zones, l'angle d'inclinaison et les trois coordonnées spécifiques pendant la période d'échantillonnage doivent être pris en compte pour les détecteurs avant et arrière et il est nécessaire de résoudre les écarts entre les deux lorsque l'éclairement total est évalué. L'éclairement horizontal est généralement mesuré avec le détecteur parallèle à la surface de la route

### F.2.3 Évaluation de l'incertitude d'éclairement des points

L'évaluation des incertitudes peut être simplifiée en utilisant un modèle similaire à celui décrit pour les mesures de luminance (voir F.1.3). Pour l'éclairement, l'incertitude de position du détecteur joue un rôle important dans l'augmentation de l'incertitude élargie et doit être évaluée lors de la prise en compte de la répartition de la lumière sur la surface de la route.

## **Annexe G** (informative)

### **Informations pratiques**

#### **G.1 Généralités**

Cette annexe fournit des informations pratiques et utiles pour rédiger des procédures de mesure.

Il convient d'adapter l'exemple donné lorsque toutes les parties ne sont pas pertinentes.

#### **G.2 Précautions de mesure**

La liste suivante est une liste non exhaustive de précautions qu'il convient de prendre en compte pour éviter les erreurs de mesure ou les inexactitudes :

- vérification de la position et de l'orientation de l'instrument ;
- sensibilité spectrale corrigée selon le type de lampe utilisé (par exemple les diodes électromagnétiques LED) ;
- dommage possible de l'instrument pendant sa manipulation et son transport ;
- essai préliminaire de l'instrument avant le début de la procédure de mesure ;
- certificat d'étalonnage non expiré ;
- batterie en bon état ;
- préchauffage de l'instrument conformément aux instructions de fabrication ;
- compensation de courant d'obscurité ou auto-étalonnage ;
- choix correct de la plage de l'instrument.

#### **G.3 Organisation des mesures**

L'utilisation de listes de contrôle facilite l'organisation de la campagne de mesures et évite de surveiller des étapes ou des précautions importantes lorsque l'activité de mesure est effectuée dans des conditions complexes.

Pour la mesure de la luminance, avant d'effectuer les mesures, il peut être pratique de marquer le maillage de relevés sur la surface de la route au moyen de marqueurs permettant d'orienter correctement le luminancemètre, par exemple lorsque lesdits marqueurs sont visés avec le luminancemètre. S'ils apparaissent dans le cône de mesure du luminancemètre, il convient de retirer les marqueurs avant qu'une mesure ne soit effectuée.

## Annexe H (informative)

### Exemple de rapport

#### H.1 Local

Cet exemple présente des recommandations données dans l'organisation d'un rapport sans exigences ou contraintes.

Il convient de prendre en compte les paramètres inclus dans le rapport d'essai par rapport aux exigences de l'Article 9.

#### H.2 Informations d'essai d'ordre général

Nom du site	
Objectif de mesure	
Type(s) de mesures	
Date de l'essai	
Heure de l'essai	Début
	Fin
Nom des personnes participant à l'essai	

#### H.3 Données géométriques

Croquis de la route et des environs proches, avec les dimensions et les positions des luminaires, et la position du mobilier urbain, des véhicules stationnés et de tout autre obstacle.

#### H.4 Données de revêtement de surface de la route

Type de surface de la route	
Âge de la surface de la route	
Observations sur l'état de la surface de la route	

**EN 13201-4:2015 (F)****H.5 Données relatives aux lampes et aux luminaires**

Luminaire de type 1	Identification	
	Référence dans le tableau I	
	Inclinaison (degrés)	
	Hauteur de feu (m)	
	Âge	
	Position par rapport au système de référence	
	Autres données	
Sources lumineuses dans le luminaire de type 1	Type	
	Puissance (W)	
	Âge	
	Nombre de sources lumineuses dans le luminaire	
	Ballast	
	Méthode de gradation	
Luminaire de type 2	Identification	
	Référence dans le tableau I	
	Inclinaison (degrés)	
	Hauteur de feu (m)	
	Âge	
	Méthode de montage	
	Autres données	
Sources lumineuses dans le luminaire de type 2	Type	
	Puissance (W)	
	Âge	
	Nombre de sources lumineuses dans le luminaire	
	Ballast	
	Méthode de gradation	

**H.6 Alimentation électrique**

Tension moyenne durant la période de mesure (V)	
Tension minimale durant la période de mesure (V)	

**H.7 Conditions d'environnement**

Conditions d'environnement	Début	Fin
Conditions atmosphériques et visibilité		
Température °C		
Humidité		
Aspect de la surface de la route (mouillée, sèche ou humide)		

**H.8 Conditions d'installation**

Géométrie de l'installation	
Inclinaison sur site du luminaire	
État de maintenance des luminaires	
Lumière parasite (externe)	
Obstacle à la lumière	
Autres aspects de l'installation	

**H.9 Données relatives aux dispositifs de mesure**

Type d'appareil de mesure	Marque	Modèle	Numéro de l'instrument	Date de l'étalonnage	Nom de l'organisme de certification
Éclairement horizontal					
Éclairement hémisphérique					
Éclairement semi-cylindrique					
Luminance Dimension angulaire du champ de mesure (°) Verticale : Transversale :					
Luminance Hauteur de la cellule photométrique (m)					
Voltmètre					

**H.10 Caractéristiques des dispositifs de mesures photométriques**

Type d'appareil de mesure	Caractéristique	Valeur
Éclairement horizontal	Hauteur nominale la cellule photométrique (m)	
Éclairement hémisphérique	Hauteur nominale la cellule photométrique (m)	
Éclairement semi-cylindrique	Hauteur nominale la cellule photométrique (m)	
Luminance	Dimension angulaire du champ de mesure (°)	
	Verticale	
	Transversale	
	Hauteur nominale la cellule photométrique (m)	



**EN 13201-4:2015 (F)****H.11 Maillage (grille) de mesure**

Indiquer sur le croquis :

les positions des luminaires ;

les points de mesure ;

les valeurs photométriques et leur incertitude ;

la ou les directions de fonctionnement pour les éclairagements semi-cylindrique et vertical ;

pour la luminance : la position de la cellule photométrique par rapport au maillage.

**H.12 Enregistrement automatique de la lumière**

Mise sous tension de l'installation		
Heure de début des mesures		
Position 1	Éclairement moyen pendant la période de mesure	
	Écart-type d'éclairement pendant la période de mesure	
Position 2	Éclairement moyen pendant la période de mesure	
	Écart-type d'éclairement pendant la période de mesure	
Position 3	Éclairement moyen pendant la période de mesure	

**H.13 Informations spécifiques pour les mesures dynamiques**

Mesures de luminance	Méthode de mesure, par exemple enregistrement d'images pour une analyse de laboratoire ou mesure ponctuelle au luminancemètre	
	Précautions à prendre contre les pertes de transmissions dues au pare-brise, le cas échéant	
Mesures d'éclairement	Méthode de mesure incluant une méthode de correction de l'ombre du véhicule	
Mesures d'éclairement et de luminance	Méthode de calage de la position géométrique de l'instrument d'enregistrement aux positions des points de mesure	
	Incertitude estimée sur le calage de la position géométrique de l'instrument d'enregistrement aux positions des points de mesure	
	Incertitude des valeurs enregistrées	
	Indication de la manière dont sont calculées les caractéristiques de qualité	

## Bibliographie

- [1] CEN/TR 13201-1:2014, *Éclairage public — Partie 1 : Sélection des classes d'éclairage*.
- [2] CIE 47:1979, *Road lighting for wet conditions*.
- [3] CIE 66:1984, *Road surfaces and lighting*.
- [4] CIE 144:2001, *Road Surface and Road Marking Reflection Characteristics*.
- [5] CIE 194:2011, *On Site Measurement of the Photometric Properties of Road and Tunnel Lighting*.
- [6] CIE 198:2011, *Determination of Measurement Uncertainties in Photometry*.
- [7] CIE S 023/E:2013, *Characterization of the Performance of Illuminance Meters and Luminance Meters*.
- [8] EN ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais (ISO/IEC 17025)*.
- [9] Guide ISO/IEC 98-1:2009, *Incertitude de mesure — Partie 1: Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure*.
- [10] Guide ISO/IEC 98-3:2008, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*.
- [11] Guide ISO/IEC 98-4, *Incertitude de mesure — Partie 4: Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité*.
- [12] Guide ISO/CEI 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*.