

# **NF X90-006-3, NF EN 13201-3**

MARS 2016

norme française

**NF EN 13201-3****10 Mars 2016**Indice de classement : **X 90-006-3****ICS : 93.080.40****Éclairage public —  
Partie 3 : Calcul des performances**

E : Road lighting — Part 3: Calculation of performance

D : Straßenbeleuchtung — Teil 3: Berechnung der Gütemerkmale

**Norme française homologuée**

par décision du Directeur Général d'AFNOR.

Remplace la norme homologuée NF EN 13201-3, de février 2005.

**Correspondance**

La Norme européenne EN 13201-3:2015 a le statut d'une norme française.

**Résumé**

Le présent document spécifie les conventions et procédures mathématiques à adopter pour calculer les performances photométriques des installations d'éclairage public conçues conformément aux paramètres décrits dans la NF EN 13201-2 en vue de garantir que chaque calcul d'éclairage est basé sur les mêmes principes mathématiques.

La procédure de conception d'une installation d'éclairage nécessite également de connaître les paramètres impliqués dans le modèle décrit, leurs tolérances et leur variabilité. Ces aspects ne sont pas pris en compte dans ce document, mais une procédure d'analyse de leur contribution aux résultats attendus est proposée dans la NF EN 13201-4 et peut également être utilisée dans la phase de conception.

**Descripteurs**

**Thésaurus International Technique :** éclairage, éclairage des voies publiques, voie de circulation, chaussée, installation, définition, propriété photométrique, calcul, luminance, éclairage lumineux, perception visuelle.

**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 13201-3**

Décembre 2015

ICS 93.080.40

Remplace EN 13201-3:2003

Version Française

**Eclairage public - Partie 3: Calcul des performances**

Straßenbeleuchtung - Teil 3: Berechnung der  
Gütemerkmale

Road lighting - Part 3: Calculation of 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 .....	5
1     Domaine d'application .....	6
2     Références normatives .....	6
3     Terminologie .....	6
3.1.1   Termes et définitions .....	6
3.2     Liste des symboles et des abréviations.....	9
4     Conventions mathématiques.....	11
4.1     Généralités .....	11
4.2     Nombre de décimales - Exigences .....	11
5     Données photométriques .....	12
5.1     Généralités .....	12
5.2     Tableau <i>I</i> .....	12
5.2.1   Système de coordonnées et intervalles angulaires conseillés du tableau <i>I</i> .....	12
5.2.2   Interpolation linéaire dans le tableau <i>I</i> .....	14
5.3     Tableau <i>r</i> .....	16
5.3.1   Format du tableau <i>r</i> .....	16
5.3.2   Interpolation linéaire dans le tableau <i>r</i> .....	18
6     Calcul de $I(C, \gamma)$ .....	19
6.1     Généralités .....	19
6.2     Conventions mathématiques applicables aux distances mesurées sur route .....	19
6.3     Conventions mathématiques pour les rotations d'axe .....	19
6.4     Calcul de <i>C</i> et $\gamma$ .....	21
6.4.1   Calcul de $x', y'$ et $H'$ : .....	21
6.4.2   Évaluation de l'azimut d'installation $\varphi$ .....	22
6.4.3   Calcul de <i>C</i> .....	22
6.4.4   Calcul de $\gamma$ .....	22
7     Calcul des grandeurs photométriques.....	23
7.1     Luminance.....	23
7.1.1   Luminance en un point donné.....	23
7.1.2   Champ de calcul de la luminance .....	24
7.1.3   Position des points de calcul .....	25
7.1.4   Position d'observateur .....	27
7.1.5   Luminaires inclus dans le calcul .....	29
7.2     Éclairement.....	29
7.2.1   Généralités .....	29
7.2.2   Éclairement horizontal en un point donné.....	29
7.2.3   Éclairement hémisphérique en un point donné.....	30
7.2.4   Éclairement semi-cylindrique en un point donné.....	31
7.2.5   Éclairement vertical en un point donné .....	32
7.2.6   Champ de calcul de l'éclairement .....	33
7.2.7   Position des points de calcul .....	33
7.2.8   Luminaires inclus dans le calcul .....	34
7.2.9   Éclairement des surfaces aux contours irréguliers .....	35
8     Calcul des caractéristiques qualitatives .....	35
8.1     Généralités .....	35

8.2	Luminance moyenne .....	35
8.3	Uniformité générale .....	35
8.4	Uniformité longitudinale .....	35
8.5	Augmentation relative au seuil de perception $f_{TL}$ .....	36
8.5.1	Définition et hypothèses conventionnelles .....	36
8.5.2	Processus de calcul de l'augmentation relative au seuil de perception .....	38
8.5.3	Calcul de l'augmentation relative au seuil de perception pour les classes d'éclairage C et P .....	39
8.6	Rapport d'éclairement des abords $R_{EI}$ .....	39
9	Données complémentaires .....	41
<b>Annexe A (informative) Conventions et organigrammes utilisés dans le domaine des technologies de l'information et mathématiques .....</b>		<b>43</b>
A.1	Conventions en technologie de l'information et mathématiques employées en plus de celles de l'Article 4 pour définir les variables utilisées dans les logigrammes de programme de calcul d'éclairage suivants .....	43
A.2	Interpolation linéaire dans les tableaux .....	47
A.3	Exigences relatives aux technologies de l'information .....	49
<b>Annexe B (informative) Format de tableau <math>r</math> élargi pour les luminaires à faible hauteur de feu .....</b>		<b>61</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>63</b>



## Avant-propos européen

Le présent document (EN 13201-3:2015) 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 13201-3:2003.

Par rapport à l'EN 13201-3:2003, trois principales modifications ont été apportées :

dans le calcul de la luminance de voile,  $L_v$ , il n'y a plus d'essai sur la contribution d'au moins 2 % du luminaire suivant dans la rangée pour terminer le calcul avant d'atteindre une distance de 500 m (en vue d'éviter toute interprétation ambiguë susceptible de produire différents résultats à partir de différents logiciels) ;

l'option par défaut est d'environ 500 m, mais il est aussi possible de retenir uniquement les luminaires d'une installation plus petite. Il convient de mentionner clairement ce dernier cas dans la conception de l'éclairage en indiquant le nombre de luminaires inclus dans le calcul de  $f_{TI}$  ;

une nouvelle formule est utilisée pour calculer la luminance de voile  $L_v$  pour une plage plus vaste de valeurs  $\theta$ . Par conséquent, dans le cas où les luminaires pourraient être très proches de l'axe de vision de l'observateur :  $0,1^\circ < \theta < 1,5^\circ$  peut donc être évalué à l'aide de la Formule (38).

NOTE à l'attention des programmeurs : Le calcul de l'augmentation relative au seuil de perception  $f_{TI}$ , (*nouveau symbole pour la désignation de TI*) a été modifié dans la révision de l'EN 13201-3:2003.

La présente Norme européenne 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 [le présent document] ;*

*Partie 4 : Méthodes de mesure des performances photométriques ;*

*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**

Les méthodes de calcul décrites dans la présente partie de l'EN 13201 permettent de calculer les caractéristiques qualitatives de l'éclairage public à l'aide de procédures convenues, de telle manière que les résultats obtenus par différents concepteurs s'appuient sur une base uniforme.

## EN 13201-3:2015 (F)

### 1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie les conventions et procédures mathématiques à adopter pour calculer les performances photométriques des installations d'éclairage public conçues conformément aux paramètres décrits dans l'EN 13201-2 en vue de garantir que chaque calcul d'éclairage est basé sur les mêmes principes mathématiques.

La procédure de conception d'une installation d'éclairage nécessite également de connaître les paramètres impliqués dans le modèle décrit, leurs tolérances et leur variabilité. Ces aspects ne sont pas pris en compte dans cette partie de l'EN 13201, mais une procédure d'analyse de leur contribution aux résultats attendus est proposée dans l'EN 13201-4 et peut également être utilisée dans la phase de conception.

### 2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de façon normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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 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 12665:2011, *Lumière et éclairage — Termes de base et critères pour la spécification des exigences en éclairage.*

### 3 Terminologie

#### 3.1.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN 12665:2011 ainsi que les suivants s'appliquent.

##### 3.1.1 angle photométrique vertical

$\gamma$

angle entre le rayon lumineux et l'axe vertical descendant passant tous les deux par le centre photométrique du luminaire

Note 1 à l'article : unité ° (degré).

Note 2 à l'article : la direction  $\gamma = 0$  est donc orientée vers le nadir.

Note 3 à l'article : voir Figure 1.

##### 3.1.2 azimut

$C$

angle entre le demi-plan vertical contenant le rayon lumineux et le demi-plan de référence

Note 1 à l'article : c'est-à-dire le demi-plan vertical contenant le second axe d'un luminaire, lorsque le luminaire est à son angle d'inclinaison au cours des mesures

Note 2 à l'article : unité ° (degré).

Note 3 à l'article : voir Figure 1.

**3.1.3****angle d'incidence** **$\varepsilon$** 

angle entre le rayon lumineux en un point sur une surface et la normale à la surface

Note 1 à l'article : unité ° (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 4, Figure 12 et Figure 13.

**3.1.4****angle de déviation** **$\beta$** 

angle entre les plans verticaux orientés traversant l'observateur jusqu'au point d'observation et depuis le plan vertical traversant le luminaire (par rapport au coefficient de luminance)

Note 1 à l'article : unité ° (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 4.

**3.1.5****coefficient de luminance** **$q$** 

quotient de la luminance d'un élément de surface dans la direction donnée par l'éclairement sur l'élément de surface

Note 1 à l'article : unité sr<sup>-1</sup>.

Note 2 à l'article :

$$q = \frac{L}{E} \quad (1)$$

où

 $q$  est le coefficient de luminance, par stéradians (sr<sup>-1</sup>) ; $L$  est la luminance en candelas par mètre carré (cd·m<sup>-2</sup>) ; $E$  est l'éclairement, en lux (lx).**3.1.6****coefficient de luminance réduite** **$r$** 

coefficient de luminance d'un élément de surface multiplié par le cube du cosinus de l'angle d'incidence de la lumière sur l'élément de surface

Note 1 à l'article : unité sr<sup>-1</sup>.Note 2 à l'article : cela peut s'exprimer par la formule :  $r = q \cos^3 \varepsilon$  (se référer à la publication CIE 66) (2)

où

 $q$  est le coefficient de luminance par stéradians ; $\varepsilon$  est l'angle d'incidence en degrés.

**EN 13201-3:2015 (F)**

Note 3 à l'article : l'angle d'observation,  $\alpha$  dans la Figure 4, affecte la valeur de  $r$ . Conformément aux exigences spécifiées dans l'EN 13201-2, cet angle est considéré fixé à  $1^\circ$  et cette valeur est adoptée pour le calcul décrit dans la présente norme,  $r$  est raisonnablement constant pour les valeurs de  $\alpha$  comprises entre  $0,5^\circ$  et  $1,5^\circ$ .

**3.1.7****angle d'inclinaison au cours des mesures** $\theta_m$ 

angle entre un axe de référence donné lié à un luminaire et l'horizontale lorsque le luminaire est monté pour une mesure photométrique

Note 1 à l'article : unité  $^\circ$  (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 7.

Note 3 à l'article : l'axe de référence donné peut être un dispositif quelconque du luminaire, mais généralement, pour un luminaire à montage latéral, il se trouve à l'entrée du capot du luminaire, en ligne avec l'axe d'emmanchement. Autre dispositif souvent utilisé : l'axe d'entrée d'emmanchement.

**3.1.8****angle d'inclinaison pour le calcul** $\delta$ 

différence d'angle entre l'angle d'inclinaison sur site et l'angle d'inclinaison au cours des mesures d'un luminaire

Note 1 à l'article : unité  $^\circ$  (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 7.

**3.1.9****angle d'inclinaison sur site** $\theta_f$ 

angle entre un axe de référence donné lié à un luminaire et l'horizontale, lorsque le luminaire est monté pour utilisation sur le site

Note 1 à l'article : unité  $^\circ$  (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 7.

Note 3 à l'article : l'axe de référence donné peut être un dispositif quelconque du luminaire, mais généralement, pour un luminaire à montage latéral, il se trouve à l'entrée du capot du luminaire, en ligne avec l'axe d'emmanchement. Autre dispositif souvent utilisé : l'axe d'entrée d'emmanchement.

**3.1.10****orientation** $\nu$ 

angle que fait une direction de référence choisie avec la direction de mesure  $C = 0^\circ$ ,  $\gamma = 90^\circ$  d'un luminaire, lorsque le premier axe photométrique de ce dernier est vertical

Note 1 à l'article : unité  $^\circ$  (degré).

Note 2 à l'article : lorsque la route est droite, la direction de référence est longitudinale.

Note 3 à l'article : voir la Figure 6, qui illustre les conventions des sens de rotation.

**3.1.11****rotation** $\psi$ 

angle que fait le premier axe photométrique d'un luminaire avec le nadir de ce dernier dans le plan  $C = 0^\circ$ ,  $C = 180^\circ$ , lorsque l'angle d'inclinaison au cours des mesures est nul

Note 1 à l'article : unité  $^\circ$  (degré).

Note 2 à l'article : voir la Figure 6, qui illustre les conventions des sens de rotation.

### 3.1.12

#### **premier axe photométrique (d'un luminaire mesuré dans le système de coordonnées $(C, \gamma)$ )**

axe passant par le centre photométrique d'un luminaire et perpendiculaire au plan qui est représentatif de la principale zone d'émission de lumière

Note 1 à l'article : l'axe polaire du système de coordonnées  $(C, \gamma)$  ne coïncide pas forcément avec le premier axe du luminaire si le luminaire est incliné au cours des mesures.

### 3.1.13

#### **direction longitudinale**

direction parallèle à l'axe de la route

### 3.1.14

#### **direction transversale**

direction perpendiculaire (à angle droit) à l'axe de la route

Note 1 à l'article : pour une route en courbe, la direction transversale est celle du rayon de courbure en ce point de la route.

### 3.1.15

#### **azimut d'installation**

$\varphi$

angle que fait une direction de référence donnée (qui est longitudinale pour une route droite) avec le plan vertical traversant en un point donné sur la surface de la route et le centre photométrique du luminaire, lorsque ce dernier est à son angle d'inclinaison au cours des mesures

Note 1 à l'article : unité ° (degré).

Note 2 à l'article : voir Figure 4.

## 3.2 Liste des symboles et des abréviations

Les symboles et les abréviations utilisés dans la présente norme sont repris dans le Tableau 1.

**Tableau 1 — Symboles et abréviations (1 sur 3)**

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Unité
$A_y$	Âge de l'observateur	années
$C$	Angle d'azimut photométrique (Figure 1)	°(degré)
$D$	Interdistance entre les points de calcul dans la direction longitudinale (voir Figure 9 et Figure 14)	m
$d$	Interdistance entre les points de calcul dans la direction transversale (voir Figure 9 et Figure 14)	m
$E$	Symbole générique utilisé pour l'éclairement moyen	lx
$E_{hi}$	Éclairement horizontal moyen initial de la surface éclairée (voir 8.5.3)	lx
$E_h$	Éclairement horizontal en un point donné	lx
$E_{hs}$	Éclairement hémisphérique en un point donné	lx
$E_{sc}$	Éclairement semi-cylindrique en un point donné	lx
$E_v$	Éclairement vertical en un point donné	lx
$f_M$	Facteur de maintenance global	–
$f_{TI}$	Augmentation relative au seuil de perception	%

## EN 13201-3:2015 (F)

Tableau 1 — Symboles et abréviations (2 sur 3)

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Unité
$H$	Hauteur de feu d'un luminaire	m
$I(C, \gamma)$	Tableau d'intensité lumineuse dans le système $C, \gamma$ Également appelé tableau $I$	Cd
$j, m$	Nombres entiers indiquant la rangée ou la colonne dans un tableau	–
$L$	Symbole générique utilisé pour la luminance moyenne	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
$L_i$	Luminance horizontale moyenne initiale de la surface éclairée (voir 8.5.3)	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
$L_v$	Luminance équivalente de voile	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
$L$	Luminance en un point donné	$\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$
$N$	Nombre de points de calcul dans la direction longitudinale d'un maillage (voir Figure 9 et Figure 14)	–
$n$	Nombre de points de calcul dans la direction transversale d'un maillage (voir Figure 9 et Figure 14)	–
$n_{lu}$	Nombre de luminaires considérés dans le calcul	–
$q$	Coefficient de luminance	$\text{sr}^{-1}$
$Q_0$	Coefficient de luminance moyenne	$\text{sr}^{-1}$
$r$	Coefficient de luminance réduite	$\text{sr}^{-1}$
$r(\tan \varepsilon, \beta)$	Tableau des coefficients de luminance réduite. Également appelé tableau $r$	$\text{sr}^{-1}$
$R_{EI}$	Rapport d'éclairement des abords	–
$S$	Interdistance entre les luminaires	M
$W_L$	Largeur de la voie de circulation	M
$W_r$	Largeur de la zone d'étude de la chaussée	M
$W_S$	Largeur de la bande	M
$x$	Abscisse dans un système de coordonnées $(x, y)$ (Figure 5)	M
$y$	Ordonnée dans un système de coordonnées $(x, y)$ (Figure 5)	M
$\alpha$	Angle d'observation de la surface de la route (Figure 4)	°(degré)
$\alpha_k$	Angle entre la normale à la surface plane du demi-cylindre et le plan vertical contenant le rayon lumineux (Figure 12) ou angle entre la normale au plan vertical sélectionné et le plan vertical contenant le rayon lumineux (Figure 13)	°(degré)
$\beta$	Angle de déviation (Figure 4)	°(degré)
$\rho$	Facteur de réflexion diffuse moyenne d'une surface (voir 8.5.3)	–
$\gamma$	Angle d'élévation photométrique (Figure 1)	°(degré)
$\delta$	Angle d'inclinaison du luminaire pour le calcul (Figure 6 et Figure 7)	°(degré)
$\varepsilon$	Angle d'incidence (Figure 4)	°(degré)
$\varepsilon_k$	Angle d'incidence pour l'éclairement semi-cylindrique et vertical (Figure 12 et Figure 13)	°(degré)
$\theta_i$	Angle d'inclinaison du luminaire sur site (Figure 7)	°(degré)
$\theta_m$	Angle d'inclinaison du luminaire au cours des mesures (Figure 7)	°(degré)
$\theta_k$	Angle entre la ligne de vision et le centre du $k^{\text{ième}}$ luminaire (voir 8.5 dans la formule)	
$\nu$	Orientation du luminaire (Figure 6)	°(degré)

Tableau 1 — Symboles et abréviations (3 sur 3)

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Unité
$\varphi$	Azimut d'installation (Figure 4)	°(degré)
$\psi$	Rotation du luminaire (Figure 6)	°(degré)

## 4 Conventions mathématiques

### 4.1 Généralités

Les conventions de base prises dans les procédures mathématiques décrites dans la présente norme sont les suivantes :

- a) le luminaire est considéré comme une source lumineuse ponctuelle ;
- b) la lumière reflétée de l'environnement et la lumière émise par interrélflexion ne sont pas prises en compte ;
- c) toute obstruction, gênant la lumière émise par les luminaires, par des arbres et autres objets, n'est pas prise en compte ;
- d) l'absorption atmosphérique est nulle ;
- e) la surface de la route est plane et présente des caractéristiques de réflexion uniformes sur la zone considérée ;
- f) l'évaluation dans les tableaux  $I$  et les tableaux  $r$  doit être obtenue par interpolation linéaire.

Dans le cas de lignes continues de luminaires, généralement installés à une faible hauteur de feu, il est conseillé de vérifier si la distance entre le centre optique de chaque luminaire et le point le plus proche du maillage de calcul est supérieure ou égale à cinq fois la longueur de la zone lumineuse d'un seul luminaire. Dans le cas contraire, il pourrait être nécessaire de simuler la photométrie en champ proche en fragmentant le luminaire en sources lumineuses ponctuelles virtuelles présentant la même distribution de lumière que le luminaire entier. Le flux lumineux de chaque source lumineuse virtuelle représente une proportion égale du flux lumineux total du luminaire.

### 4.2 Nombre de décimales - Exigences

Les résultats des calculs doivent être présentés selon la forme et avec au moins le nombre de chiffres indiqués dans les tableaux d'exigences de l'EN 13201-2, indiqués dans le Tableau 2.

Tableau 2 — Nombre de décimales des exigences d'éclairage

	$\bar{L}$	$U_o$	$U_l$	$f_{TI}$	$R_{EI}$	$E < 10 \text{ lx}$	$10 \text{ lx} \leq E \leq 20 \text{ lx}$	$E > 20 \text{ lx}$
Nombre de décimales	2	2	2	0	2	2	1	0



## 5 Données photométriques

### 5.1 Généralités

Les données photométriques relatives à la répartition lumineuse des luminaires utilisées dans l'installation d'éclairage sont indispensables au calcul des caractéristiques qualitatives de l'éclairage spécifiées dans la présente norme. Ces données se présentent sous la forme d'un tableau d'intensité (tableau *I*) qui donne la répartition de l'intensité lumineuse émise par le luminaire dans toutes les directions considérées. Lorsque des calculs des luminances sont effectués, il est nécessaire de présenter les données photométriques pour les caractéristiques de réflexion lumineuse de la surface de la route sous la forme d'un tableau *r*.

L'utilisation de ces deux tableaux nécessite d'effectuer une interpolation pour l'estimation de valeurs pour des directions situées entre les valeurs d'angle tabulées.

### 5.2 Tableau *I*

#### 5.2.1 Système de coordonnées et intervalles angulaires conseillés du tableau *I*

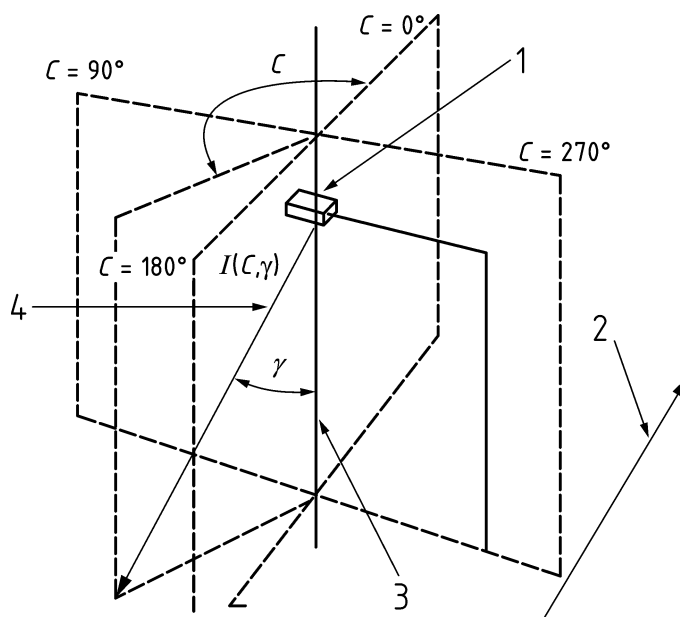
Pour les calculs effectués conformément à la présente norme, un tableau d'intensité (tableau *I*) décrivant le comportement du luminaire avec l'exactitude requise en fonction de l'objectif du calcul doit être utilisé. Ce tableau *I* doit être préparé conformément à l'EN 13032-1. Le système de coordonnées utilisé pour les luminaires d'éclairage public est le système de plans *C*, présenté à la Figure 1. Pour les installations de projecteurs, la répartition de l'intensité mesurée dans le système de plans *B* peut être acceptée si le programme de calculs peut transférer les valeurs d'intensité dans le système de plans *C*. Dans la Figure 1, le luminaire se trouve à son angle d'inclinaison au cours des mesures.

L'intensité lumineuse doit être exprimée en candelas.

Le flux lumineux utilisé dans le calcul doit être déclaré dans le rapport de calcul.

Sauf si des conditions spécifiques sont mentionnées dans le rapport de calcul, le flux lumineux utilisé doit être celui de la source lumineuse mentionnée dans la fiche technique du luminaire.

Si le tableau d'intensité lumineuse est indiqué en candelas par kilolumen ( $\text{cd} \cdot \text{klm}^{-1}$ ), ses valeurs doivent être converties en candelas, en tenant compte du flux lumineux de toutes les sources lumineuses du luminaire.



### Légende

- 1 Luminaire à son angle d'inclinaison au cours des mesures
- 2 Direction longitudinale
- 3 Direction verticale
- 4 Direction de l'intensité lumineuse

**Figure 1 — Orientation du système de coordonnées  $C, \gamma$  par rapport à la direction longitudinale de la chaussée**

Les intervalles angulaires maximaux stipulés dans la présente norme ont été choisis pour obtenir des niveaux d'exactitude d'interpolation acceptables.

Dans le système de coordonnées  $(C, \gamma)$ , les intensités lumineuses doivent être indiquées aux intervalles angulaires indiqués ci-dessous.

Pour tous les luminaires, les intervalles angulaires des plans verticaux ( $\gamma$ ) doivent atteindre tout au plus  $2,5^\circ$  dans une plage comprise entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . En azimut, les intervalles doivent être différents compte tenu de la symétrie de la répartition lumineuse du luminaire comme suit :

- a) les luminaires sans symétrie : les intervalles doivent être au maximum de  $5^\circ$ , en commençant à  $0^\circ$ , lorsque le luminaire est à son angle d'inclinaison au cours des mesures, pour finir à  $355^\circ$ ;
- b) les luminaires à symétrie nominale par rapport au plan  $C = 270^\circ - 90^\circ$  : les intervalles doivent être au maximum de  $5^\circ$ , en commençant à  $270^\circ$ , lorsque le luminaire est à son angle d'inclinaison au cours des mesures, pour finir à  $90^\circ$ ;
- c) les luminaires à symétrie nominale par rapport aux plans  $C = 270^\circ - 90^\circ$  et  $C = 0^\circ - 180^\circ$  : les intervalles doivent être au maximum de  $5^\circ$ , en commençant à  $0^\circ$ , lorsque le luminaire est à son angle d'inclinaison au cours des mesures, pour finir à  $90^\circ$ ;
- d) les luminaires ayant la même répartition lumineuse nominale pour tous les plans  $C$  : un seul jeu de mesures représentatives dans un plan vertical (plan  $C$ ) se révèle nécessaire.

Lorsqu'il existe des normes pour des typologies de luminaires spécifiques prescrivant des intervalles angulaires améliorés, celles-ci doivent être appliquées.

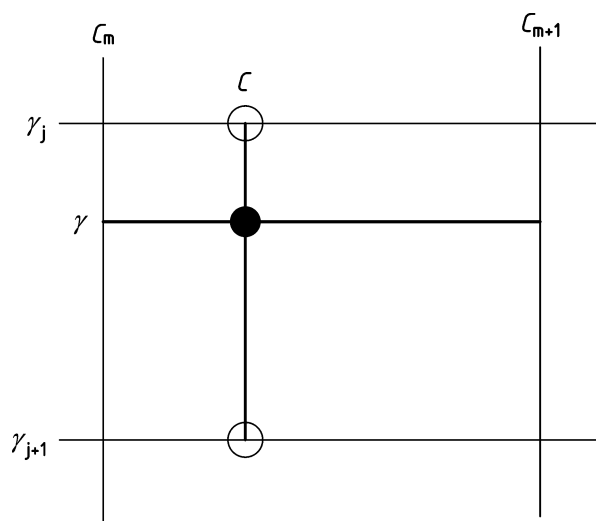
**EN 13201-3:2015 (F)**

Les intervalles angulaires indiqués ci-dessus doivent être réduits en cas de variation importante de gradient des intensités lumineuses consécutives.

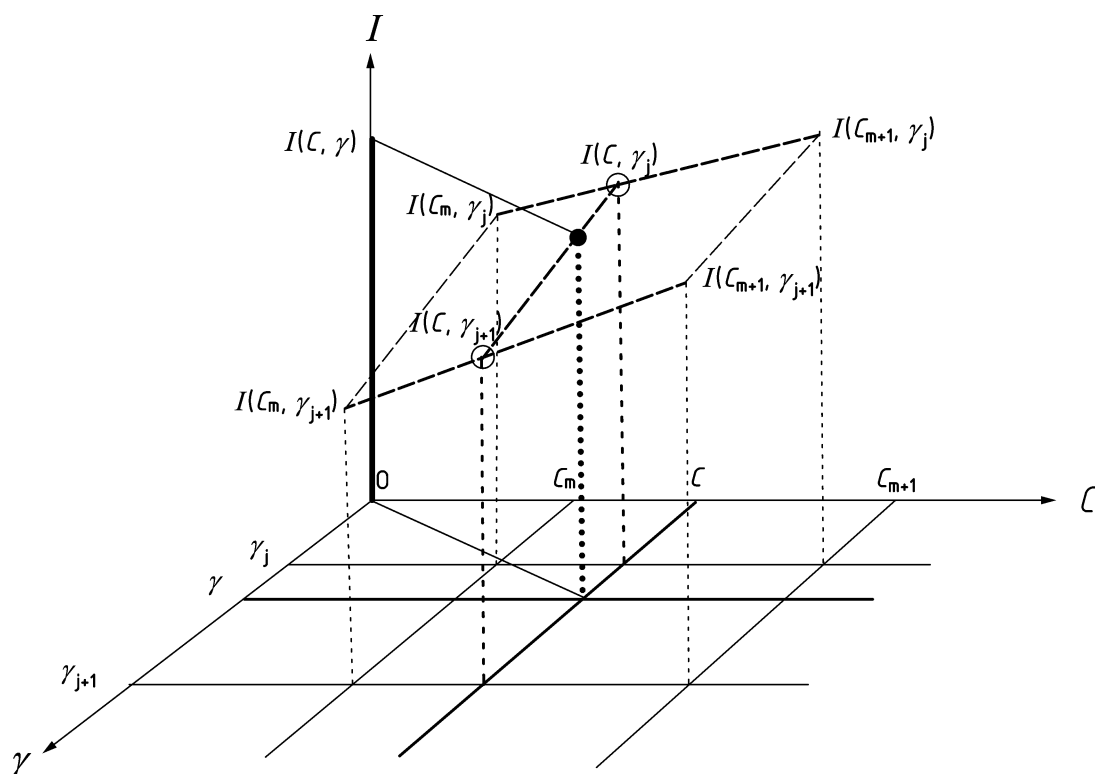
NOTE Le cas échéant, les laboratoires photométriques sont chargés de fournir le tableau  $I$  avec les intervalles angulaires réduits pertinents définis à partir des angles inclus dans le fichier photométrique.

**5.2.2 Interpolation linéaire dans le tableau  $I$** 

Pour estimer l'intensité lumineuse  $I(C, \gamma)$  dans la direction  $(C, \gamma)$ , il est nécessaire de procéder par interpolation entre les quatre valeurs d'intensité lumineuse les plus proches de la direction, voir Figure 2 et Figure 3.



**Figure 2 — Angles requis pour l'interpolation linéaire d'une intensité lumineuse**



**Figure 3 — Angles requis pour l'interpolation linéaire d'une intensité lumineuse (à partir de la Figure 2 mais montrant l'intensité sur l'axe z en perspective)**

À cette fin, les formules suivantes ou des formules mathématiques équivalentes doivent être utilisées :  
Interpolation sur les angles  $C$

$$\frac{IC_{,j}IC_{m+j}}{IC_{m-1,j}IC_{m,j}} = \frac{C-C_{m-1}}{C_m-C_{m-1}} \quad (3)$$

où

$I(C_m, \gamma_j)$  indique l'intensité dans le numéro de colonne  $m$  et le numéro de rangée  $j$  du tableau  $I$ , et ainsi de suite pour les autres symboles similaires ;

$C$  est l'azimut, mesuré pour le premier axe photométrique ;

$\gamma$  est l'angle vertical mesuré à partir du premier axe photométrique ;

$j, m, m+1$  sont des nombres entiers indiquant le numéro de colonne ou de rangée du tableau  $I$ .

À partir de laquelle :

$$IC_{,j}IC_{,m} = \frac{C-C_{m-1}}{C_m-C_{m-1}} IC_{,m-1,j}IC_{,m,j} \quad (4)$$

De la même manière :

$$\frac{IC_{,j1}IC_{m+j1}}{IC_{m1,j1}IC_{m,j1}} = \frac{C-C_{m1}}{C_m-C_{m1}} \quad (5)$$

À partir de laquelle :

$$IC_{,j1}IC_{,m} = \frac{C-C_{m1}}{C_m-C_{m1}} IC_{,m1,j1}IC_{,m,j1} \quad (6)$$

Enfin, interpolation sur  $\gamma$  :

$$\frac{IC_{,j1}IC_{,j}}{IC_{,j1}IC_{,j}} = \frac{\gamma_j - \gamma_{j1}}{\gamma_j - \gamma_{j1}} \quad (7)$$

À partir de laquelle :

$$IC_{,j1}IC_{,j} = \frac{\gamma_j - \gamma_{j1}}{\gamma_j - \gamma_{j1}} IC_{,j1}IC_{,j} \quad (8)$$

Dans ces formules, il est d'abord procédé à une interpolation dans les demi-plans  $C$ , puis dans les cônes  $\gamma$ . Si besoin est, cette procédure peut être inversée (c'est-à-dire que l'interpolation est tout d'abord effectuée dans les cônes  $\gamma$  puis dans les demi-plans  $C$ ) pour obtenir le même résultat.

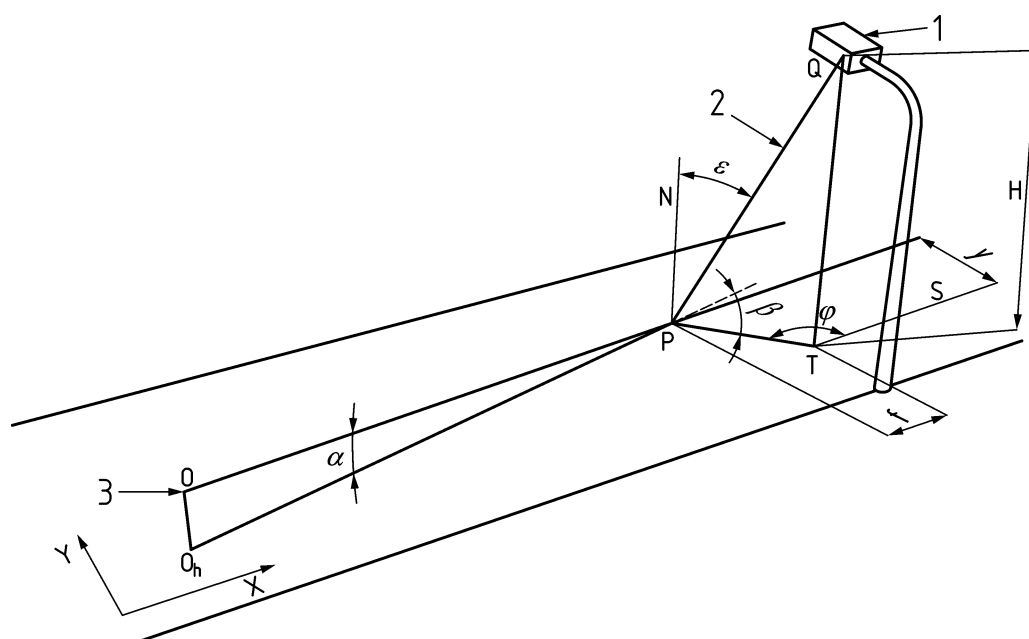
**EN 13201-3:2015 (F)****5.3 Tableau  $r$** **5.3.1 Format du tableau  $r$** 

Les données de réflexion de la surface de la route doivent être exprimées en termes de coefficient de luminance réduite aux intervalles angulaires et dans les directions indiquées dans le Tableau 3 pour les angles  $\beta$  et  $\varepsilon$  indiqués à la Figure 4.

Dans les tableaux  $r$ , les valeurs sont généralement indiquées multipliées par le facteur  $10^4$ . Dans ce cas, pour les calculs, ils doivent être divisés par  $10^4$ .

Le Tableau 3 indique le nombre minimal de directions angulaires auxquelles le coefficient de luminance réduite doit être spécifié pour les luminaires placés à des hauteurs, au-dessus de la surface de la route, supérieures à 2 m.

Pour les luminaires de l'installation d'éclairage placés à des hauteurs, inférieures ou égales à 2 m au-dessus de la surface de la route, l'Annexe B propose l'ensemble élargi de directions angulaires pour les valeurs  $r$ .



### Légende

$H$	Hauteur de feu du luminaire
$P$	Point observé
$PN$	Normale à $P$ à la surface de la route
$Q$	Centre photométrique du luminaire
$QT$	Verticale traversant le centre photométrique du luminaire
$ST$	Direction longitudinale
$O_h$	Projection géométrique des yeux de l'observateur sur le sol
$f$ et $y$	Composants scalaires du vecteur $TP$ (évaluation de $\tan \varphi$ )
$\beta$	Angle entre les tracés orientés des plans verticaux dans le plan horizontal de la surface de la route :
–	Plan vertical traversant le point d'observation et contenant $P$
–	Plan vertical contenant $P$ et traversant le luminaire.
$\varepsilon$	Angle d'incidence de la lumière au niveau de $P$
$\alpha$	Angle d'observation
$\varphi$	Azimut d'installation
1	Luminaire
2	Rayon lumineux
3	Observateur ( $O$ est la position des yeux l'observateur)

**Figure 4 — Relations angulaires pour un luminaire à son angle d'inclinaison au cours des mesures, l'observateur et le point d'observation**

**Tableau 3 — Intervalles angulaires et directions à utiliser pour la collecte des données de réflexion de la surface de la route**

$\tan \varepsilon$	$\beta$ en degrés																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**EN 13201-3:2015 (F)**

$\tan \varepsilon$	$\beta$ en degrés																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0,75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
6,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
7	X	X	X	X	X	X	X	X												
7,5	X	X	X	X	X	X	X													
8	X	X	X	X	X	X	X													
8,5	X	X	X	X	X	X	X													
9	X	X	X	X	X	X														
9,5	X	X	X	X	X	X														
10	X	X	X	X	X	X														
10,5	X	X	X	X	X	X														
11	X	X	X	X	X	X														
11,5	X	X	X	X	X															
12	X	X	X	X	X															

Une croix dans le Tableau 3 indique la valeur  $r$  requise qui doit être connue.

NOTE Dans le Tableau 3, les cellules vides indiquent la direction qu'il convient de ne pas utiliser pour le calcul. La connaissance de  $r$  pour ces directions n'est donc pas pertinente dans la présente norme.

### 5.3.2 Interpolation linéaire dans le tableau $r$

Lorsqu'une valeur de  $r$  est requise pour des valeurs de  $\tan \varepsilon$  et  $\beta$  situées entre celles données dans le tableau  $r$ , l'interpolation linéaire doit être retenue.

La procédure mathématique est similaire à celle décrite pour le tableau  $I$  en 5.2.2,  $\tan \varepsilon$  remplaçant les angles de demi-plan  $C$  et  $\beta$  remplaçant les angles  $\gamma$ .

Une fois encore, dans ces équations, l'interpolation peut tout d'abord être effectuée dans les valeurs  $\tan \varepsilon$  puis dans les demi-plans  $\beta$ . Si besoin est, cette procédure peut être inversée (c'est-à-dire que l'interpolation est tout d'abord effectuée dans les demi-plans  $\beta$  puis dans les valeurs  $\tan \varepsilon$ ) pour obtenir le même résultat.

## 6 Calcul de $I(C, \gamma)$

### 6.1 Généralités

Pour déterminer l'intensité lumineuse émise par un luminaire vers un point, il est nécessaire de déterminer l'angle photométrique vertical ( $\gamma$ ) et l'azimut photométrique ( $C$ ) du rayon lumineux vers ledit point. Pour cela, l'angle d'inclinaison du luminaire sur site par rapport à son angle d'inclinaison au cours de la mesure, l'orientation et la rotation du luminaire doivent être pris en compte. Pour y parvenir, il est nécessaire d'adopter des conventions de signes mathématiques pour la mesure des distances sur la route et pour les rotations autour des axes. Le système utilisé est un système de coordonnées cartésien orienté main droite. Les corrections relatives aux mouvements de rotation ne permettent aucune modification du flux lumineux de la source de lumière due à ces mêmes mouvements de rotation.

### 6.2 Conventions mathématiques applicables aux distances mesurées sur route

Un système de coordonnées rectangulaires  $(x, y)$  est utilisé (Figure 5). L'axe des abscisses est parallèle à la direction de référence qui, pour un tronçon de route droite, est la direction longitudinale. On obtient alors :

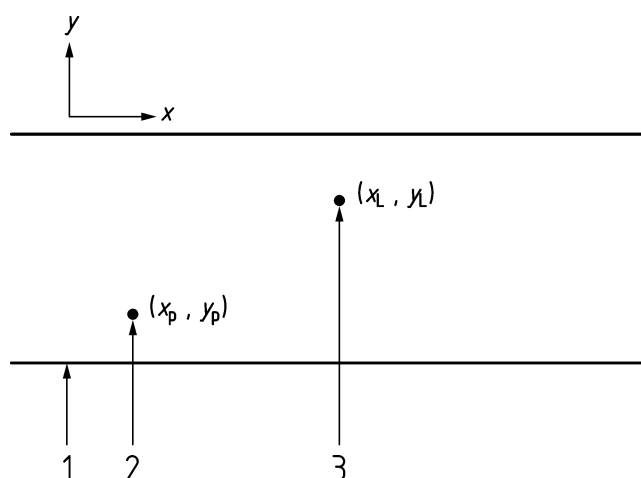
$$x_{Lp} = x_p - x_L \quad (9)$$

$$y_{Lp} = y_p - y_L \quad (10)$$

où

$(x_p, y_p)$  sont les coordonnées du point de calcul ;

$(x_L, y_L)$  sont les coordonnées du luminaire.



#### Légende

- 1 Bord de la chaussée
- 2 Point de calcul
- 3 Luminaire

**Figure 5 — Système de coordonnées  $(x, y)$  pour localiser le luminaire dans le plan**

NOTE En vue d'obtenir des coordonnées  $x$  et  $y$  positives pour tous les points du maillage, il est conseillé de placer l'origine dans le coin inférieur gauche du champ de calcul (voir Figure A.1).

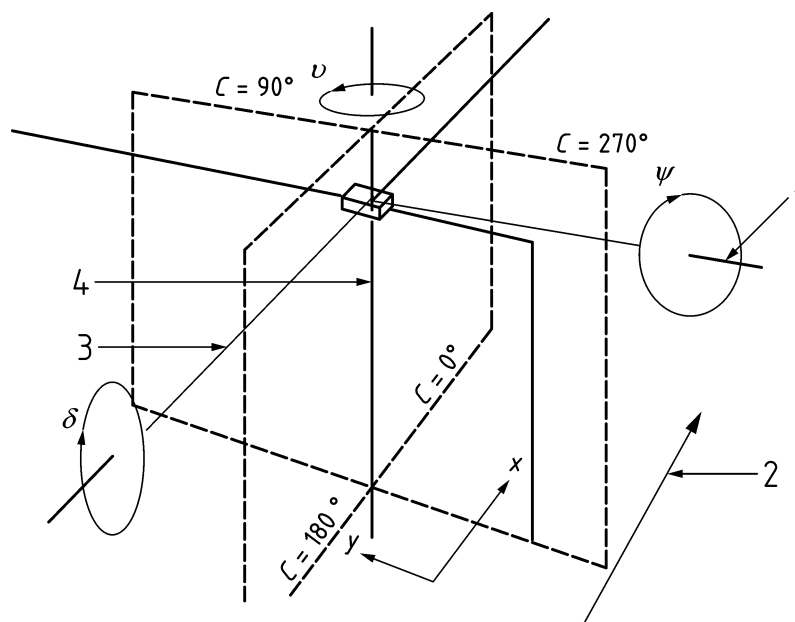
### 6.3 Conventions mathématiques pour les rotations d'axe

La Figure 6 indique les axes de rotation par rapport au système de coordonnées  $(x, y, z)$  orienté main droite. Dans ce système, les angles de rotation sont positifs lorsque le pouce droit est pointé le long du troisième axe dans le



sens positif, les doigts de la paume s'enroulent dans le sens allant du premier axe vers le second (règle de la main droite).

L'axe I est fixe dans l'espace et les axes II et III peuvent tourner autour de ce dernier.



### Légende

- 1 Axe III
- 2 Direction longitudinale
- 3 Axe II
- 4 Axe I : premier axe photométrique

**Figure 6 — Axes de rotation par rapport au système de coordonnées  $(x, y)$**

La Figure 7 indique la relation entre l'angle d'inclinaison pour le calcul et l'angle d'inclinaison au cours des mesures et celui sur site. La figure montre à l'évidence que :

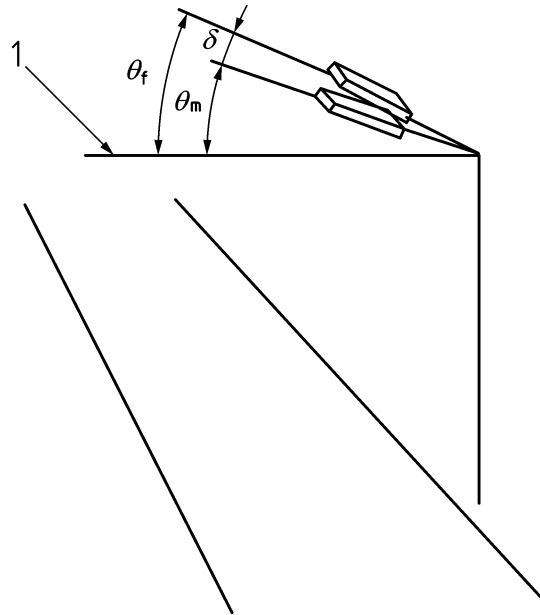
$$\delta = \theta_f - \theta_m \quad (11)$$

où

$\delta$  est l'angle d'inclinaison pour le calcul en degrés ;

$\theta f$  est l'angle d'inclinaison sur site en degrés ;

$\theta_m$  est l'angle d'inclinaison au cours des mesures en degrés.



### Légende

- $\delta$  Angle d'inclinaison pour le calcul
- $\theta_f$  Angle d'inclinaison sur site
- $\theta_m$  Angle d'inclinaison au cours des mesures
- 1 Horizontale

**Figure 7 — Angles d'inclinaison au cours des mesures, sur site et pour le calcul**

## 6.4 Calcul de $C$ et $\gamma$

NOTE Cette détermination peut s'effectuer en quatre étapes :

### 6.4.1 Calcul de $x', y'$ et $H'$ :

$$x' = x(\cos \nu \cos \psi - \sin \nu \sin \delta \sin \psi) + y(\sin \nu \cos \psi + \cos \nu \sin \delta \sin \psi) + H \cos \delta \sin \psi \quad (12)$$

$$y' = -x \sin \nu \cos \delta + y \cos \nu \cos \delta - H \sin \delta \quad (13)$$

$$H' = -x(\sin \nu \sin \delta \cos \psi + \cos \nu \sin \psi) - y(\sin \nu \sin \psi - \cos \nu \sin \delta \cos \psi) + H \cos \delta \cos \psi \quad (14)$$

où

$x$  et  $y$  sont les distances longitudinale et transversale entre le point de calcul et le nadir du luminaire dans la Figure 5 ;

$H$  est la hauteur du luminaire au-dessus du point de calcul ;

$\nu$ ,  $\delta$  et  $\psi$  sont l'angle d'orientation, l'angle d'inclinaison pour le calcul et l'angle de rotation.

NOTE  $x', y'$  et  $H'$  sont utilisés dans le calcul de  $C$  et  $\gamma$  lorsque le luminaire a été tourné selon les angles  $\nu$ ,  $\delta$  et  $\psi$ . Elles correspondent à  $x$ ,  $y$  et  $H$  dans le système de coordonnées sans rotation et à des fins de calcul, elles peuvent être considérées comme des variables intermédiaires (voir Figure 6).

Dans les Formules (12), (13) et (14), une attention particulière doit être accordée à la valeur  $H$  qui est la hauteur de feu du luminaire par rapport à la surface de la route pour les évaluations de l'éclairement horizontal ou hémisphérique et de la luminance de la route.

**EN 13201-3:2015 (F)**

Pour le calcul de la luminance de voile dans  $f_{T1}$  1,5 (m) représente par défaut la hauteur des yeux de l'observateur. De la même manière, dans les évaluations de l'éclairement vertical et semi-cylindrique, les points de calcul pris en compte sont par convention situés à 1,5 m de hauteur par rapport au sol. Dans ce cas,  $H - 1,5$  doit être substitué à  $H$  dans les Formules (12), (13) et (14) pour définir correctement la direction de l'intensité lumineuse interpolée dans le tableau I.

**6.4.2 Évaluation de l'azimut d'installation  $\varphi$ .**

L'évaluation d' $\arctan \frac{y}{x}$  donne :

$$-90^\circ \leq \arctan \frac{y}{x} \leq 90^\circ \quad (15)$$

le quadrant angulaire dans lequel se situe  $\varphi$  est déterminé par :

$$\text{Pour } x > 0, y > 0 \quad \varphi = \arctan \frac{y}{x} \quad \text{avec } 0^\circ < \varphi < 90^\circ \quad \text{quadrant 1} \quad (16)$$

$$\text{Pour } x < 0, y > 0 \quad \varphi = 180^\circ + \arctan \frac{y}{x} \quad \text{avec } 90^\circ < \varphi < 180^\circ \quad \text{quadrant 2} \quad (17)$$

$$\text{Pour } x < 0, y < 0 \quad \varphi = 180^\circ + \arctan \frac{y}{x} \quad \text{avec } 180^\circ < \varphi < 270^\circ \quad \text{quadrant 3} \quad (18)$$

$$\text{Pour } x > 0, y < 0 \quad \varphi = 360^\circ + \arctan \frac{y}{x} \quad \text{avec } 270^\circ < \varphi < 360^\circ \quad \text{quadrant 4} \quad (19)$$

**6.4.3 Calcul de  $C$** 

$$C = \varphi - \nu \quad (20)$$

où

$\varphi$  est l'azimut d'installation en degrés ;

$\nu$  est l'angle d'orientation en degrés (Figure 6), obtenu à partir des formules de 6.4,  $x'$  et  $y'$  étant respectivement substitués à  $x$  et  $y$ .

**6.4.4 Calcul de  $\gamma$** 

$$\arctan \frac{\sqrt{x'^2 + y'^2}}{H} \quad (21)$$



## 7 Calcul des grandeurs photométriques

### 7.1 Luminance

#### 7.1.1 Luminance en un point donné

##### 7.1.1.1 Formule générale

La luminance en un point donné doit être déterminée en appliquant la formule suivante ou une formule mathématique équivalente :

$$L = \sum_{k=1}^{n_{LU}} \frac{I_k C_k f_M r_k \tan \varepsilon}{H_k^2} \quad (22)$$

où

- $L$  est la luminance maintenue, en candelas par mètre carré ;
- $k$  est l'indice du luminaire actuel dans la sommation ;
- $n_{lu}$  est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;
- $I_k(C, \gamma)$  est l'intensité lumineuse en candelas du  $k^{\text{ième}}$  luminaire,  $C_k$  et  $\gamma_k$  étant calculés tel qu'indiqué en 6.4 ;
- $f_M$  est le facteur de maintenance global, qui est fonction du facteur de maintenance du flux lumineux des sources lumineuses et du facteur de maintenance des luminaires ;
- $r_k(\tan \varepsilon, \beta)$  est le coefficient de luminance réduite pour le rayon lumineux incident actuel de coordonnées angulaires  $(\varepsilon_k, \beta_k)$ , par stéradians (voir 7.1.1.2 et Figure 4) ;
- $H_k$  est la hauteur de feu du  $k^{\text{ième}}$  luminaire au-dessus de la surface de la route, en mètres.

##### 7.1.1.2 Calcul de $\tan \varepsilon$ et $\beta$

Dans la Formule (22)  $\tan \varepsilon$  et  $\beta$  sont les entrées du tableau  $r_k(\tan \varepsilon ; \beta)$

$\tan \varepsilon$  et  $\beta$  sont évalués pour chaque position d'observateur et chaque luminaire.

À partir de la Figure 4 on peut calculer :

$$\tan \frac{PT}{H} = \frac{\sqrt{x_p^2 + y_p^2 - x_L^2 - y_L^2}}{H} \quad (23)$$

où

$PT$  est la distance sur le sol du point observé  $P(x_p ; y_p)$  jusqu'à la projection géométrique du centre optique du luminaire au sol  $T(x_L ; y_L)$  ;

$H$  est la hauteur de feu du luminaire.

**EN 13201-3:2015 (F)**

De la même manière, à partir de la Figure 4,  $\beta$  est évalué à partir de l'angle orienté entre 2 vecteurs dans le plan horizontal du sol :

$$\arccos \frac{\overrightarrow{O_h P} \cdot \overrightarrow{O_h P_T}}{|\overrightarrow{O_h P}| |\overrightarrow{O_h P_T}|} = \arccos \frac{x_P x_{Oh} + y_P y_{Oh}}{\sqrt{x_P^2 + y_P^2} \sqrt{x_{Oh}^2 + y_{Oh}^2}} \quad (24)$$

où

$O_h (x_{Oh}; y_{Oh})$  est la projection de la position de l'œil de l'observateur sur la surface de la route.

NOTE 1 Lorsque le point  $P$  se situe sur la verticale à travers le luminaire,  $\cos \beta$  est indéterminé. Dans ce cas,  $\beta$  peut avoir n'importe quelle valeur (voir la première ligne de tout tableau  $r$  où la valeur  $r$  est la même pour tous les angles  $\beta$ ).

Pour prendre en compte la symétrie miroir due à l'isotropie supposée de la surface de la route, le tableau  $r$  est limité à  $\beta$  variant entre  $0^\circ$  et  $180^\circ$ . Il pourrait être possible d'utiliser une autre méthode que celle de la formule précédente,  $\beta$  par exemple avec les quadrants symétriques tels que :

$$-180^\circ < \beta < 0^\circ \quad (25)$$

Dans ce cas, un essai est nécessaire pour atteindre le champ de définition de  $\beta$  grâce au changement de signe à la Formule (26) :

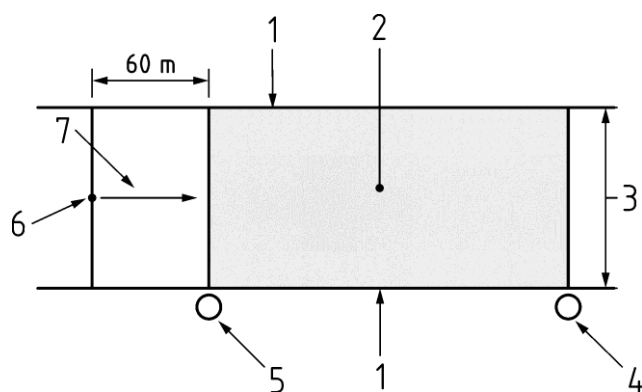
$$\text{Si } -180^\circ \leq \beta < 0^\circ \text{ alors } \beta = -\beta \quad (26)$$

NOTE 2 L'intérêt de l'utilisation de la fonction inverse du cosinus avec le produit scalaire algébrique réside dans l'évaluation de l'angle  $\beta$  directement dans le champ de définition du tableau  $r$  :  $0^\circ$  à  $180^\circ$ .

### 7.1.2 Champ de calcul de la luminance

Dans la direction longitudinale de la zone d'étude, le champ de calcul doit englober deux luminaires de la même rangée (voir Figure 8). Dans le cas de plusieurs rangées de luminaires avec des interdistances entre luminaires différentes pour chaque rangée, le champ de calcul doit s'étendre entre deux luminaires de la rangée où l'interdistance entre les luminaires est maximale.

Cette dernière procédure peut ne pas donner des luminances précises pour l'ensemble de l'installation dans la mesure où les luminances sont différentes dans plusieurs espacements entre des luminaires adjacents. Les calculs étant effectués pour satisfaire aux exigences de l'EN 13201-2, le champ de calcul qui donne les résultats les plus défavorables doit être choisi parmi les champs de définition possibles dans la zone d'étude.



### Légende

- 1 Bord de la zone d'étude
- 2 Champ de calcul
- 3 Largeur de la zone d'étude  $W_r$
- 4 Dernier luminaire dans le champ de calcul
- 5 Premier luminaire dans le champ de calcul
- 6 Observateur
- 7 Direction d'observation

**Figure 8 — Informations pour le calcul des luminances ; champ de calcul des luminances pour la zone d'étude**

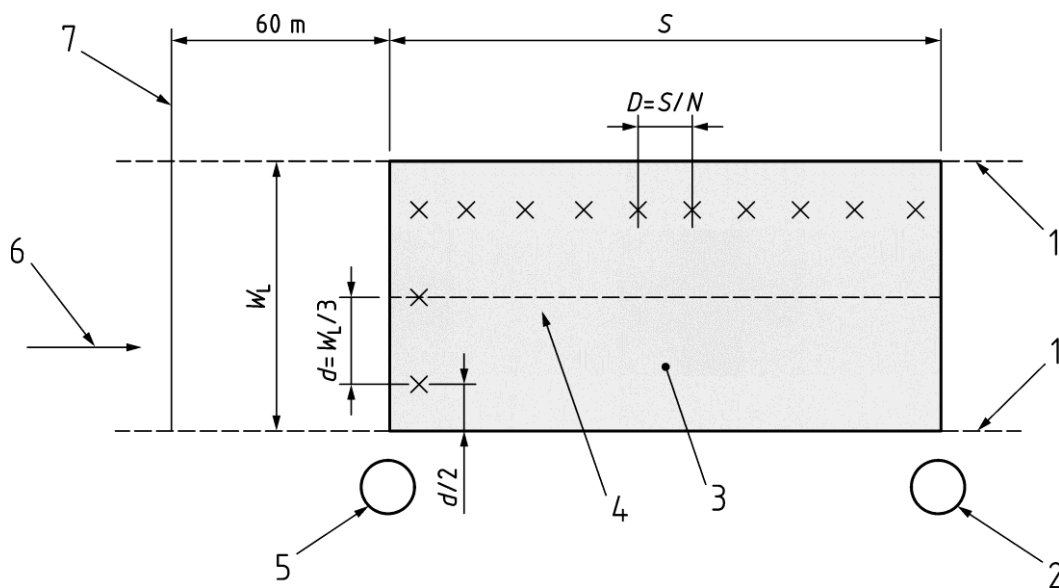
NOTE La zone d'étude est définie au 3.17 du CEN/TR 13201-1:2014.

### 7.1.3 Position des points de calcul

Les points de calcul doivent être espacés régulièrement dans le champ de calcul, tel qu'indiqué à la Figure 9.

Les première et dernière rangées transversales des points de calcul sont à une distance des bords du champ de calcul égale à la moitié de l'interdistance longitudinale entre les points.

NOTE Ce maillage est similaire à celui utilisé pour le calcul des éclairements pour ce qui concerne la disposition des première et dernière rangées des points de calcul dans la direction transversale (voir Figure 14).



### Légende

- 1 Bord de la voie
- 2 Dernier luminaire dans le champ de calcul
- 3 Champ de calcul
- 4 Axe de la voie
- 5 Premier luminaire dans le champ de calcul
- 6 Direction d'observation
- 7 Position longitudinale de l'observateur
- X Indique les lignes des points de calcul dans les directions transversale et longitudinale.

**Figure 9 — Informations pour le calcul des luminances ; position des points de calcul sur une voie de circulation**

L'interdistance des points dans les directions longitudinale et transversale doit être déterminée comme suit :

a) dans la direction longitudinale

$$D = \frac{S}{N} \quad (27)$$

où

$D$  est l'interdistance entre les points dans la direction longitudinale, en mètres ;

$S$  est l'interdistance entre les luminaires d'une même rangée, en mètres ;

$N$  est le nombre de points de calcul dans la direction longitudinale avec les valeurs suivantes :

pour  $S < 30$  m,  $N = 10$  ;

pour  $S > 30$  m, le plus petit nombre entier donnant  $D \leq 3$  m. La première rangée transversale des points de calcul est située à une distance  $D/2$  au-delà du premier luminaire (position éloignée de l'observateur).

b) dans la direction transversale



L'interdistance ( $d$ ) dans la direction transversale est déterminée à partir de la formule :

$$d = \frac{W_L}{3} \quad (28)$$

où

$d$  est l'interdistance entre les points dans la direction transversale, en mètres ;

$W_L$  est la largeur de la voie, en mètres.

Les points de calcul extérieurs sont situés à une distance  $d/2$  des bords de la voie.

En présence d'un accotement stabilisé, et lorsque des informations relatives à la luminance sont requises, le nombre et l'interdistance des points de calcul doivent être identiques à ceux applicables à une voie de circulation.

Lorsque les calculs des éclairagements sont fournis avec les calculs des luminances pour la même zone d'étude sur une chaussée, la définition des points de calcul utilisée pour les deux calculs doit respecter la même définition des points de calcul que celle détaillée précédemment dans ce paragraphe.

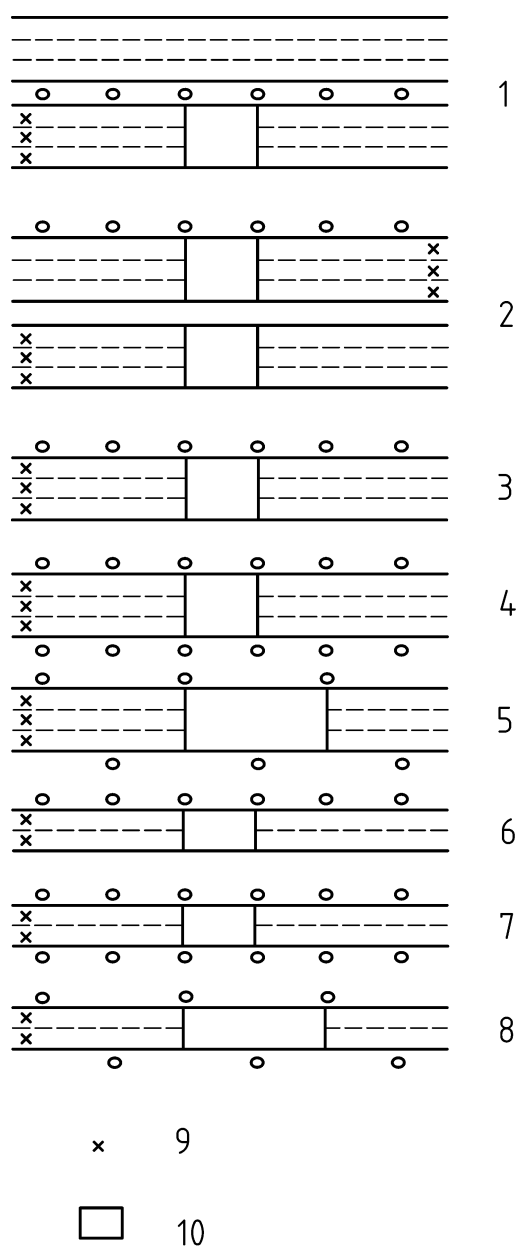
#### 7.1.4 Position d'observateur

Pour le calcul des luminances, les yeux de l'observateur se situent à 1,5 m au-dessus du niveau de la route et à 60 m devant le champ de calcul de la zone d'étude.

Dans la direction transversale, l'observateur doit se placer au centre de chaque voie l'une après l'autre. La luminance moyenne (voir 8.2), l'uniformité générale de luminance (voir 8.3) et l'augmentation relative au seuil de perception (voir 8.5) doivent être calculées pour l'ensemble de la chaussée pour chaque position d'observateur. L'uniformité longitudinale de luminance (voir 8.4) doit être calculée pour chaque axe. Les valeurs opérationnelles de la luminance moyenne, de l'uniformité générale de luminance et de l'uniformité longitudinale de luminance doivent être les plus faibles dans chaque cas ; la valeur opérationnelle de l'augmentation relative au seuil de perception doit être la valeur la plus élevée.

**EN 13201-3:2015 (F)**

La Figure 10 donne des exemples de position d'observateur en rapport avec le champ de calcul.

**Légende**

- 1 Route à six voies avec terre-plein central et implantation axiale rétrobilatérale de luminaires
- 2 Route à six voies avec terre-plein central et implantation unilatérale de luminaires
- 3 Route à trois voies avec implantation unilatérale de luminaires
- 4 Route à trois voies avec implantation bilatérale de luminaires
- 5 Route à trois voies avec implantation de luminaires en quinconce
- 6 Route deux voies avec implantation unilatérale de luminaires
- 7 Route à deux voies avec implantation bilatérale de luminaires
- 8 Route à deux voies avec implantation de luminaires en quinconce
- 9 Position d'observateur
- 10 Champ de calcul

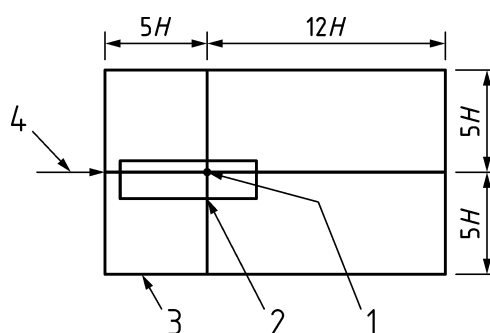
**Figure 10 — Exemples de positions des points d'observation par rapport au champ de calcul**

### 7.1.5 Luminaires inclus dans le calcul

La limite de zone de disposition des luminaires à inclure dans le calcul de la luminance en un point donné est déterminée comme suit (voir Figure 11) :

- a) limite à gauche et à droite de l'observateur : au moins cinq fois la hauteur de feu  $H$  de chaque côté des points de calcul ;
- b) limite la plus éloignée de l'observateur : au moins  $12H$  du point de calcul dans la direction qui s'écarte de l'observateur ;
- c) limite la plus proche de l'observateur : au moins  $5H$  du point de calcul dans la direction vers l'observateur.

NOTE L'étendue de ces limites est fixée à partir de la zone couverte de la route, par le tableau  $r$ . Si la hauteur de feu est inférieure ou égale à 2 m, une distance égale à 20 fois la hauteur de feu autour des points de calcul pour tous les angles d'azimut est nécessaire. Voir l'Annexe B informative sur le format de tableau  $r$  élargi nécessaire.



#### Légende

- 1 Point de calcul
- 2 Limite du champ de calcul
- 3 Limite de la zone d'implantation des luminaires
- 4 Direction d'observation

**Figure 11 — Limite de la zone d'implantation des luminaires pour le calcul de la luminance**

## 7.2 Éclairement

### 7.2.1 Généralités

Il pourrait se révéler nécessaire, dans le cadre de la présente norme, de calculer l'un des quatre différents types d'éclairement, suivant les critères de conception choisis dans l'EN 13201-2. Ces derniers pourraient être :

- a) l'éclairement horizontal ;
- b) l'éclairement hémisphérique ;
- c) l'éclairement semi-cylindrique ;
- d) l'éclairement vertical.

### 7.2.2 Éclairement horizontal en un point donné

Les points de calcul doivent être répartis dans un plan situé au niveau du sol dans la zone d'étude.

**EN 13201-3:2015 (F)**

L'éclairement horizontal en un point donné doit être calculé selon la formule suivante ou une formule mathématique équivalente :

$$E_h = \sum_{k=1}^{n_{lu}} \frac{I_k C f_M \cos^3 \varepsilon_k}{H_k^2} \quad (29)$$

où

- $E_h$  est l'éclairement horizontal maintenu au point donné (lx) ;
- $k$  est l'indice du luminaire actuel dans la sommation ;
- $n_{lu}$  est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;
- $I_k(C, \gamma)$  est l'intensité lumineuse en candelas du  $k^{\text{ième}}$  luminaire,  $C$  et  $\gamma$  étant calculés tel qu'indiqué en 6.4 ;
- $f_M$  est le facteur de maintenance global, le produit du facteur de maintenance du flux lumineux des sources lumineuses et du facteur de maintenance des luminaires ;
- $\varepsilon_k$  est l'angle d'incidence du rayon lumineux au niveau du point (°) ;
- $H_k$  est la hauteur de feu du  $k^{\text{ième}}$  luminaire (m).

NOTE Il est conseillé de ne pas inclure le facteur de survie des lampes dans le facteur de maintenance global pour l'éclairage public si toute source lumineuse en panne est remplacée.

**7.2.3 Éclairement hémisphérique en un point donné**

Les points de calcul doivent être répartis dans un plan situé au niveau du sol dans la zone d'étude.

L'éclairement hémisphérique en un point donné doit être calculé selon la formule suivante ou une formule mathématique équivalente :

$$E_{hs} = \sum_{k=1}^{n_{lu}} \frac{I_k C f_M \cos^3 \varepsilon_k \cos^2 \theta_k}{4 H_k^2} \quad (30)$$

où

- $E_{hs}$  est l'éclairement hémisphérique maintenu au point donné (lx) ;
- $k$  est l'indice du luminaire actuel dans la sommation ;
- $n_{lu}$  est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;
- $I_k(C, \gamma)$  est l'intensité lumineuse en candelas du  $k^{\text{ième}}$  luminaire,  $C$  et  $\gamma$  étant calculés tel qu'indiqué en 6.4 ;
- $f_M$  est le facteur de maintenance global, le produit du facteur de maintenance du flux lumineux des sources lumineuses et du facteur de maintenance des luminaires ;
- $\varepsilon_k$  est l'angle d'incidence du rayon lumineux au niveau du point (°) ;
- $H_k$  est la hauteur de feu du  $k^{\text{ième}}$  luminaire (m).

NOTE Il est conseillé de ne pas inclure le facteur de survie des lampes dans le facteur de maintenance global pour l'éclairage public si toutes les sources lumineuses défectueuses seront remplacées.



### 7.2.4 Éclairement semi-cylindrique en un point donné

Les points de calcul doivent être répartis sur un plan situé à 1,5 m au-dessus de la surface de la zone d'étude.

L'éclairement semi-cylindrique varie en fonction de la direction d'observation. Le plan vertical à la Figure 12, perpendiculaire à la surface plane du demi-cylindre, doit être orienté dans les principales directions de circulation des piétons, qui sont généralement longitudinales dans le cas d'une circulation sur route.

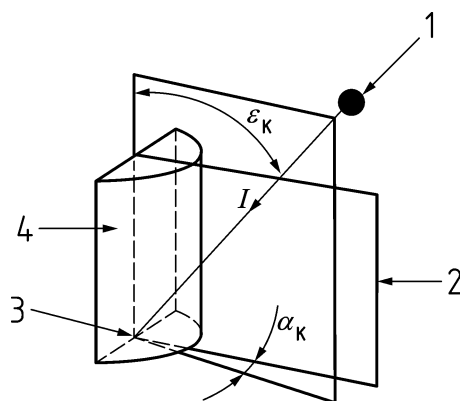
L'éclairement semi-cylindrique en un point donné doit être calculé selon la formule suivante ou une formule mathématique équivalente :

$$E_{sc} = \sum_{k=1}^{n_{lu}} \frac{I_k C_k f_M \sin \alpha_k \cos \varepsilon_k}{d_{LkP}^2} \quad (31)$$

où

$E_{sc}$	est l'éclairement semi-cylindrique maintenu au niveau du point, en lux ;
$k$	est l'indice du luminaire actuel dans la sommation ;
$n_{lu}$	est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;
$I_k(C, \gamma)$	est l'intensité lumineuse en candelas du $k^{\text{ième}}$ luminaire, $C$ et $\gamma$ étant calculés tel qu'indiqué en 6.4 (cd) ;
$f_M$	est le facteur de maintenance global, le produit du facteur de maintenance du flux lumineux des sources lumineuses et du facteur de maintenance des luminaires ;
$\alpha_k$	est l'angle formé par le plan vertical contenant le rayon lumineux incident et le plan vertical perpendiculaire à la surface plane du demi-cylindre, tel qu'indiqué à la Figure 12 (°) ;
$\varepsilon_k$	est l'angle d'incidence du rayon lumineux au niveau du point (°) ;
$d_{LkP}$	est la distance entre le luminaire, $L_k$ et le point $P$ au centre de la base rectangulaire du demi-cylindre.

NOTE Il est conseillé de ne pas inclure le facteur de survie des lampes dans le facteur de maintenance global pour l'éclairage public si toutes les sources lumineuses défectueuses seront remplacées.



### Légende

- 1 Luminaire  $k$
- 2 Plan vertical perpendiculaire à la surface plane du demi-cylindre
- 3 Point de calcul
- 4 Surface plane du demi-cylindre

**Figure 12 — Angles utilisés pour le calcul de l'éclairage semi-cylindrique**

### 7.2.5 Éclairage vertical en un point donné

Les points de calcul doivent être répartis sur un plan situé à 1,5 m au-dessus de la surface de la zone d'étude.

L'éclairage vertical varie en fonction de la direction d'observation. Le plan d'éclairage vertical de la Figure 13 doit être orienté perpendiculairement aux principales directions de circulation des piétons, qui pour une route sont généralement dans les deux sens parallèles à la route.

L'éclairage vertical en un point donné doit être calculé selon la formule suivante ou une formule mathématique équivalente :

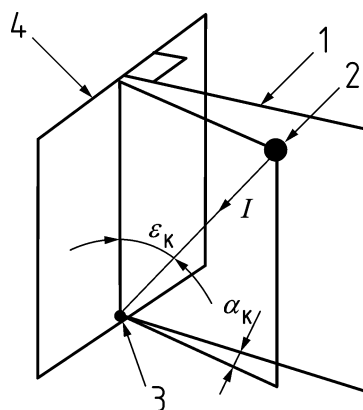
$$E_{V_{k1}} = \frac{n_{lu} \cdot I_k \cdot C_k \cdot f_M \cdot \sin \varepsilon_k \cdot 1 \cos \alpha_k}{d_{LkP}^2} \quad (32)$$

où

- $E_V$  est l'éclairage vertical maintenu au point donné (lx) ;
- $k$  est l'indice du luminaire actuel dans la sommation ;
- $n_{lu}$  est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;
- $I_k(C, \gamma)$  est l'intensité lumineuse en candelas du  $k^{ième}$  luminaire,  $C$  et  $\gamma$  étant calculés tel qu'indiqué en 6.4 (cd) ;
- $f_M$  est le facteur de maintenance global, le produit du facteur de maintenance du flux lumineux des sources lumineuses et du facteur de maintenance des luminaires ;
- $\varepsilon_k$  est l'angle d'incidence du rayon lumineux au niveau du point (°) ;
- $\alpha_k$  est l'angle, en degrés, formé par le plan vertical contenant le rayon lumineux incident et le plan vertical perpendiculaire au plan vertical de calcul, tel qu'indiqué à la Figure 13 (°) ;
- $d_{LkP}$  est la distance entre le luminaire,  $L_k$  et le point au centre de la base du rectangle dans le plan d'éclairage vertical (m).

Cette formule est valable uniquement pour  $\varepsilon < 90^\circ$  et  $\alpha < 90^\circ$ .

NOTE Il est conseillé de ne pas inclure le facteur de survie des lampes dans le facteur de maintenance global pour l'éclairage public si toutes les sources lumineuses défectueuses seront remplacées.



### Légende

- 1 Plan vertical perpendiculaire au plan d'éclairement vertical
- 2 Luminaire
- 3 Point de calcul
- 4 Plan d'éclairement vertical

**Figure 13 — Angles utilisés pour le calcul de l'éclairement vertical**

### 7.2.6 Champ de calcul de l'éclairement

Le champ de calcul doit être le même que celui indiqué à la Figure 10.

NOTE Afin de réduire la durée de traitement informatique, le champ de calcul des installations en quinconce peut être pris entre des luminaires consécutifs des deux côtés opposés de la route sans affecter le résultat.

### 7.2.7 Position des points de calcul

Les points de calcul doivent être répartis uniformément dans le champ de calcul (voir Figure 14) et leur nombre doit être choisi comme suit :

a) dans la direction longitudinale

L'interdistance dans la direction longitudinale doit être déterminée à l'aide de la formule :

$$D = \frac{S}{N} \quad (33)$$

où

$D$  est l'interdistance entre les points dans la direction longitudinale, en mètres

$S$  est l'interdistance entre les luminaires, en mètres

$N$  est le nombre de points de calcul dans la direction longitudinale avec les valeurs suivantes :

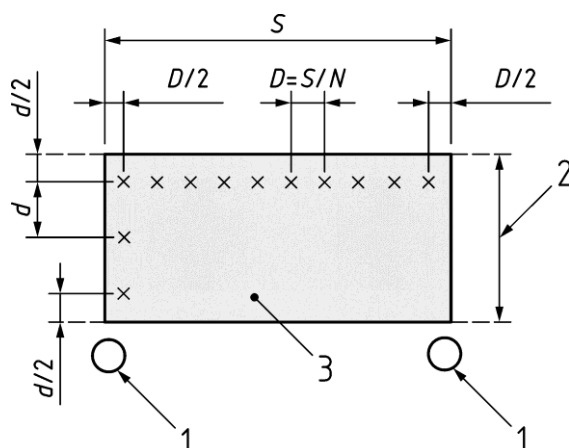
pour  $S \leq 30$  m,  $N = 10$  ;

pour  $S > 30$  m, le plus petit nombre entier donnant  $D \leq 3$  m.



**EN 13201-3:2015 (F)**

La première rangée de points de calcul est située à une distance  $D/2$  (en mètres) au-delà du premier luminaire.

**Légende**

- 1 Luminaire
- 2 Largeur de la zone d'étude  $W_r$
- 3 Champ de calcul
- x Indique les lignes des points de calcul dans les directions transversale et longitudinale

**Figure 14 — Informations pour le calcul de l'éclairage ; points de calcul dans la zone d'étude**

b) dans la direction transversale

$$d = \frac{W_r}{n} \quad (34)$$

où

$d$  est l'interdistance entre les points dans la direction transversale, en mètres ;

$W_r$  est la largeur de la chaussée ou de la zone d'étude, en mètres ;

$n$  est le nombre de points dans la direction transversale avec une valeur supérieure ou égale à 3 et représente le plus petit nombre entier donnant  $d \leq 1,5$  m.

L'interdistance entre les points et les bords de la zone d'étude est égale à  $D/2$  dans la direction longitudinale, et à  $d/2$  dans la direction transversale, tel qu'indiqué à la Figure 14.

Dans le cas où le champ des points de calcul de l'éclairage couvre les voies d'une chaussée, la définition des points de maillage doit respecter la définition pour le calcul des luminances donnée au paragraphe 7.1.3 et à la Figure 9.

**7.2.8 Luminaires inclus dans le calcul**

Les luminaires qui se situent à une distance égale à cinq fois la hauteur de feu par rapport aux points de calcul doivent être inclus dans le calcul.

### 7.2.9 Éclairage des surfaces aux contours irréguliers

Pour ces surfaces, il pourrait s'avérer nécessaire de choisir un champ de calcul rectangulaire qui englobe la zone d'étude, et qui est par conséquent plus grand que celle-ci. Il convient de choisir les points de maillage utilisés pour le calcul des caractéristiques qualitatives à partir des points qui se situent à l'intérieur des limites de la zone d'étude. Lorsque l'interdistance entre les luminaires n'est pas régulière, il se pourrait qu'il ne soit pas possible de lier l'interdistance entre les points du maillage à l'interdistance entre les luminaires, ladite interdistance ne devant toutefois pas dépasser 1,5 m quelle que soit la direction. Les directions principales de circulation prises en compte pour le calcul de l'éclairage vertical et de l'éclairage semi-cylindrique doivent être déterminées après prise en considération de l'emploi effectif ou probable de la zone.

## 8 Calcul des caractéristiques qualitatives

### 8.1 Généralités

Les caractéristiques qualitatives relatives à la luminance ou à l'éclairage doivent être obtenues à partir des maillages calculés de luminance ou d'éclairage sans interpolation supplémentaire. Lorsque les points de maillage ne correspondent pas à la ligne axiale des voies, il doit être nécessaire, pour le calcul de l'uniformité longitudinale de luminance, de calculer la luminance des points répartis sur l'axe de chaque voie de circulation et de l'accotement stabilisé, le cas échéant, conformément à 8.4.

Pour l'éclairage moyen initial ou la luminance moyenne initiale, le facteur  $f_M$  est égal à 1,0 et les valeurs initiales du flux lumineux doivent être utilisées. Pour la luminance moyenne ou l'éclairage moyen après un temps d'utilisation donné, le facteur  $f_M$  pour le luminaire après ladite période d'utilisation dans les conditions d'environnement de l'installation doit être utilisé, ainsi que le flux lumineux après le temps d'utilisation donné.

### 8.2 Luminance moyenne

La luminance moyenne doit être calculée comme la moyenne arithmétique des luminances des points de maillage du champ de calcul.

La valeur calculée doit être imprimée ou présentée selon la forme et avec le nombre de chiffres définis dans les tableaux d'exigences de l'EN 13201-2 (résumés à l'Article 4 de la présente partie 3), c'est-à-dire avec deux décimales.

### 8.3 Uniformité générale

L'uniformité générale doit être calculée comme le rapport de la luminance la plus faible, en tout point du maillage du champ de calcul, à la luminance moyenne.

La valeur calculée doit être imprimée ou présentée selon la forme et avec le nombre de chiffres définis dans les tableaux d'exigences de l'EN 13201-2 (résumés à l'Article 4 de la présente partie 3), c'est-à-dire avec deux décimales.

### 8.4 Uniformité longitudinale

L'uniformité longitudinale doit être calculée comme le rapport de la luminance la plus faible à la luminance la plus élevée à des points situés dans la direction longitudinale le long de l'axe de chaque voie du maillage utilisé pour le calcul de la luminance moyenne (voir Figure 9). L'observateur doit se placer au centre de chaque voie l'une après l'autre. La valeur opérationnelle est l'uniformité longitudinale minimale à partir de toutes les voies.

La valeur calculée doit être imprimée ou présentée selon la forme et avec le nombre de chiffres définis dans les tableaux d'exigences de l'EN 13201-2 (résumés à l'Article 4 de la présente partie 3), c'est-à-dire avec deux décimales.

**EN 13201-3:2015 (F)****8.5 Augmentation relative au seuil de perception  $f_{TI}$** **8.5.1 Définition et hypothèses conventionnelles**

L'augmentation relative au seuil de perception est calculée à partir des formules ou de formules mathématiques équivalentes :

$$f_{TI} = 65 \frac{L_v}{(L_i)^{0,8}} \% \quad (35)$$

Dans la Formule (35), valable pour :  $0,05 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2} < \bar{L}_i \leq 5 \text{ cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $L_v$  est calculé comme suit.

$$L_v = \sum_{k=1}^{n_{lu}} L_{vk} \quad (36)$$

Où la contribution du luminaire en attente,  $L_{vk}$  est :  
soit :

$$L_{vk} = 9,86 \frac{A^4 E_k}{66,4^2} \quad \text{lorsque : } 1,5^\circ < \theta_k \leq 60^\circ \quad (37)$$

soit :

$$L_{vk} = \frac{10}{3} \frac{E_k}{62,5} \frac{A_y^4}{2} \quad \text{lorsque : } 0,1^\circ < \theta_k \leq 1,5^\circ \quad (38)$$

NOTE 1 La Formule (38) est tirée de la collection de la CIE sur l'éblouissement : CIE 146:2002 Formule (6) avec un facteur de pigmentation de l'iris nul mais avec un champ de vision limité dans la plage de  $0,1^\circ$  à  $1,5^\circ$ . Cette formule est introduite simplement en complément à la Formule (37) conventionnelle afin de traiter les rares cas dans lesquels les luminaires sont très proches de la ligne de vision de l'observateur, ce qui n'avait pas été envisagé dans l'édition précédente de l'EN 13201-3:2003.

Dans ces formules :

$\bar{L}_i$  est la luminance moyenne initiale de la chaussée ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) ;

$L_v$  est la luminance équivalente de voile initiale ( $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$ ) ;

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

$n_{lu}$  est le nombre de luminaires inclus dans le calcul ;

$E_k$  est l'éclairement initial (en lux) produit par le  $k^{\text{ième}}$  luminaire à l'état neuf sur un plan normal à la ligne de vision et à la hauteur des yeux de l'observateur ;

$\theta_k$  est l'angle entre la ligne de vision et le centre du  $k^{\text{ième}}$  luminaire (en degrés) ;

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



Par convention, pour la conception des installations d'éclairage public, les valeurs suivantes sont adoptées :

$A_y = 23$  ans ;

la ligne de vision se situe à  $1^\circ$  au-dessous de l'horizontale dans un plan vertical dans la direction longitudinale passant par les yeux de l'observateur ;

l'œil de l'observateur est placé à 1,5 m au-dessus du niveau de la route et au centre de chaque voie l'une après l'autre, tel que cela est indiqué à la Figure 10 ;

la distance longitudinale initiale entre l'observateur et le premier luminaire  $L1$  devant le champ de calcul est donnée par la Formule (39) :

$$X_d = 2,75 \sqrt{h} \quad | \quad 1,5 \quad | \quad (39)$$

où

$H$  est la hauteur de feu du luminaire (en m) ;

1,5 (m) est la valeur par défaut pour la hauteur des yeux de l'observateur par rapport à la surface de la route.

NOTE 2 Voir Figure 15 pour un exemple d'installation d'éclairage avec une rangée de luminaires.

En conséquence, dans l'évaluation de  $L_{vk}$  dans la Formule (37) ou la Formule (38), seuls les luminaires situés au-dessous d'un plan de sélection incliné à  $20^\circ$  par rapport à l'horizontale et passant par les yeux de l'observateur doivent être inclus dans le calcul.

NOTE 3 Dans les cas où la sélection au-dessus de l'horizontale ne s'applique pas, il est conseillé de prendre en compte les contributions de tous les luminaires de l'installation de route dans le champ de vision de l'observateur pour les angles entre la ligne de vision de l'observateur et la direction de l'incidence de la lumière jusqu'à  $60^\circ$ .

L'évaluation de  $\theta_k$  dans la Formule (37) ou la Formule (38) peut être obtenue en utilisant le produit scalaire dans la Formule (40).

Par conséquent :

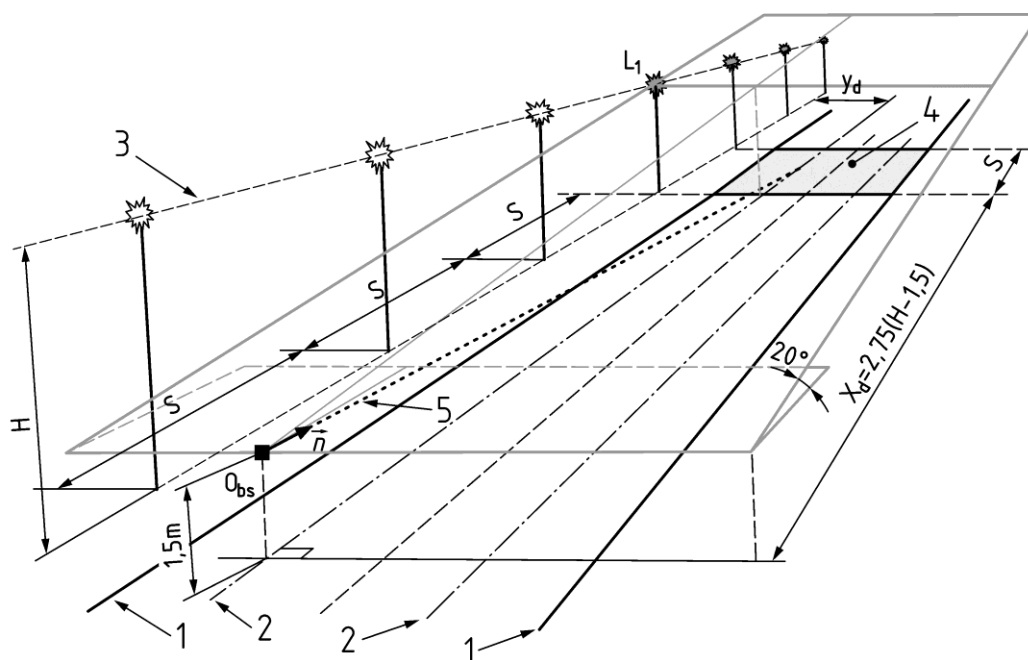
$$\theta_k = \arccos \frac{x_{Lk} x_{Obs} + y_{Lk} y_{Obs} + z_{Lk} z_{Obs}}{\sqrt{x_{Lk}^2 + y_{Lk}^2 + z_{Lk}^2} \sqrt{x_{Obs}^2 + y_{Obs}^2 + z_{Obs}^2}} \quad (40)$$

où

$x_{Lk}, y_{Lk}$  et  $z_{Lk}$  sont les coordonnées du  $k^{\text{ième}}$  luminaire ;

$x_{Obs}, y_{Obs}$  et  $z_{Obs}$  sont les coordonnées des yeux de l'observateur ;



$\alpha = -1^\circ$  est l'angle fixe de la ligne de vision de l'observateur en dessous de l'horizontale.



### Légende

1 Bord de la chaussée

2 Axe de la voie

3 Ligne focale des luminaires :  luminaire inclus dans le calcul  luminaire non inclus dans le calcul

4 Champ de calcul

5 Ligne de vision de l'observateur

$n$  est un vecteur unitaire au niveau des yeux de l'observateur orienté dans la longueur de la route parallèle à l'axe de la chaussée et incliné d'un degré sous l'horizontale ;

$O_{bs}$  est le point d'observation, au niveau des yeux de l'observateur ;

$L_1$  est le premier luminaire de la rangée le plus proche du champ de calcul qui doit être inclus dans le calcul.

**Figure 15 — Nombre de luminaires devant le champ de calcul**

### 8.5.2 Processus de calcul de l'augmentation relative au seuil de perception

La sommation est effectuée à partir du premier luminaire dans le dièdre de vision de l'observateur au niveau du plan de sélection de  $20^\circ$  ou en dessous (voir Figure 15) et les luminaires au-delà, jusqu'à une distance de 500 m dans chaque rangée de luminaires ou pour toute la longueur d'installation si elle est inférieure à 500 m. La distance doit être considérée à partir de la position réelle de l'observateur.

Le calcul débute avec l'observateur dans la position initiale  $x_d$  évaluée à partir de la Formule (40) et se répète en déplaçant l'observateur par paliers présentant les mêmes nombre et distance que ceux utilisés pour l'espacement longitudinal des points de luminance. La procédure est répétée avec l'observateur placé au niveau de l'axe de chaque voie de circulation, en utilisant la luminance moyenne initiale de la route appropriée à la position transversale de l'observateur.

Si l'installation d'éclairage public comporte plusieurs rangées de luminaires, ce processus doit être répété pour chaque position initiale de l'observateur sur chaque axe de voie et la valeur maximale de  $f_{TI}$  doit être retenue.

La valeur maximale de  $f_{TI}$  déterminée est la valeur opérationnelle. Cette valeur calculée doit être imprimée ou présentée selon la forme, avec le nombre de chiffres définis dans les tableaux des exigences de l'EN 13201-2 (résumés à l'Article 4 de la présente partie 3), c'est-à-dire en % sans décimale.

### 8.5.3 Calcul de l'augmentation relative au seuil de perception pour les classes d'éclairage C et P

Dans les classes d'éclairage C et P, la principale exigence de performance est l'éclairement horizontal moyen et la luminance n'est généralement pas calculée.

Dans les hypothèses conventionnelles des installations d'éclairage public, les calculs sont effectués en supposant l'utilisation de luminaires identiques utilisant des sources lumineuses identiques avec le même flux, le même réglage (et donc la même répartition de la lumière) et répartis uniformément le long d'une section de route droite. Ces critères ne sont pas tous remplis dans les classes d'éclairage C. Par ailleurs, pour les classes d'éclairage P, les propriétés photométriques de la surface de la route ne sont généralement pas définies et les conditions d'observation des piétons diffèrent de celles appliquées aux conducteurs de véhicules motorisés.

Tandis que l'évaluation de  $f_{TI}$  n'est pas strictement réaliste, si elle est uniquement basée sur les caractéristiques photométriques du luminaire, une méthode de calcul clairement spécifiée est considérée préférable à une simple classification  $G^*$  basée sur les intensités lumineuses d'un seul luminaire.

Pour les classes d'éclairage C et P, l'évaluation de l'éblouissement d'incapacité,  $f_{TI}$ , en suivant l'algorithme décrit dans les paragraphes 8.5 et 8.5.1, nécessite de calculer la luminance moyenne initiale de la route  $\bar{L}_i$  en plus de l'éclairement horizontal initial moyen  $\bar{E}_{hi}$ .

Pour la classe d'éclairage C, les données manquantes pour évaluer  $\bar{L}_i$  sont celles du tableau r de la surface de la route. En considérant que les principaux utilisateurs sont des conducteurs, il est acceptable d'utiliser un tableau r à partir de ceux déjà disponibles pour les classes d'éclairage M pour les conceptions d'éclairage basées sur l'évaluation de la luminance. Par conséquent, en considérant une section représentative d'une route avec un espacement moyen, il est possible d'évaluer  $f_{TI}$  en appliquant les Formules (35) à (40).

Pour les classes d'éclairage P, il convient de noter que les conditions d'observation par les piétons peuvent sensiblement différer de celles des conducteurs de véhicules motorisés.

Lorsque la surface éclairée n'est pas vue à des angles faibles (comme dans les conditions de trafic motorisé où  $\alpha = -1^\circ$ ), il est possible d'utiliser la loi de Lambert pour évaluer la luminance moyenne de la surface de diffusion supposée dont le facteur de réflexion a besoin d'être évalué et déclaré comme hypothèse de calcul de conception. Dans ce dernier cas, la formule suivante doit être utilisée :

$$\bar{L}_i = \frac{\bar{E}_{hi}}{\rho} \quad (41)$$

où

$\bar{L}_i$  est la luminance horizontale moyenne initiale de la surface éclairée ;

$\bar{E}_{hi}$  est l'éclairement horizontal moyen initial de la surface éclairée ;

$\rho$  est le facteur de réflexion diffuse moyen de la surface éclairée. Si les données mesurées ne sont pas disponibles,  $\rho = 0,2$  est utilisé comme valeur par défaut.

La luminance équivalente de voile initiale  $L_v$  doit être évaluée en suivant le processus de calcul décrit en 8.5.2 c'est-à-dire en tenant compte de tous les luminaires de l'installation dans le dièdre de vision de l'observateur jusqu'à 500 m au maximum, ou du nombre réel de luminaires pour les installations inférieures à 500 m.

## 8.6 Rapport d'éclairement des abords $R_{EI}$

Le rapport d'éclairement des abords est la valeur minimale obtenue à partir de l'évaluation sur chaque côté de la chaussée du rapport de l'éclairement horizontal moyen sur la bande longitudinale adjacente au bord de la

**EN 13201-3:2015 (F)**

chaussée et située en dehors de la chaussée, divisée par l'éclairement horizontal moyen sur la bande longitudinale correspondante située sur la chaussée. La largeur de chacune des quatre bandes doit être identique et doit correspondre à la largeur des voies de la chaussée ou à la largeur de la bande hors de la route et réellement disponible si cette dernière est moins importante. Pour les routes à deux voies, la double voie est traitée comme une voie unique à moins que ces deux voies ne soient séparées de plus de 10 m.

L'éclairement horizontal doit être calculé en utilisant la procédure spécifiée en 7.2.2. Le champ de calcul doit être tel qu'indiqué en 7.2.7. Le nombre de luminaires pris en compte doit être le même que celui indiqué en 7.2.9. La position des points de calcul dans chaque bande doit être telle qu'indiquée en 7.1.3 et à la Figure 9.

La Figure 16 donne des exemples de position des bandes ainsi que de leur emplacement pour le calcul du rapport d'éclairement des abords. Pour cette figure, les formules suivantes s'appliquent :

$R_{EI\ 12}$  pour les bandes 1 et 2 :

$$R_{EI\ 12} = \frac{E_{h,\ strip\ 1}}{\bar{E}_{h,\ strip\ 2}} \quad (42)$$

$R_{EI\ 43}$  pour les bandes 3 et 4 :

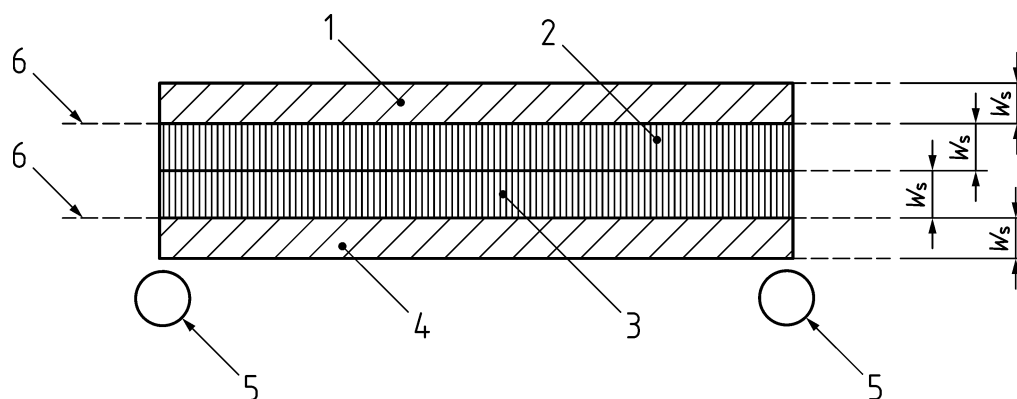
$$R_{EI\ 43} = \frac{E_{h,\ strip\ 4}}{\bar{E}_{h,\ strip\ 3}} \quad (43)$$

À partir desquelles le  $R_{EI}$  opérationnel est défini :

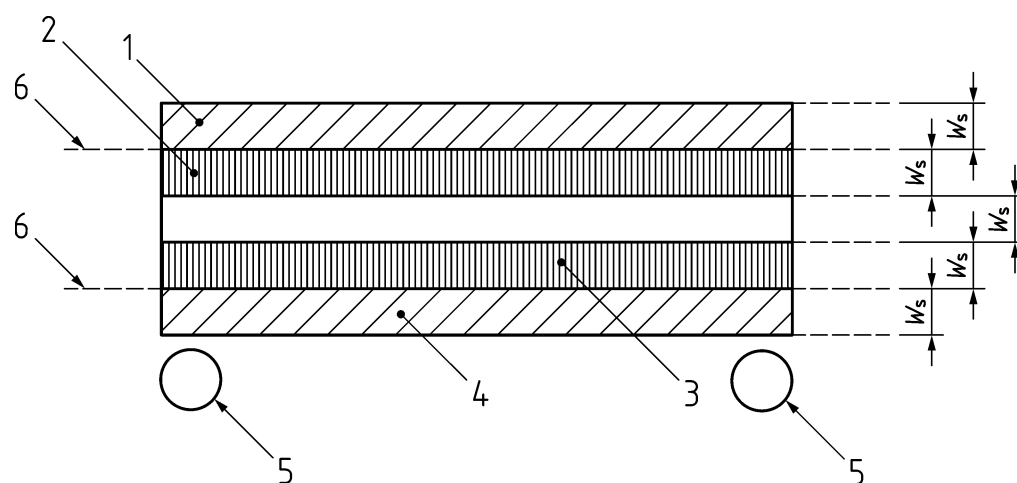
$$R_{EI} = \min(R_{EI\ 12}; R_{EI\ 43}) \quad (44)$$

La valeur calculée doit être imprimée ou présentée selon la forme et avec le nombre de chiffres définis dans les tableaux d'exigences de l'EN 13201-2 (résumés à l'Article 4 de la présente partie 3), c'est-à-dire avec deux décimales.





a) Cas d'une route à 2 voies



b) Cas d'une route à 3 voies

### Légende

- 1 Bande 1
- 2 Bande 2
- 3 Bande 3
- 4 Bande 4
- 5 Luminaire
- 6 Bord de la chaussée
- $W_s$  Largeur des bandes = largeur d'une voie

**Figure 16 — Emplacement et largeur des bandes pour le calcul du rapport d'éclairage des abords  $R_{EI}$**

## 9 Données complémentaires

Lorsque des données de performances photométriques sont calculées pour une installation, les données complémentaires suivantes doivent être fournies :

- a) identification des luminaires ;
- b) identification du tableau  $I$  ;
- c) identification du tableau  $r$  avec une déclaration claire de la valeur de  $Q_0$  utilisée, requise pour le calcul des luminances ;

**EN 13201-3:2015 (F)**

- d) angle d'inclinaison lors de la mesure des luminaires ;
- e) angle d'inclinaison sur site des luminaires ;
- f) rotation des luminaires, si elle n'est pas nulle ;
- g) orientation des luminaires, si elle n'est pas nulle ;
- h) identification des sources lumineuses ;
- i) flux lumineux des sources lumineuses sur lesquelles sont fondés les calculs ;
- j) facteurs de maintenance appliqués ;
- k) définition du champ de calcul, de l'origine du système de référence et des coordonnées des points de maillage ;
- l) position des luminaires sur un plan ou description numérique ;
- m) hauteur de feu des luminaires ;
- n) direction utile pour l'éclairement vertical et l'éclairement semi-cylindrique ;
- o) tout écart par rapport aux procédures décrites dans la présente norme, y compris le calcul de l'augmentation relative au seuil de perception pour un observateur non âgé de 23 ans ou lorsque la hauteur de feu des luminaires est inférieure ou égale à 2 m. Dans ce dernier cas, il est nécessaire d'utiliser un tableau *r* élargi pour les calculs des luminances (voir Tableau B.1).

## Annexe A (informative)

### Conventions et organigrammes utilisés dans le domaine des technologies de l'information et mathématiques

#### A.1 Conventions en technologie de l'information et mathématiques employées en plus de celles de l'Article 4 pour définir les variables utilisées dans les logigrammes de programme de calcul d'éclairage suivants

Dans la présente annexe, il est conseillé d'utiliser des noms de variables conviviaux dans le code source du logiciel afin de faciliter leur maintenance et les publications éventuelles. Le tableau de calcul à boucle « do loop » linéaire est très fréquemment utilisé dans le domaine de l'éclairage, mais l'exactitude des variables n'est pas abordée. Pour les nombres décimaux et les structures de données numériques, il est conseillé d'avoir une « double » exactitude afin de garantir une différence moindre entre les résultats par rapport à ceux obtenus à partir de logiciels différents et de programmes de calcul correspondants.

Les algorithmes de calcul d'éclairage définis par les logigrammes fournis en A.3 (Figures A.3 à A.7) permettent d'éviter le lien avec un langage de programmation donné, même récent et plus puissant que ceux utilisés auparavant (comme les listes FORTRAN [FORMulation TRANslator, un ancien langage scientifique informatique] du code source du programme de calcul normalisé de la CIE, STAN, et celui du programme LUCI plus général de la CIE, tous deux inclus dans la publication CIE 30.2 1982, rééditée en 1990, mais désormais obsolète).

La présentation des résultats, qui est très importante pour les conceptions d'éclairage, n'est pas traitée dans cette annexe, car il revient aux fournisseurs de logiciels professionnels de produire cette présentation et l'utilisation conviviale de la saisie de données et d'éviter les conceptions complexes.

Cette annexe inclut les logigrammes qui présentent les calculs de  $f_{Ti}$  et de  $R_{EI}$  mais avec les conventions et limitations mathématiques générales données à l'Article 4.

Les noms des variables et des structures de données correspondent principalement aux trois types d'« acteurs » dans une scène éclairée :

$P$ , le point de calcul actuel ;

$L$ , le luminaire actuel ;

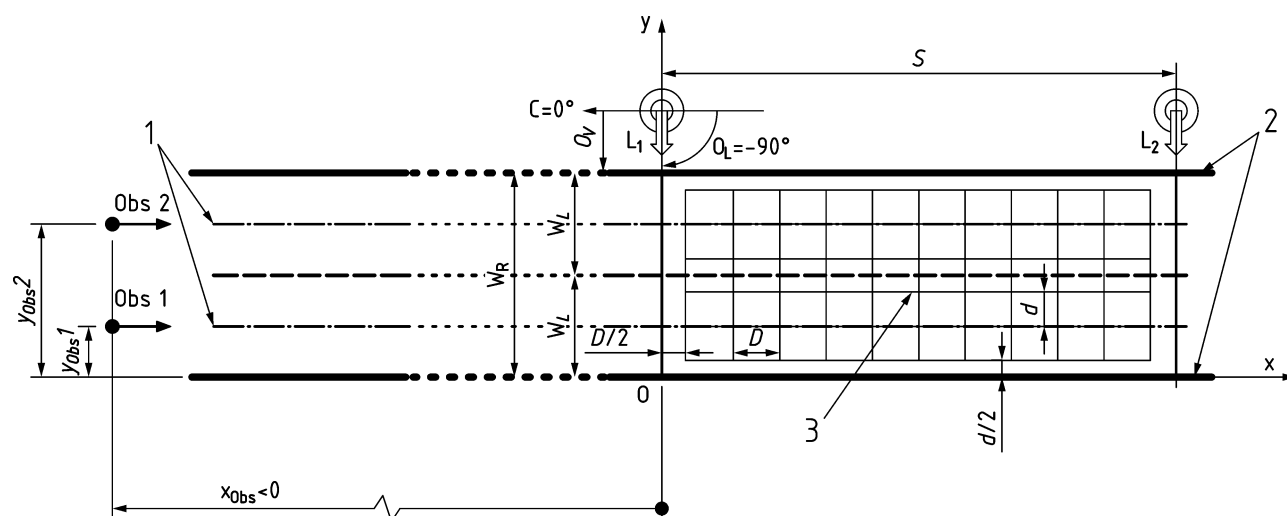
$Obs$ , la position d'observateur actuelle.

La surface de la route est définie pour le calcul des luminances grâce aux fichiers de tableaux  $r$  de la publication CIE en vigueur (voir CIE 144:2001 mentionnée dans la Bibliographie).

Il est nécessaire de créer un certain nombre de variables et de structures de données complémentaires pour des algorithmes informatiques et des variables cumulées utilisés dans des calculs d'éclairage. Il est conseillé aux programmeurs de se reporter à la dernière colonne du Tableau A.1 qui contient les symboles des paramètres, variables et indices des logigrammes dans le code ASCII.

## EN 13201-3:2015 (F)

Le système de coordonnées du programme de calcul est présenté à la Figure A.1.



## Légende

- 1 Axe de la voie
- 2 Vue aérienne de la section de route
- 3 Point du maillage « P » actuel ( $x_P, y_P, z_P$ )

**Figure A.1 — Système de coordonnées : exemple d'une route à deux voies**

**Tableau A.1 — Symboles et désignations correspondantes des variables, tableaux et paramètres utilisés dans le logigramme du programme de calcul (par ordre alphabétique) (1 sur 4)**

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Symboles suggérés des variables, paramètres et structures de données informatiques dans le code source
$A_y$	Âge de l'observateur (valeur par défaut de 23 ans)	$A_y$
Implantation (voir Note en dessous de ce tableau)	Code d'implantation des luminaires par rapport à la chaussée : 1) Unilatérale sur un côté de la route 2) Opposée sans terre-plein central 3) En quinconce avec le premier luminaire placé juste avant le champ de calcul (depuis le point de vision de l'observateur) placé sur le côté « supérieur » de la chaussée sur la Figure A.1 (voir également Figure 9) 4) Axiale rétrobilatérale (terre-plein central) 5) Opposée avec terre-plein central	Implantation
$C$	Azimut photométrique	$C$
$D$	Interdistance entre les points de calcul dans la direction longitudinale	$dx$
$d$	Interdistance entre les points de calcul dans la direction transversale	$dy$
$E$	Éclairement moyen à partir des points du maillage	$E_{ave}$
$E_{pmin}$	Éclairement minimal sur les points du maillage	$E_{pmin}$
	Structure de données pour l'évaluation de l'éclairement horizontal des points du maillage de calcul : $ixp$ variant de 1 à $n_{xp}$ et $iyp$ variant de 1 à $n_{yp}$	$E(1 \text{ à } n_{xp} ; 1 \text{ à } n_{yp})$

**Tableau A.1 — Symboles et désignations correspondantes des variables, tableaux et paramètres utilisés dans le logigramme du programme de calcul (par ordre alphabétique) (2 sur 4)**

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Symboles suggérés des variables, paramètres et structures de données informatiques dans le code source
$F_{la}$	Flux lumineux assigné de la ou des lampes d'un luminaire	Fla
$f_M$	Facteur de maintenance global, dépendant du facteur de maintenance du flux lumineux des lampes et du facteur de maintenance des luminaires et, pour les LED, la fraction de défaillance $F_y$ .	fM
$f_{TI}$	Augmentation relative au seuil de perception : structure de données dimensionnée par le nombre de voies	TI(nla)
$H$	Hauteur de feu d'un luminaire	H
$i$	Indice utilisé pour les valeurs du niveau d'éclairage initial (nouvelles valeurs)	i
$I(C, \gamma)$	Intensité lumineuse émanant dans la direction définie par les angles $C$ et $\gamma$ à partir d'un luminaire.	I(C,Gamma)
	Indice utilisé pour définir la voie actuelle (de 1 à nvoies)	ila
$i_{obs}$	Indice de la position d'observateur transversale : axe de voie numéro 1 au bas par rapport à nvoies sur la partie supérieure	iObs
	Indice variant de 1 à nrangées dans le calcul de la luminance et de la luminance de voile	irangée
$I_{XP}$	Indice en abscisse (indice de colonne des structures de données) des points du maillage. t sur le côté gauche par rapport à $nx_p$ sur le côté droit de l'observateur	ixP
$I_{YP}$	Indice en ordonnée (indice de voie des structures de données) des points du maillage. t sur la ligne inférieure par rapport à $nyp$ sur la ligne supérieure	iyP
$\bar{L}$	Luminance moyenne à partir des points de maillage ( $0,05 < \bar{L} < 5$ )	Lave
$L_{pmin}$	Luminance minimale dans les points du maillage	Lpmin
$L_{pmax}$	Luminance maximale sur un axe de voie de circulation	Lpmax
	Nom du fichier du tableau $I$ des luminaires	À saisir
$L_v$	Luminance équivalente de voile à partir d'un luminaire	Lv
	Structure de données utilisée pour l'évaluation de la luminance des points du maillage de calcul pour différents emplacements d'observateur transversaux	L(nvoies ; 1 à $n_{xp}$ ; 1 à $n_{yp}$ )
$L_v(i_{la}, i_{yp})$	Luminance équivalente de voile cumulée à partir de tous les luminaires pour un observateur donné	Lv(ila,iyp)
$L_v(i_{la})$	Luminance équivalente de voile cumulée à partir de tous les luminaires pour un observateur sur un axe de voie donné	Lv(ila)
	Nombre de rangées de luminaires	nrangées
$nx_p$	Nombre de points dans la direction longitudinale (longueur de la route, par convention)	nxp
$nyp$	Nombre de points dans la direction transversale (largeur de la route, par convention)	nyp

## EN 13201-3:2015 (F)

**Tableau A.1 — Symboles et désignations correspondantes des variables, tableaux et paramètres utilisés dans le logigramme du programme de calcul (par ordre alphabétique) (3 sur 4)**

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Symboles suggérés des variables, paramètres et structures de données informatiques dans le code source
$n_L$	Nombre de luminaires pris en compte dans le calcul (à définir : voir 7.1.5 pour le calcul des luminances de la route et 8.5 pour le calcul de la luminance de voie dans $f_{TI}$ )	nL
	Nombre de luminaires pris en compte dans le calcul des luminances de la route situés du côté de l'observateur avant le champ de calcul en abscisse	nLavant_champ
	Nombre de luminaires pris en compte dans le calcul des luminances de la route situés au-delà du champ de calcul en abscisse	nLaprès_champ
$N_{voies}$	Nombre de voies de la route	nvoies
	Structure de données du nombre de luminaires inclus dans le calcul de $L_v$ pour l'évaluation de l'augmentation relative au seuil de perception (irangées variant de 1 à nrangées)	nL_TI(irangées)
	Nombre de rangées de luminaires	nrangées
$\vec{n}$	Vecteur glissant unitaire au niveau des yeux de l'observateur actuel dirigé vers sa ligne de vision (un degré en dessous de l'horizon)	
$O_L$	Orientation du luminaire pour le calcul (voir sur la Figure A.1, origine angulaire parallèle à l'axe des origines : $O_x > 0$ [jusqu'à la flèche axe du luminaire => $C=90^\circ$ ])	Ol
$O_v$	Avancée : distance entre le luminaire et le bord le plus proche de la route. $O_v < 0$ si le luminaire est placé en retrait (luminaire en dehors de la chaussée)	Ov
$r(\tan \varepsilon, \beta)$	Coefficient de luminance réduite dans la direction ( $\tan \varepsilon, \beta$ )	r(tanEpsilon, Bêta)
$R_{EI}$	Rapport d'éclairement des abords	EIR
	Nom du fichier du tableau $r$ pour la surface de la route	À saisir
$S$	Interdistance entre les luminaires	S
$E_P$	Éclairement cumulé en un point P donné à partir de plusieurs luminaires	SigmaEP
$L_P$	Luminance cumulée en un point à partir de plusieurs luminaires pour une position de l'observateur	SigmaLP
$U_{oE}$	Uniformité d'éclairement général sur les points du maillage	UoE
$U_o$	Uniformité générale de luminance sur les points du maillage	Uo
$U_l$	Uniformité de luminance longitudinale minimale à partir des axes de toutes les voies de circulation	Ul
$W_{cr}$	Largeur du terre-plein central (le cas échéant)	Wcr
$W_l$	Largeur (commune) des voies de circulation	Wl
$W_r$	Largeur de la chaussée	Wr
$W_s$	Largeur d'une bande	Ws
$x$	Abscisse dans le système de coordonnées (O,x,y) (Figure 16)	x
$y$	Ordonnée dans le système de coordonnées (O,x,y) (Figure 16)	y

**Tableau A.1 — Symboles et désignations correspondantes des variables, tableaux et paramètres utilisés dans le logigramme du programme de calcul (par ordre alphabétique) (4 sur 4)**

Grandeur		
Symbole	Nom ou description	Symboles suggérés des variables, paramètres et structures de données informatiques dans le code source
$z$	Hauteur (positive) au-dessus de la surface plane de la route (origine de l'axe $z$ )	$z$
$x_{Obs}$	Abscisse de l'observateur actuel	$x_{Obs}$
$y_{Obs}$	Ordonnée de l'observateur actuel	$y_{Obs}$
$z_{Obs}$	Hauteur des yeux de l'observateur actuel	$z_{Obs}$
$x_L$	Abscisse du luminaire actuel	$x_L$
	Abscisse minimale du luminaire inclus dans le calcul des luminances (variable complémentaire)	$x_{Lmin}$
	Abscisse maximale du luminaire inclus dans le calcul des luminances (variable complémentaire)	$x_{Lmax}$
$y_L$	Ordonnée du luminaire actuel	$y_L$
$z_L$ ou $H$	Hauteur de feu du luminaire actuel	$z_L$
$x_P$	Abscisse d'un point P actuel du maillage de calcul	$x_P$
$y_P$	Ordonnée d'un point P actuel du maillage de calcul	$y_P$
$z_P$	Hauteur au-dessus de la surface de référence plane du point P actuel du maillage de calcul. Valeur par défaut $z_P = 0$	$z_P$
$\varepsilon$	Angle d'incidence de la lumière au niveau de P sur la surface horizontale	Epsilon
$\beta$	Azimut des tableaux $r$	Bêta
$\gamma$	Élévation photométrique	Gamma
$\theta_k$	Dans le calcul de $L_v$ : angle entre la ligne de vision de l'observateur et la ligne entre les yeux de l'observateur et un luminaire actuel $L_k$ .	Thetak
$\theta_f$	Angle d'inclinaison sur site du luminaire, utilisé pour le calcul (non représenté sur la Figure 16. Origine : niveau horizontal dans le plan vertical orienté par la flèche. Voir également Figure 8 en 6.3)	Thetaf
Dans la dernière colonne du tableau, il est suggéré d'utiliser une désignation ASCII dans le code source des programmes de calculs informatiques.		

NOTE Il est conseillé de ne pas confondre la codification de l'implantation présentée dans ce tableau et les numéros de légende de la Figure 10 en 7.1.4. Sur cette figure, le numéro 2 ne correspond pas à une configuration actuelle et peut être abordé avec le logigramme proposé sous forme de deux installations unilatérales, une par chaussée, en changeant simplement l'avancée des luminaires.

Comme indiqué à l'Article 4, tous les résultats des calculs sont présentés avec un nombre requis de chiffres et de décimales significatifs. L'objectif n'est pas d'exprimer l'exactitude réelle des valeurs mesurées traitées dans l'EN 13201-4, mais de se conformer aux exigences de performance des tableaux de l'EN 13201-2 avec un arrondi autorisé pour la présentation.

## A.2 Interpolation linéaire dans les tableaux

Lorsque l'intensité lumineuse requise ou le coefficient de luminance réduite est compris(e) dans les valeurs mesurées, une interpolation est nécessaire.

**EN 13201-3:2015 (F)**

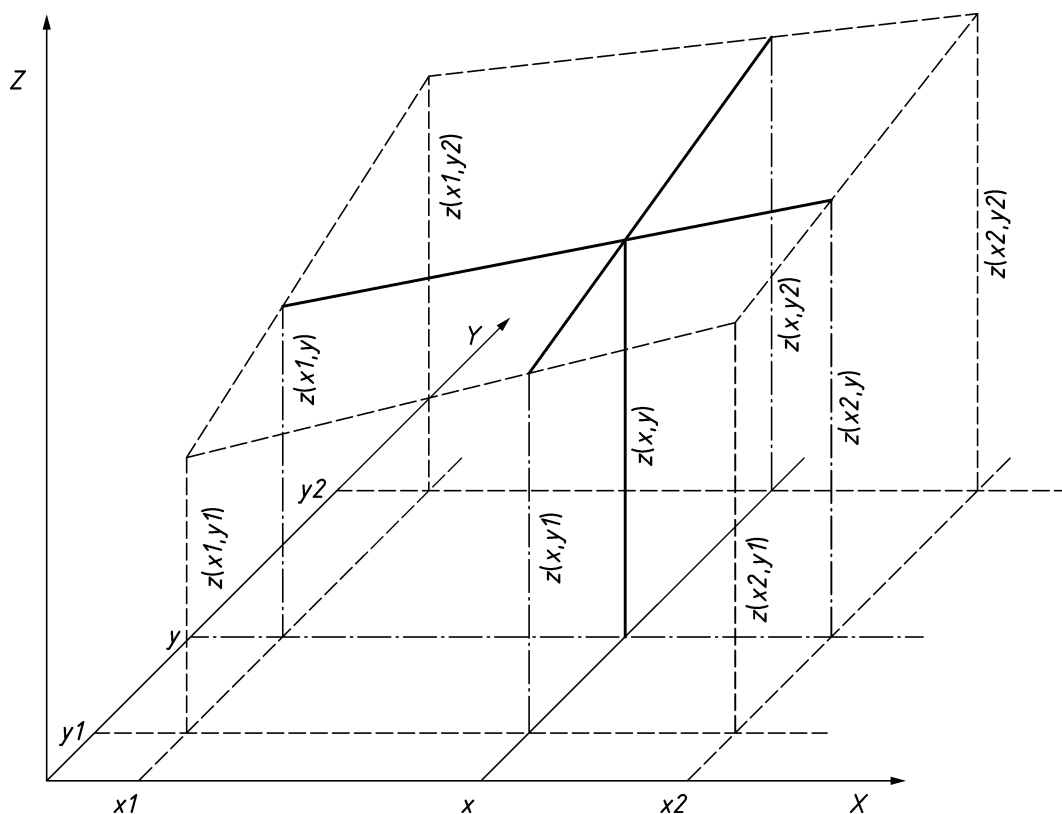
Une valeur  $z(x, y)$  peut être déterminée pour la direction nécessaire  $(x, y)$  tel que montré à la Figure A.2.

Soit :  $z(x1, y1), z(x2, y1), z(x1, y2), z(x2, y2)$

quatre valeurs dans le tableau correspondant à quatre directions définies par les entrées du tableau :

$(x1, y1), (x2, y1), (x1, y2), (x2, y2)$

la plus proche de la direction  $(x, y)$ .



**Figure A.2 — Interpolation linéaire dans les tableaux**

Il est possible d'obtenir  $z(x, y)$  de trois manières équivalentes :

- 1) Une interpolation linéaire entre  $z(x1, y1)$  et  $z(x2, y1)$  qui détermine, pour la direction  $(x, y1)$  une valeur intermédiaire  $z(x, y1)$ , suivie d'une deuxième interpolation entre  $z(x1, y2)$  et  $z(x2, y2)$  donnant une valeur  $z(x, y2)$ . Une troisième interpolation entre  $z(x, y1)$  et  $z(x, y2)$  donne la valeur  $z(x, y)$  recherchée pour la direction  $(x, y)$ .
- 2) Une interpolation linéaire entre  $z(x1, y1)$  et  $z(x1, y2)$  qui détermine, pour la direction  $(x1, y)$  une valeur intermédiaire  $z(x1, y)$ , suivie d'une deuxième interpolation entre  $z(x2, y1)$  et  $z(x2, y2)$  donnant une valeur  $z(x2, y)$ . Une troisième interpolation entre  $z(x1, y)$  et  $z(x2, y)$  donne la valeur  $z(x, y)$  recherchée pour la direction  $(x, y)$ .
- 3) Une régression linéaire directe entre  $z(x1, y1), z(x2, y1), z(x1, y2)$  et  $z(x2, y2)$  dans une seule interpolation.

**Méthode 1 :**

Aux fins des calculs, les formules de calcul générales sont :



$$z_{x,y} - z_{x,y1} \frac{y - y1}{y2 - y1} = z_{x,y2} - z_{x,y1} \quad (\text{A.1})$$

ce qui donne :

$$z_{x,y1} - z_{x1,y1} \frac{x - x1}{x2 - x1} = z_{x2,y1} - z_{x1,y1} \quad (\text{A.2})$$

et :

$$z_{x,y2} - z_{x1,y2} \frac{x - x1}{x2 - x1} = z_{x2,y2} - z_{x1,y2} \quad (\text{A.3})$$

### Méthode 2 :

De la même manière et alternativement pour le dernier cas, en produisant le même résultat :

$$z_{x,y} - z_{x1,y} \frac{x - x1}{x2 - x1} = z_{x2,y} - z_{x1,y} \quad (\text{A.4})$$

ce qui donne :

$$z_{x1,y} - z_{x1,y1} \frac{y - y1}{y2 - y1} = z_{x1,y2} - z_{x1,y1} \quad (\text{A.5})$$

$$z_{x2,y} - z_{x2,y1} \frac{y - y1}{y2 - y1} = z_{x2,y2} - z_{x2,y1} \quad (\text{A.6})$$

### Méthode 3 :

Dans le cas d'une interpolation linéaire, il est également possible de recourir à une régression linéaire directe entre les quatre valeurs mesurées qui constituent une cellule. La formule générale utilisant l'interpolation polynomiale de Lagrange peut être rédigée :

$$z_{x,y} = P_{11} z_{x1,y1} + P_{21} z_{x2,y1} + P_{12} z_{x1,y2} + P_{22} z_{x2,y2} \quad (\text{A.7})$$

Où  $P_{ij} \geq 0$  sont tels que :

$$P_{11} = \frac{(x2 - x)(y2 - y)}{(x2 - x1)(y2 - y1)} \quad P_{21} = \frac{(x - x1)(y2 - y)}{(x2 - x1)(y2 - y1)} \quad P_{12} = \frac{(x2 - x)(y - y1)}{(x2 - x1)(y2 - y1)} \quad P_{22} = \frac{(x - x1)(y - y1)}{(x2 - x1)(y2 - y1)} \quad (\text{A.8})$$

Les programmeurs ont le choix de créer une sous-routine « interpolation » parmi ces trois méthodes équivalentes. Ces sous-routines peuvent être utilisées tant pour les tableaux  $I$  que pour les tableaux  $r$  avec respectivement  $(C, \gamma)$  ou  $(\tan \varepsilon, \beta)$  pour la direction définie  $(x, y)$ .

En tenant compte du format normalisé des tableaux  $r$  défini dans le Tableau 2, des tests de programmation complémentaires sont nécessaires pour éviter d'utiliser les cellules vides. En effet, par défaut, la plupart des langages de programmation assignent des valeurs nulles à ces cellules vides. S'il n'existe pas de test permettant d'exclure le calcul lorsque ces cellules sont incluses à la limite des cellules remplies, l'interpolation qui s'ensuit donne une valeur  $r$  incorrecte (au lieu de rien).

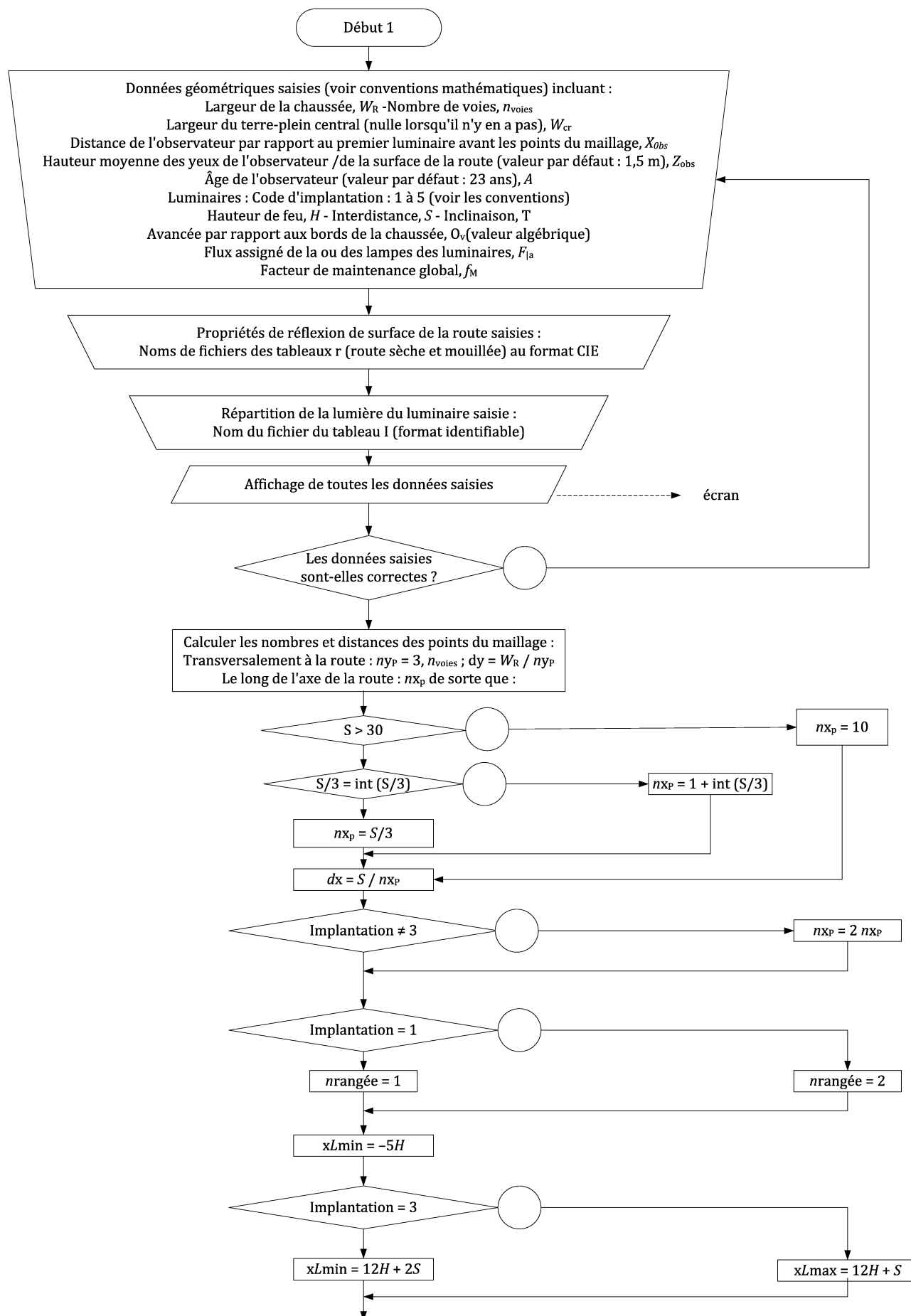
## A.3 Exigences relatives aux technologies de l'information

Pour les logigrammes, il est conseillé aux programmeurs d'utiliser des variables communes et des structures de données redimensionnées tout au long des différentes phases qui sont détaillées dans les différents



**EN 13201-3:2015 (F)**

organigrammes, ainsi que dans les sous-routines. On s'attend à ce que ces organigrammes utilisent des variables globales dont la signification et les valeurs ne changent pas au cours du programme de calcul. Cela signifie que toutes les données saisies ou calculées restent disponibles dans la RAM (mémoire vive) rafraîchie en temps réel dès que le programme de calcul est lancé. Hormis l'édition des données saisies et des résultats de calcul sur l'écran de l'ordinateur, sur une imprimante ou sur un enregistreur, il convient de les conserver dans l'ordinateur soit dans un format spécifique lisible par l'ordinateur ou dans un fichier dans un format PDF (format de document portable) pour garder une trace de la conception de l'éclairage.



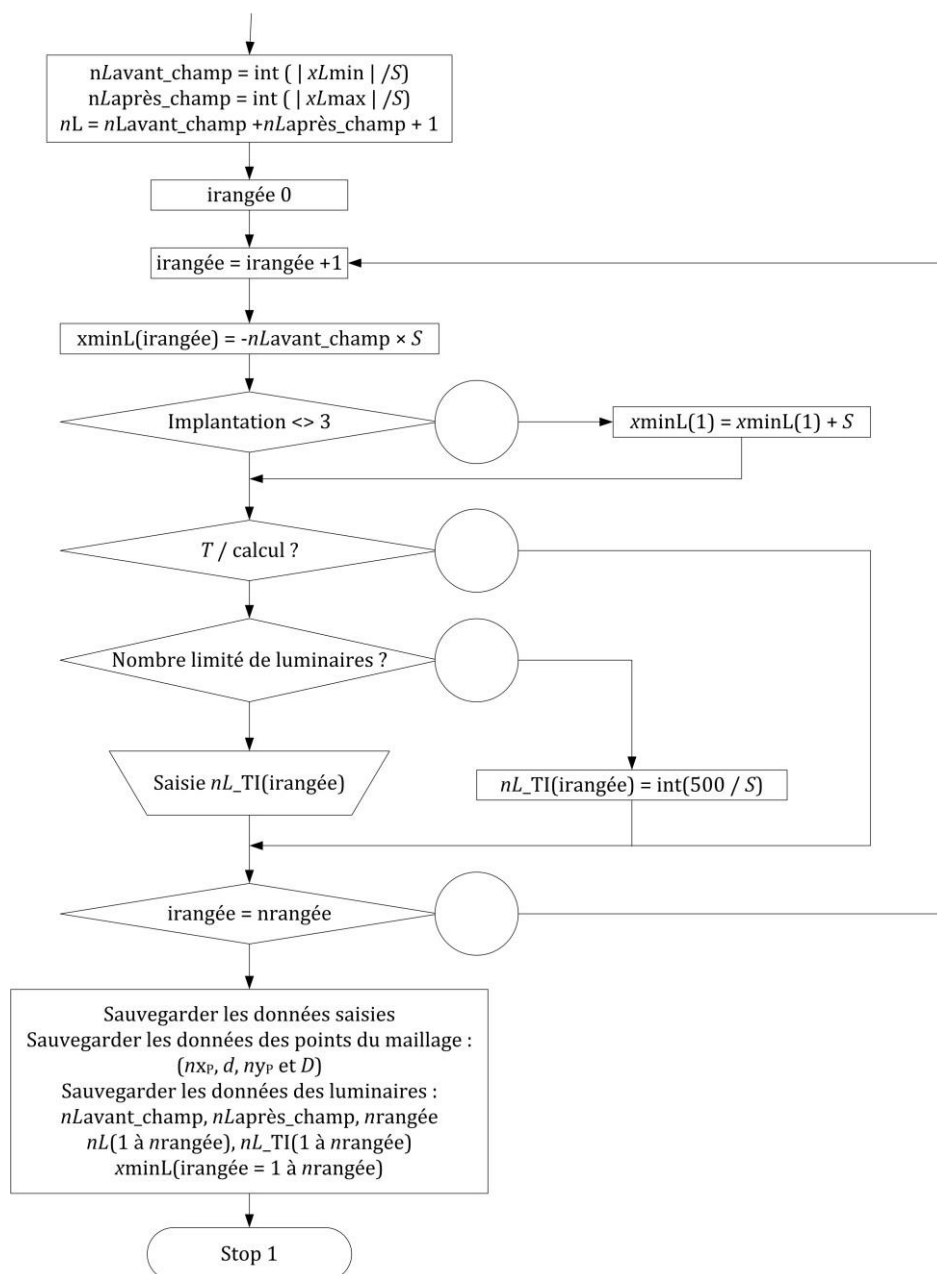
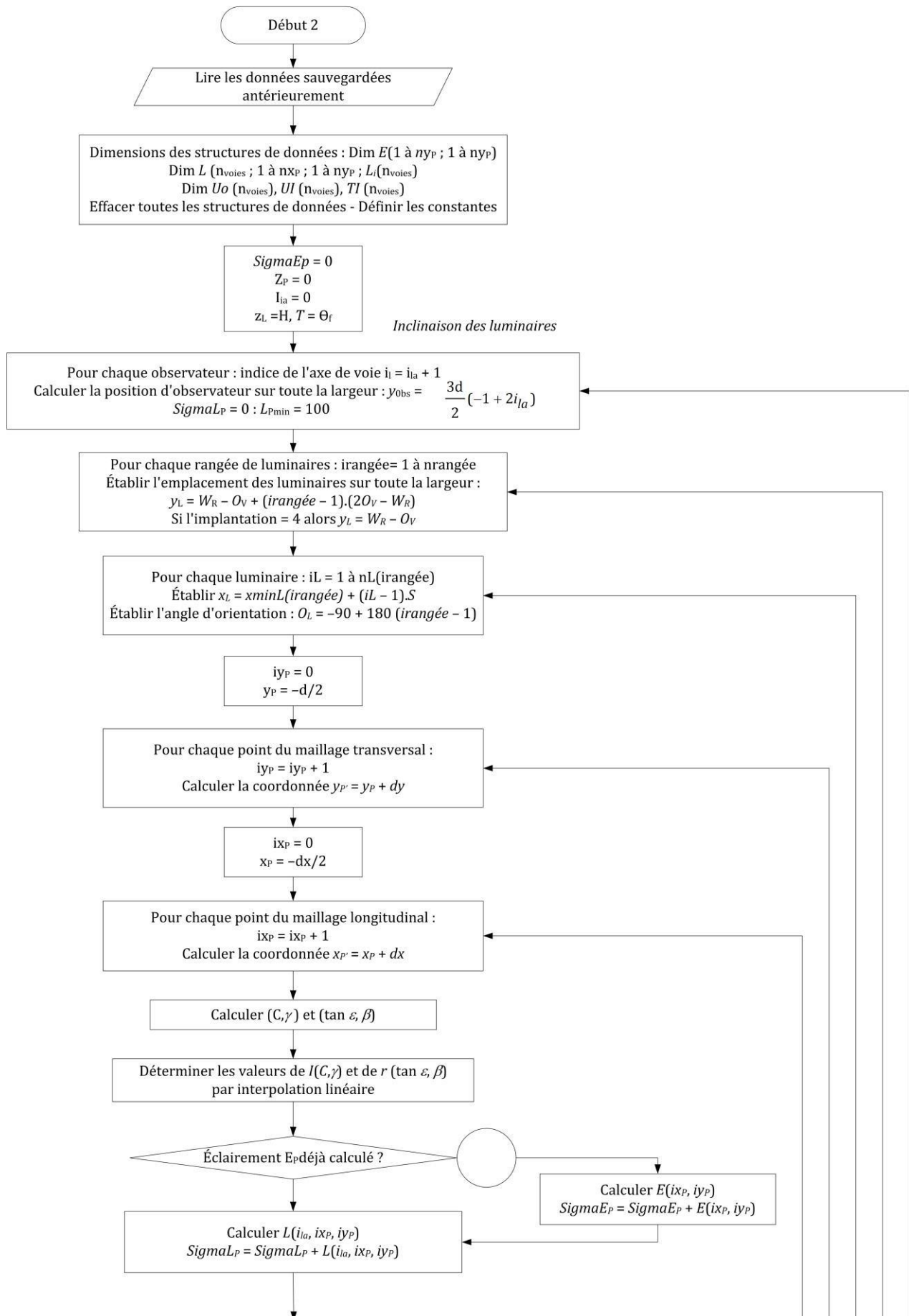


Figure A.3 — Programme normalisé : saisie de données (éditeur)



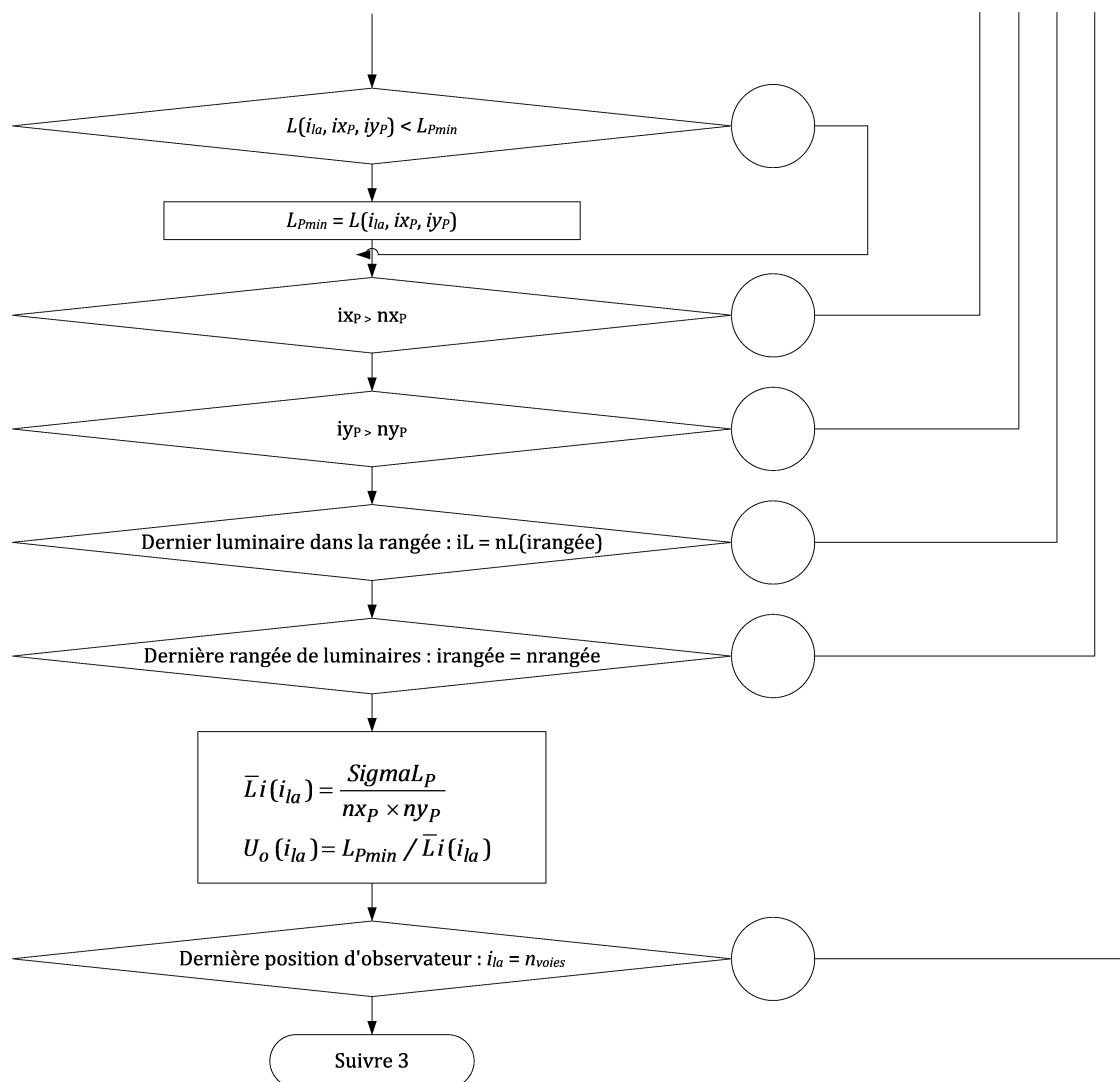


Figure A.4 — Processus de calcul des luminances du point, des éclairagements et de la luminance minimale du point

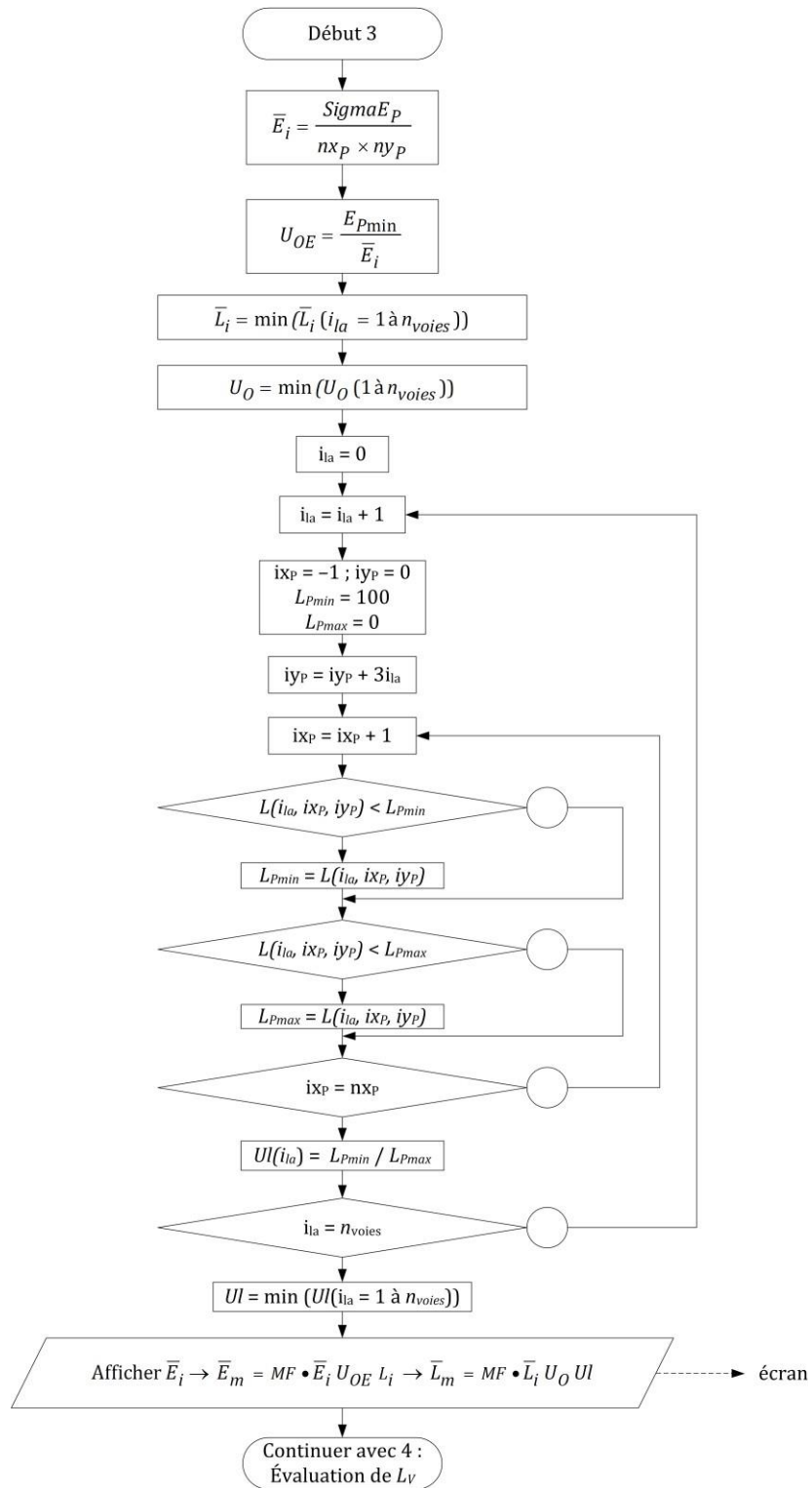
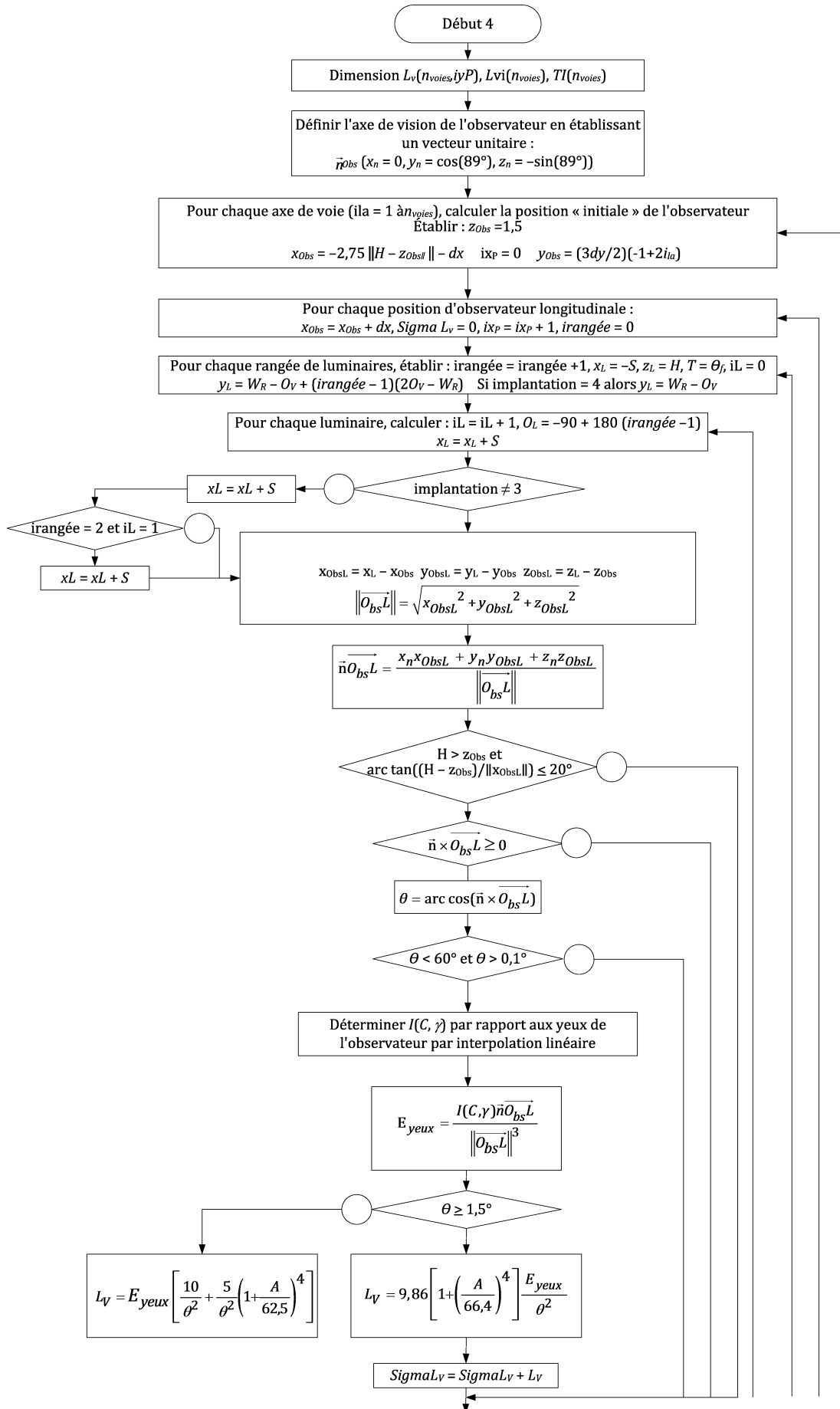
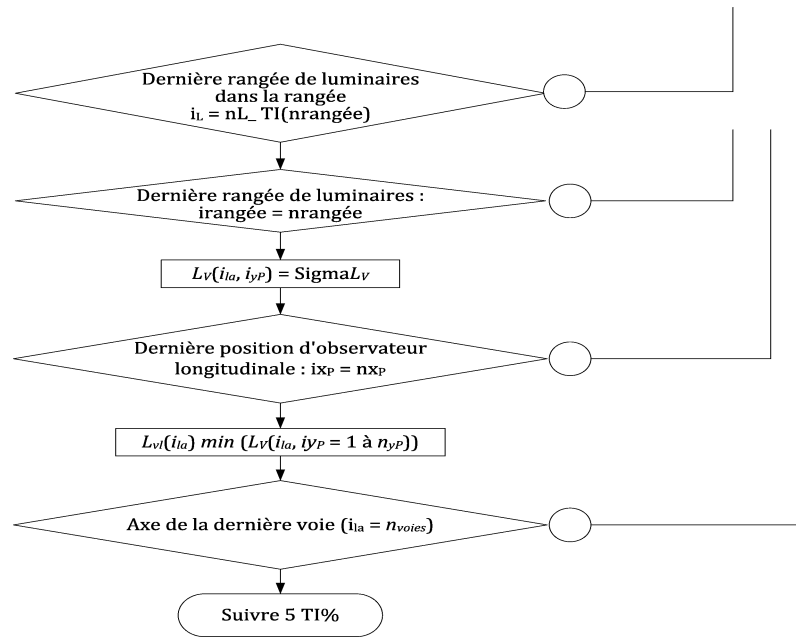
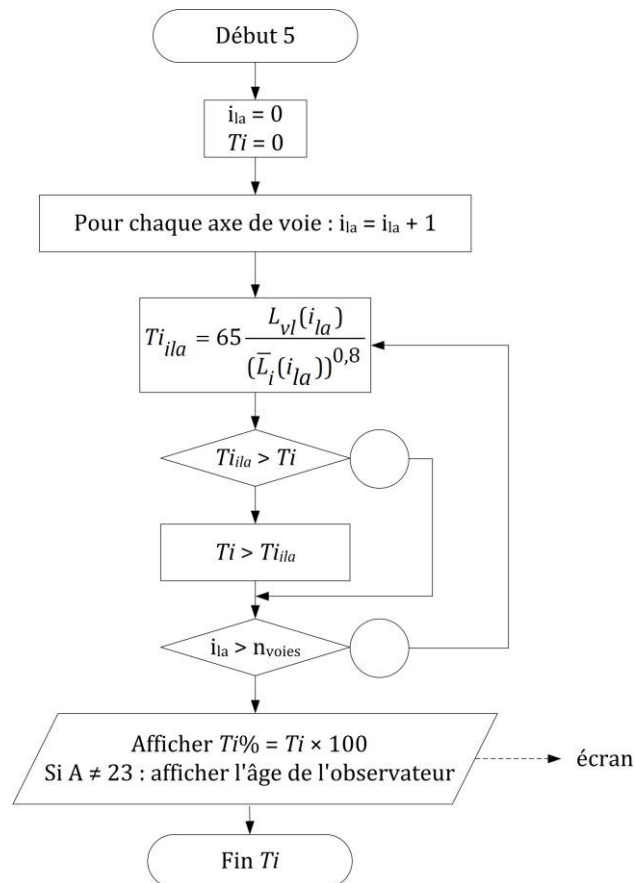
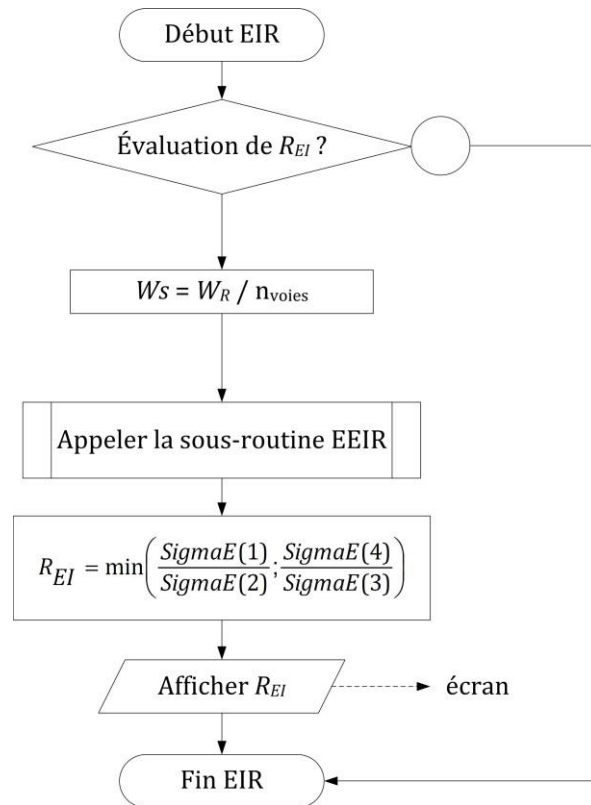


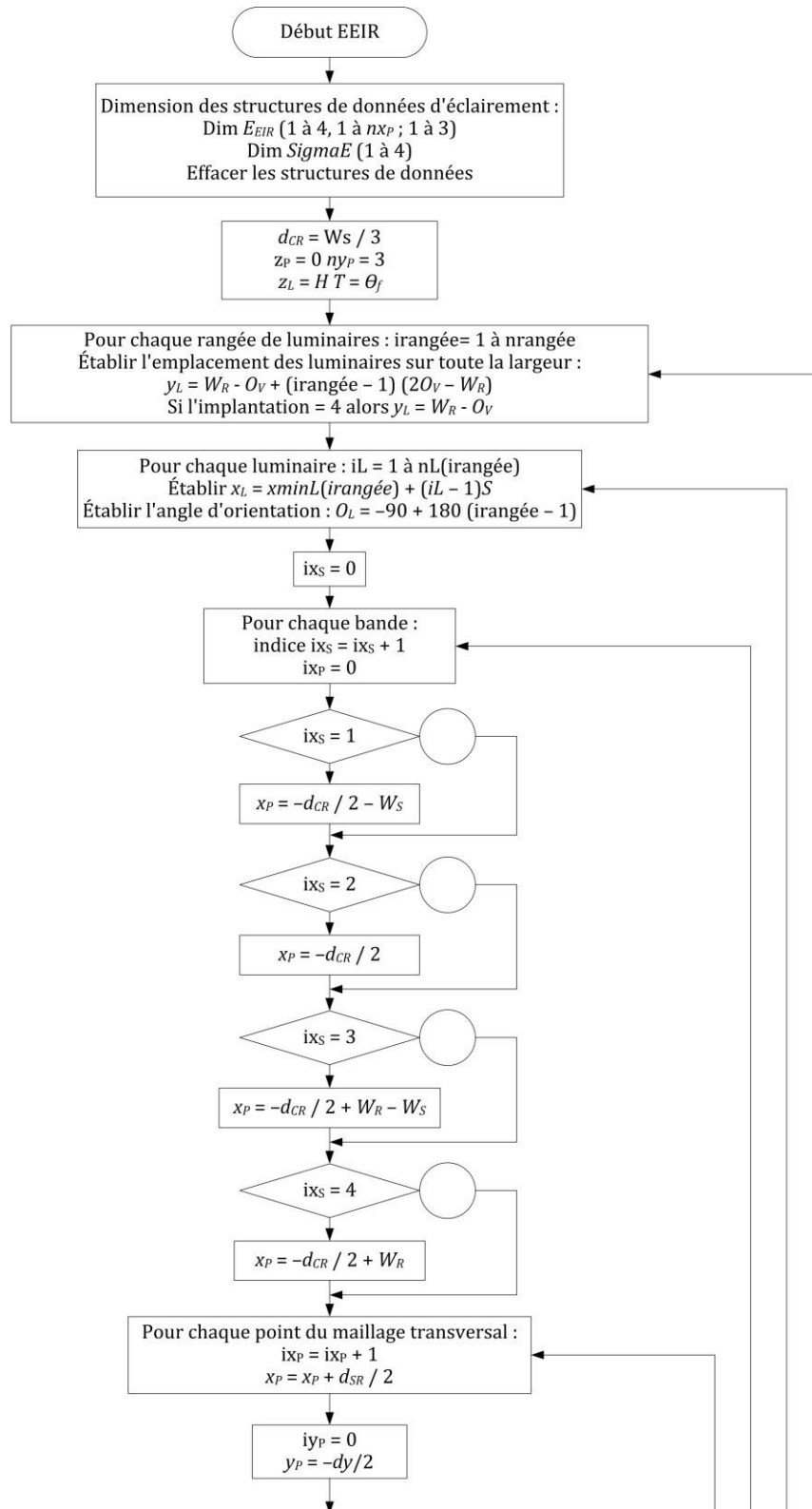
Figure A.5 — Processus de calcul de l'éclairement initial moyen, de l'uniformité générale, de la luminance initiale moyenne





Figure A.6 — Processus de calcul de la luminance de voile (partie de  $f_{Ti}$ )Figure A.7 — Processus de calcul de l'augmentation relative au seuil de perception  $f_{Ti}$

Figure A.8 — Processus de calcul du rapport d'éclairement des abords  $R_{EI}$



## EN 13201-3:2015 (F)

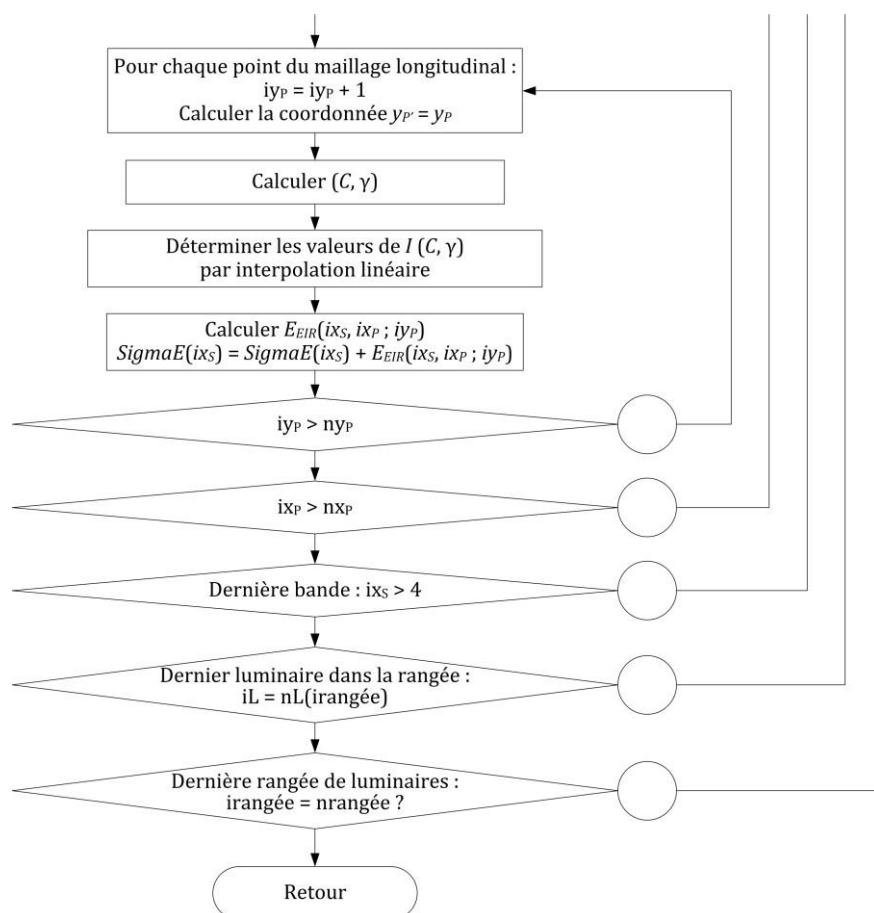


Figure A.9 — Sous-routine pour l'évaluation du rapport d'éclairement des abords

## Annexe B (informative)

### Format de tableau $r$ élargi pour les luminaires à faible hauteur de feu

Il est nécessaire d'utiliser ce format élargi pour  $\tan \varepsilon$  lorsque la hauteur de feu des luminaires est très faible ( $H < 2$  m). Dans ce cas, la distance entre les luminaires et certains points du maillage de calcul est supérieure à  $5H$  ou même à  $12H$  et le Tableau 3 ne peut pas être utilisé, si bien que la luminance à ces points ne peut pas être évaluée.

Tableau B.1 est donc élargi pour  $\tan \varepsilon$  jusqu'à 20, par incrément de 0,5 pour chaque angle  $\beta$  (le nombre et les valeurs des angles  $\beta$  restent identiques à ceux du Tableau 3).

Tout comme dans le Tableau 3 :

toutes les valeurs sont indiquées pour chaque combinaison de couple d'angles ( $\tan \varepsilon ; \beta$ ) mais avec un format d'une décimale ;

les valeurs de ces tableaux correspondent également à  $10^4 \times r (\tan \varepsilon ; \beta)$ .

Les cellules grisées du Tableau B.1 indiquent l'élargissement possible à partir des mesures conventionnelles d'échantillons de surfaces de route dans un laboratoire photométrique. Il convient de noter que des mesures jusqu'à  $\tan \varepsilon = 20$  deviennent nécessaires lorsque la hauteur de feu de la source lumineuse est inférieure à 1 m. Dans ce dernier cas, les mesures ne sont possibles que sur site, sur une section de la surface de la route.

**Tableau B.1 — Intervalles angulaires et directions à utiliser pour la collecte des données de réflexion de la surface de la route pour les tableaux  $r$  élargis utilisés avec des luminaires ou des phares de voitures avec de très faibles hauteurs de feu (1 sur 2)**

$\tan \varepsilon$	$\beta$ en degrés																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
0,75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,25	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1,75	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## EN 13201-3:2015 (F)

**Tableau B.1 — Intervalles angulaires et directions à utiliser pour la collecte des données de réflexion de la surface de la route pour les tableaux r élargis utilisés avec des luminaires ou des phares de voitures avec de très faibles hauteurs de feu (2 sur 2)**

tan $\varepsilon$	$\beta$ en degrés																			
	0	2	5	10	15	20	25	30	35	40	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
5,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
11,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
12,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
13,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
14,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
16,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
17,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
18,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
19,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

## Bibliographie

- [1] CEN/TR 13201-1:2014, *Éclairage public — Partie 1 : Sélection des classes d'éclairage*.
- [2] CIE 66:1984, *Road surfaces and lighting (joint technical report CIE/PIARC)*.
- [3] CIE 140:2000, *Road lighting calculations (pending revision by CIE TC 4.15)*.
- [4] CIE 144:2001, *Road surface and road marking reflection characteristics*.
- [5] CIE 146:2002, *TC 1-50 report: CIE equations for disability glare*.
- [6] CIE S 017/E:2011: *ILV : Vocabulaire international de l'éclairage*.
- [7] LiTG/LTAG Publikation Nr. 14:1991, *Methoden der Beleuchtungsstärke- und Leuchtdichteberechnung für Straßenbeleuchtung*.