



# NOTE D'INFORMATION

CHAUSSEES  
DEPENDANCES

92

Auteur : Groupe national "Caractéristiques de surface des chaussées"

Editeur :



## CARACTERISTIQUES PHOTOMETRIQUES DES REVETEMENTS DE CHAUSSEES

Mars 1997

**L'objectif de cette note d'information est de présenter quelques définitions relatives aux caractéristiques photométriques des revêtements de chaussées.**

**Nécessaires aux éclairagistes pour le calcul des installations d'éclairage, les propriétés photométriques des revêtements de chaussées sont de plus en plus fréquemment prises en compte, par l'ingénieur routier, lors de la conception des ouvrages éclairés et notamment des tunnels.**

Les caractéristiques photométriques d'une surface décrivent le modèle de réflexion de la lumière par la surface (cf. figure 1).

Le revêtement réfléchit une partie de la lumière qu'il reçoit, la **clarté** caractérise ce phénomène. La clarté est d'autant plus élevée que la proportion de lumière réfléchie est grande.

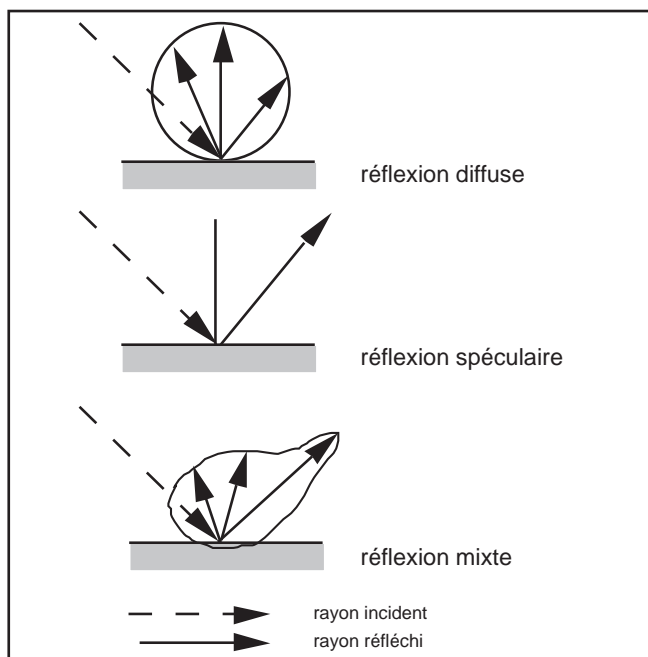


Figure 1 : Les trois modèles de réflexion de la lumière.

La lumière peut être réfléchie de façon **diffuse**, c'est-à-dire qu'elle se propage dans toutes les directions de l'espace quelle que soit son incidence, ou de façon **spéculaire**, c'est-à-dire que le revêtement se comporte comme un miroir et renvoie la lumière dans une direction symétrique de la direction d'incidence.

Les matériaux de chaussées réfléchissent la lumière suivant un modèle de réflexion **mixte**.

La réflexion de la lumière est liée à la texture de la surface, macrotecture et microtexture.

Les caractéristiques photométriques des surfaces routières évoluent dans le temps, sous l'effet du trafic. Dans le cas des chaussées en béton bitumineux, il faut, en fonction de la nature du bitume employé, de 6 à 18 mois pour atteindre un état stable sauf dans le cas où l'on procède, lors de la construction de la chaussée, à un décapage de la surface.

Les caractéristiques photométriques sont évaluées pour des revêtements secs. La présence d'un film d'eau à la surface du matériau fait considérablement augmenter le phénomène de spécularité, et cela d'autant plus que l'épaisseur du film d'eau est grande, par rapport à la rugosité de la surface du revêtement. Actuellement, on ne caractérise pas « photométriquement » les revêtements humides.

Les caractéristiques photométriques sont, aujourd'hui, essentiellement utilisées pour dimensionner les installations d'éclairage public.

## INFLUENCE DES CARACTÉRISTIQUES PHOTOMÉTRIQUES SUR LA PERCEPTION DE LA CHAUSSÉE EN FONCTION DES CONDITIONS D'ÉCLAIRAGE

### Eclairage diurne

Le jour, les caractéristiques photométriques des revêtements ont peu d'influence sur la perception de la chaussée par l'utilisateur.

Quand le soleil est haut sur l'horizon, l'utilisateur n'est sensible qu'à la composante diffuse de la surface, la situation est toujours confortable.

Quand le soleil est bas sur l'horizon et qu'il se situe dans la direction, ou proche de la direction de déplacement de l'utilisateur, le rayonnement direct perçu par l'œil du conducteur l'éblouit.

Quand la composante spéculaire du revêtement est sollicitée, l'intensité réfléchie est si importante que le conducteur est gêné quel que soit le niveau de specularité du revêtement. Ce phénomène est aggravé lorsque la chaussée est mouillée.

### Eclairage par les phares des véhicules la nuit

Les phares éclairent la chaussée sous des incidences quasi rasantes. Si le revêtement est spéculaire la lumière est réfléchie vers l'avant et une très faible quantité de lumière revient vers les yeux du conducteur par rétro-réflexion.

La lumière des phares des véhicules antagonistes est également réfléchie vers l'avant si le revêtement est spéculaire. Le conducteur en vis-à-vis perçoit donc, à la fois le flux lumineux direct des phares et leur reflet sur le revêtement.

Plus le revêtement est spéculaire, plus le reflet devient gênant. Sur une chaussée mouillée, il peut devenir aussi gênant et éblouissant que la lumière provenant directement d'un phare mal réglé.

### Eclairage par les luminaires la nuit

L'éclairage public a pour but d'améliorer la visibilité de la chaussée, des obstacles et des abords.

L'évaluation des caractéristiques photométriques des revêtements est nécessaire pour définir une installation d'éclairage public optimale, c'est-à-dire assurant des niveaux de visibilité conformes aux exigences de la sécurité de l'utilisateur, tout en évitant des erreurs coûteuses [1].

Le choix de certains revêtements, en particulier ceux dont le coefficient de clarté est élevé, peut permettre de réduire la puissance de l'installation d'éclairage public, ce qui tend à diminuer les coûts en général et particulièrement les coûts de fonctionnement.

[1], [2] et [3] cf. Bibliographie p. 4.

## DÉFINITIONS DES CARACTÉRISTIQUES PHOTOMÉTRIQUES DES REVÊTEMENTS DE CHAUSSÉES

### Coefficient de luminance d'un revêtement

La luminance de la chaussée dépend à la fois des propriétés réfléchissantes du revêtement, des caractéristiques géométriques de l'installation d'éclairage, de la distribution des intensités lumineuses émises par les luminaires, et de la position de l'observateur.

Les caractéristiques de réflexion d'une surface sont déterminées par la mesure du **coefficient de luminance**.

Le coefficient de luminance  $q$  est égal au quotient de la luminance  $L$  de la surface par l'éclairement  $E$  de cette surface.

La luminance  $L$  de la chaussée traduit l'impression lumineuse perçue par un observateur regardant cette surface.

L'éclairement  $E$  représente la quantité d'énergie lumineuse reçue par la surface.

$$q = \frac{L}{E}$$

La valeur du coefficient de luminance, des revêtements classiques<sup>(1)</sup> dépend, seulement, de l'angle d'éclairage et de l'angle d'observation de la surface (cf. figure 2). Il est mesuré suivant un protocole [2], [3] établi par la Commission Internationale de l'Eclairage (C.I.E.).

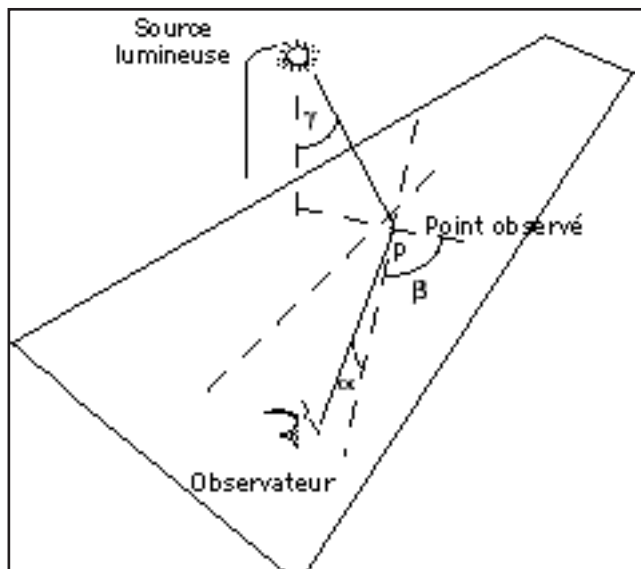


Figure 2 : Les angles  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ .

$\alpha$  = angle d'observation,  
 $\beta$  = angle entre le plan d'éclairage et le plan d'observation,  
 $\gamma$  = angle de la lumière incidente.

Dans le cas de la conduite automobile, le conducteur observe une portion de route située entre 60 mètres et 160 mètres en avant du véhicule. Ses

<sup>(1)</sup> Formule dont le liant est du bitume noir ou un liant hydraulique.

yeux étant placés à une altitude moyenne de 1,5 m par rapport à la chaussée, l'angle  $\alpha$  est donc compris entre  $0,5^\circ$  et  $1,5^\circ$ .

La luminance  $L$ , en un point de la chaussée éclairé par un seul luminaire, est donnée par la relation suivante :

$$L = qE = q \frac{I}{h^2} \cos^3 \gamma = r \frac{I}{h^2}$$

où

$I$  = l'intensité lumineuse du luminaire dans la direction du point considéré,

$h$  = la hauteur du luminaire

$r = q(\beta, \gamma) \cos^3 \gamma$  le coefficient réduit de luminance

Le Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées de Clermont-Ferrand <sup>(2)</sup> est équipé d'un goniophotomètre permettant de mesurer les valeurs du coefficient réduit de luminance suivant les spécifications éditées par la Commission internationale de l'éclairage [2].

### Caractérisation photométrique des revêtements

Pour les applications dans le domaine de l'éclairage public on a défini, à partir des valeurs du coefficient de luminance  $q$ , deux paramètres pour caractériser un revêtement de chaussée :

- le coefficient de clarté  $Q_0$  traduit la proportion d'énergie lumineuse réfléchie par le matériau.
- le coefficient de spécularité  $S_1$  traduit le caractère spéculaire du revêtement (effet miroir). Il correspond à la proportion d'énergie lumineuse réfléchie dans une direction privilégiée.

Une augmentation de la clarté entraîne une augmentation de la luminance moyenne de la chaussée et conduit à une meilleure perception de la route. Une variation de la spécularité agit sur les uniformités en luminance, ce qui peut provoquer une dégradation de la perception de la chaussée.

### Classement photométrique des revêtements

La C.I.E. a défini quatre classes photométriques pour les revêtements, en fonction de la valeur du coefficient de spécularité  $S_1$ . Le tableau 1 indique les valeurs de  $S_1$  retenues pour les 4 classes.

Classe	Condition sur $S_1$
1	$S_1 < 0,42$
2	$0,42 \leq S_1 < 0,85$
3	$0,85 \leq S_1 < 1,35$
4	$1,35 \leq S_1$

Tableau 1 : Les 4 classes de revêtements définies par la C.I.E. en fonction de  $S_1$ .

Les classes 1 et 2 correspondent à des matériaux diffusants, et les classes 3 et 4 à des matériaux spéculaires ou très spéculaires.

Pour permettre le calcul des installations d'éclairage, la C.I.E. a également défini 4 revêtements standard. Dans le cas des revêtements classiques, ces données évitent la mesure systématique du coefficient de luminance. L'éclairagiste usera de son expérience pour choisir le revêtement standard le plus proche du revêtement de la chaussée à éclairer et devra, éventuellement, ajuster la valeur du coefficient de clarté  $Q_0$ . Les revêtements routiers « classiques noirs », en service depuis plus de 6 mois, sont généralement de la catégorie  $R_2$ .

Les valeurs des coefficients de clarté  $Q_0$  et de spécularité  $S_1$  des revêtements standard, sont présentées dans le tableau 2.

Revêtements standards	$Q_0$	$S_1$
$R_1$	0,10	0,25
$R_2$	0,07	0,58
$R_3$	0,07	1,11
$R_4$	0,08	1,55

Tableau 2 : Valeurs des coefficients  $Q_0$  et  $S_1$  pour les 4 revêtements standard définis par la C.I.E.

Le revêtement standard  $R_1$  correspond à un matériau de chaussée clair et diffusant, un béton de ciment par exemple.

Le revêtement standard  $R_4$  correspond à un matériau de chaussée très spéculaire.

Parmi les revêtements modernes, les bétons bitumineux drainants (BBDr) se classent dans la catégorie  $R_4$  à l'état neuf, et dans les catégories  $R_2$  ou  $R_3$  après six mois de mise en service de la chaussée ; le coefficient de clarté  $Q_0$  est de l'ordre de 0,06. Le dimensionnement des installations d'éclairage des chaussées revêtues de BBDr doit donc faire l'objet d'une attention particulière.

On manque actuellement d'informations sur les caractéristiques photométriques des matériaux de chaussées, ainsi que sur les compositions utilisant des quantités plus ou moins importantes de granulats clairs et (ou) un liant synthétique clair. On recommande donc, chaque fois que nécessaire, de procéder à la mesure du coefficient de luminance.

Par ailleurs, l'éclairage d'une chaussée revêtue d'un matériau coloré est un problème complexe qui demande l'intervention d'un expert en éclairage.

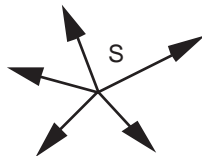
<sup>(2)</sup> LRPC de Clermont-Ferrand - ZI du Brezet - BP 11  
63014 Clermont-Ferrand Cedex - Tél : 04 73 42 10 10

## GLOSSAIRE

### Grandeurs et unités relatives à la caractérisation photométrique des revêtements de chaussées

- **Flux énergétique**  $\Phi_e$

Puissance émise, transmise, ou reçue sous forme de rayonnement.



Unité : W (watt)

- **Flux lumineux**  $\Phi_v$

Grandeur dérivée du flux énergétique par l'évaluation du rayonnement d'après son action sur un récepteur sélectif, dont la sensibilité spectrale est définie par les efficacités lumineuses relatives spectrales normalisées.

$$\Phi_v = K_m \int_0^\infty \frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda$$

où  $\frac{d\Phi_e(\lambda)}{d\lambda} d\lambda$  est le flux énergétique correspondant aux radiations comprises entre  $\lambda$  et  $\lambda + d\lambda$ ,

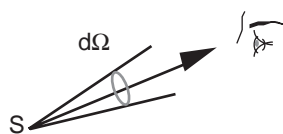
$V(\lambda)$  est l'efficacité lumineuse relative spectrale et  $K_m = 683 \text{ lm w}^{-1}$  pour  $\lambda = 555 \text{ nm}$ .

Unité : lm (lumen)

- **Intensité lumineuse I d'une source dans une direction donnée**

Quotient du flux lumineux  $d\Phi_v$  quittant la source et se propageant dans un élément d'angle solide  $d\Omega$  contenant la direction donnée, par cet élément d'angle solide.

$$I = \frac{d\Phi_v}{d\Omega}$$



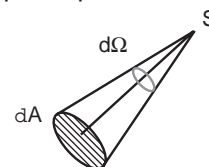
Unité : cd (candela)

- **Eclairement E en un point de surface**

Quotient du flux lumineux  $d\Phi_v$  reçu par un élément de la surface contenant le point, par l'aire  $dA$  de cet élément.

$$E = \frac{d\Phi_v}{dA}$$

Unité : lx (lux) = lm m<sup>-2</sup>

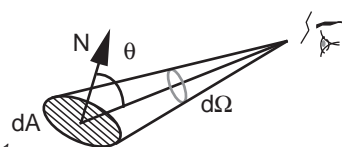


- **Luminance L dans une direction donnée en un point donné d'une surface**

Grandeur définie par la formule suivante :

$$L = \frac{d\Phi_v}{dA \cos \theta d\Omega} = \frac{dI}{dA \cos \theta}$$

où  $d\Phi_v$  est le flux lumineux transmis par un faisceau élémentaire passant par le point donné et se propageant dans l'angle solide  $d\Omega$  contenant la direction donnée ;  $dA$  est l'aire d'une section de ce faisceau au point donné ;  $\theta$  est l'angle entre la normale à cette section et la direction du faisceau.



Unité : cd m<sup>-2</sup> = lm m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>

### BIBLIOGRAPHIE

- [1] Association Française de l'Eclairage, *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*, LUX, 1988, 202 p.
- [2] Commission Internationale de l'Eclairage, *Calculation and measurement of luminance and illuminance in f lighting*, Publication CIE 30 - 2 (TC - 4.6), 1982, 159 p.
- [3] Commission Internationale de l'Eclairage et Association Internationale Permanente des Congrès de la Route, *Road surfaces and lighting*, Joint technical report CIE/PIARC, 1983, 70 p.

### Cette note a été rédigée par :

Corinne BRUSQUE - LCPC  
Jean MENARD - LRPC ROUEN  
Jean PEYBERNARD - LCPC  
et les membres du sous-groupe PROPRIETES PHOTOMETRIQUES du groupe national "Caractéristiques de surface des chaussées"

S.E.T.R.A. 46, avenue Aristide Briand - B.P. 100 - 92223 BAGNEUX Cedex - France

☎ 01 46 11 31 31 - Télécopie 01 46 11 31 69 - 01 46 11 34 00

Renseignements techniques : J. PEYBERNARD - LCPC - ☎ 01 40 43 53 70

P. DUPONT - SETRA/CSTR - ☎ 01 46 11 34 07

Bureau de vente : ☎ 01 46 11 31 55 - 01 46 11 31 53 - référence du document : **D9708**

Ce document a été édité par le SETRA, il ne pourra être utilisé ou reproduit même partiellement sans son autorisation.

### AVERTISSEMENT

Cette série de documents est destinée à fournir une information rapide. La contrepartie de cette rapidité est le risque d'erreur et la non exhaustivité. Ce document ne peut engager la responsabilité ni de son auteur ni de l'administration.

Les sociétés citées le cas échéant dans cette série le sont à titre d'exemple d'application jugé nécessaire à la bonne compréhension du texte et à sa mise en pratique.

ISSN en cours