

Eclairage public et visibilité routière

Comment les praticiens définissent-ils la qualité d'une installation d'éclairage public ?

Roland Brémond

Laboratoire Central des ponts et Chaussées

L'atelier « Visibilité » organisé au LCPC le 20/12/2005 a pour but de clarifier les différentes notions utilisées par les acteurs du RST (praticiens et chercheurs) autour de ce concept un peu vague de « visibilité routière ». On présente dans cette note les principaux concepts utilisés dans la littérature en éclairage public pour décrire la qualité des installations, en rapport avec les performances visuelle des usagers de la route. On essaye également de discuter de ce qui fait la pertinence de ces concepts pour les praticiens.

Cette note est divisée en 5 parties. La première replace la notion de visibilité parmi les concepts utilisés en éclairage. La seconde partie décrit les modèles de visibilité de cible, et la troisième partie l'usage du concept de luminance. La quatrième partie discute de raisons des multiples définitions rencontrées, et la conclusion insiste sur une source possible de malentendu concernant la visibilité. Pour des raisons de lisibilité du document, les aspects techniques ont été repoussés dans des notes de bas de page.

1. Visibilité et performance visuelle

L'objectif de cette note, rédigée à l'attention de non spécialistes, est de préciser le sens des concepts de visibilité utilisés en éclairage public sur la base de la littérature technique et scientifique¹, et d'en tirer quelques leçons par rapport à d'autres concepts de visibilité, utilisés dans d'autres contextes.

Pour les éclairagistes, la visibilité n'est pas un concept autonome : c'est un moyen parmi d'autres qui est utilisé pour juger de la qualité d'une installation d'éclairage et répondre à la question : « l'espace public est-il bien éclairé ? ». On doit donc l'envisager à partir de la fonction qu'il remplit pour eux, et donc le comparer aux autres concepts utilisés par les praticiens².

La visibilité est un des principaux concepts utilisés pour qualifier l'éclairage sur le plan des performances visuelles, par opposition aux critères d'apparence visuelle. Pour mémoire, les performances sont liées à la réussite d'une tâche spécifique (tâche visuelle, comme la lecture d'un panneau, ou tâche d'activité, comme l'évitement d'un obstacle), par opposition aux indicateurs d'apparence (luminosité, brillance, esthétique, etc.) qui sont des jugements de valeur subjectifs que l'on ne peut pas référer à une valeur de vérité³.

Dans cette note, on ne s'intéresse qu'aux critères de performance visuelle qui sont utilisés par les éclairagistes pour fonder leurs pratiques. On examinera d'abord les critères fondés sur des modèles de

¹ Les sources principales utilisées ici sont la *Commission Internationale de l'Eclairage* (division 4 : *lighting and signalling for transport*) et les recommandations de l'*Association Française de l'Eclairage*.

² En Europe, le texte de référence est la norme européenne EN 13201. Les principaux critères portent sur l'éclairement et la luminance. En France, les textes de référence sont la norme EN 13201 (2005) et les recommandations de l'AFE (2002). Les principaux critères sont les mêmes. Aux USA, le texte de référence est ANSI/IESNA RP-8-00. Les critères sont l'éclairement, la luminance et le « STV ».

³ Par exemple, on ne peut pas donner objectivement raison ou tort à quelqu'un qui juge un objet plus ou moins brillant, plus ou moins beau.

détection de cible (notamment le modèle STV)⁴ avant d'aborder ceux qui sont fondés sur des niveaux photométriques (éclairage, luminance). On discutera ensuite des atouts et des limites des différentes classes de modèle, et des critères selon lesquels on peut les apprécier.

2. Small target visibility

A. Seuil de détection

L'idée générale des modèles de visibilité de cible, en éclairage routier, est de caractériser la performance d'une installation d'éclairage par le fait qu'elle permet plus ou moins bien à l'automobiliste de voir une petite cible (*small target*) située sur la route, à une distance correspondant à la zone de prise d'information. Cela peut s'interpréter en termes de sécurité routière : il s'agit d'optimiser l'installation d'éclairage par rapport à une tâche visuelle critique vis-à-vis d'un certain risque routier, ici une collision avec un obstacle.

Ces modèles de visibilité s'appuient sur des travaux de H. R. Blackwell⁵ sur la détection du contraste. Des expérimentation en laboratoire sur des milliers de sujets, qui devaient détecter une cible ronde se détachant sur un fond uniforme, ont permis de modéliser la performance du système visuel humain « moyen » pour une tâche standard de détection⁶.

Pour une tâche différente de la tâche standard (par exemple, une tâche de conduite, la lecture d'un document, etc.) il est nécessaire d'adapter le modèle à la spécificité de la tâche. Le rapport CIE 19/2 propose une méthodologie⁷, mais encore faut-il rassembler les données pertinentes pour le domaine d'intérêt.

B. Visibility level

Pour la visibilité routière, les modèles calculent le seuil de visibilité d'une petite cible posée sur la chaussée, à partir de la sensibilité au contraste du système visuel humain. La luminance d'adaptation est assimilée à la luminance de la chaussée autour de la cible.

Dans le modèle proposé par W. Adrian (1989) on définit le niveau de visibilité (*Visibility Level*, VL) comme le rapport entre le contraste de luminance observé ΔL (entre la cible et le fond) et le contraste seuil. VL=1 correspond à une cible juste perceptible pour la tâche de référence (tâche de détection assimilée à celle de Blackwell). Pour prendre en compte le décalage entre cette tâche visuelle conventionnelle et la tâche de conduite, un niveau VL=7 est recommandé⁸ pour qu'on puisse qualifier l'éclairage de satisfaisant (c'est-à-

⁴ Les critères liés à l'éblouissement, qui sont présents dans la plupart des modèles, ne sont pas présentés ici dans un souci de simplification. On ne présente pas non plus la problématique de l'éclairage piétonnier, associée au critère de l'éclairage semi-cylindrique.

⁵ Il a produit une grande quantité de données, (Cf. *contrast threshold of the human eye*, 1946) qui font référence pour la CIE.

⁶ Les modèles de visibilité utilisent une notion clé : la luminance d'adaptation. C'est le « niveau lumineux » auquel l'œil est adapté au moment de la tâche visuelle qui est étudiée. Dans le cas d'un fond uniforme, c'est la luminance de fond. Dans le cas d'un fond hétérogène, plusieurs définitions sont possibles, en particulier celle de Moon & Spencer (1943). La CIE a fait le constat en 1999 (Shinoda, CIE 135/5) que l'état des connaissances ne permet pas de fonder scientifiquement une notion de luminance d'adaptation pour des fonds complexes.

⁷ A partir d'un indicateur RTP (*relative task performance*) combinant les processus visuels mis en œuvre dans la tâche considérée (vision « cognitive », fixations oculaires et saccades oculaires).

⁸ Cf. par exemple les recommandations de l'AFE, 2002. Ce niveau de 7 est principalement retenu sur la base d'une étude sur piste de Gallagher & Mc Guire (1975) avec des cibles coniques, étude commentée par Blackwell (1976) puis par Adrian (1987). Cette valeur est à comprendre comme un niveau en dessous duquel les performances visuelles ne permettent pas une conduite sûre dans une tâche de conduite. L'étude citée ne considérait pas directement le VL mais un indicateur relativement proche, l'indice de visibilité (*visibility index*, noté VI).

dire pour que l'éclairage permette aux automobiliste d'éviter les obstacles de petite taille, donc *a fortiori* de grande taille).

Dans ce modèle, un certain nombre de paramètres sont fixés⁹ de manière à rendre le concept opérationnel (mesurable) : taille de la cible, distance d'observation, hauteur d'observation, facteur de réflexion de la cible, temps d'observation, âge de l'observateur, polarité du contraste, probabilité de détection associée au seuil de contraste¹⁰. Une méthode de mesure du VL est proposée dans un rapport CIE¹¹.

A partir du niveau de visibilité, la notion d'indice de performance visuelle (*visual performance index*, noté VPI) a été proposée¹². Cet « indice », conçu essentiellement pour l'éclairage intérieur, intègre la distribution des « disponibilités » et des « exigences » des niveaux de visibilité dans la zone d'intérêt, en relation avec la tâche visuelle considérée.

C. Sphère versus Carré

J. Lecocq a fait un certain nombre de critiques au modèle STV, la principale étant la forme plane de la cible qui ne lui semble pas pertinente par rapport à un obstacle réel. Il propose un modèle plus complexe dans lequel la cible est sphérique¹³.

Il propose également de lier la durée d'observation à la vitesse pratiquée¹⁴, et de ne pas se limiter à une distance conventionnelle, mais de prendre en compte une section de la route devant l'observateur, dont la dimension dépend de la vitesse pratiquée¹⁵. Concernant la réflectance de la cible, il juge préférable d'explorer le domaine de réflectance entre 0,05 et 0,6 plutôt que d'utiliser une valeur arbitraire¹⁶. En ce qui concerne l'âge de l'observateur, il note que le CETU¹⁷ recommande de prendre en compte un usager de 50 ans, ce qui modifierait sensiblement les seuils de visibilité¹⁸.

⁹ Les valeurs utilisées par W. Adrian dans sont :

- Cible carrée disposée verticalement, de 18 cm de côté.
- Distance de la cible : 83 mètres (la cible mesure environ 10° d'arc, soit 0,003 rad.).
- Réflectance de la cible : 20% [dans Raybham, LRT 2004, la valeur citée est de 33%].
- Durée d'observation : 200 ms.
- Hauteur de l'observateur : 1,45 mètres.
- Âge de l'observateur : 20 ans.
- Contraste négatif (cible plus sombre que le fond, appelé aussi « silhouette »).

¹⁰ Il s'agit de définir la probabilité de détection pour VL=1. Classiquement, en psychophysique, on utilise des seuils correspondant à une probabilité de 50% de détection. Adrian utilise dans le *draft* du TC 4.36 une probabilité de 99,93%. Le choix d'une valeur ou d'une autre revient à multiplier le contraste seuil par une constante.

¹¹ Dans CIE 115 (1995) et IESNA, cette définition opérationnelle du VL conduit à définir une grille de points (latérale) et à évaluer une installation d'éclairage à partir d'une moyenne (pondérée) des VL mesurés sur cette grille.

¹² Dans le rapport 19.2 de la CIE (1972).

¹³ Cette sphère a un diamètre de 20 cm, de manière à ce que sa surface apparente soit la même que celle du carré précédent. Elle est découpée en 25 facettes pour les besoins du calcul. Si le contraste est suffisant, deux régions sont différenciées sur la sphère (une région claire, une région sombre). Plusieurs niveaux de visibilité sont alors calculés : visibilité intrinsèque (entre les deux parties de la cible) et visibilité de chaque partie par rapport à la chaussée.

¹⁴ Par exemple 200 ms. à 130 km/h, mais 300 ms. à 90 km/h et 400 ms. à 50 km/h.

¹⁵ Par exemple, à 80 km/h, il propose une grille de calcul allant de 60 à 100 m. devant l'observateur.

¹⁶ 20% dans le modèle d'Adrian.

¹⁷ *Centre d'Etudes des Tunnels*, service central du Ministère de l'Équipement.

¹⁸ 30% de baisse de performance.

D. Equivalent Sphere Illuminance

La notion d'éclairage sphérique équivalent (*Equivalent Sphere Illuminance*, noté ESI) a été développée dans le contexte de l'éclairage intérieur. Pour mémoire, elle vise à définir une qualité de l'éclairage en termes de performance visuelle à travers un indicateur qui ramène l'ensemble de l'éclairage du site à un éclairage sphérique à l'endroit d'intérêt (celui qui correspond à la tâche visuelle pertinente). Cet indicateur utilise des données d'entrée du même type que le niveau de visibilité, mais il est plus général : dans la mesure où la tâche visuelle n'est pas explicitement spécifiée, le contraste de luminance n'est pas présent en tant que tel dans l'indicateur.

E. Revealing power

le « *revealing power* » est un concept des années 1930¹⁹ que l'on peut traduire maladroitement par *pouvoir révélateur* (sous-entendu : des obstacles sur la chaussée éclairée). Si l'on n'a pas peur des anachronismes, on peut voir ce concept comme une critique de l'arbitraire²⁰ concernant la réflectance de la cible dans le modèle STV²¹. L'idée est que plutôt que de prendre une valeur arbitraire, il vaut mieux considérer une distribution de probabilité représentative des obstacles réellement susceptibles de se trouver sur la route²². Cette distribution de probabilité est associée aux facteurs de réflectance des objets susceptibles d'être rencontrés²³.

A partir de cette idée, on caractérise la performance de l'installation d'éclairage comme la probabilité qu'une cible (représentative d'un obstacle réel, au sens de la distribution de probabilité) se détache sur la chaussée avec un niveau de visibilité donné (par exemple VL=7). Cela implique notamment de prendre aussi en compte les contrastes positifs (cibles claires), ce que ne fait pas le modèle d'Adrian.

3. Luminance

A. Classification

Dans le domaine routier, en France²⁴, la qualité de service d'une installation d'éclairage (pour l'utilisateur) est exprimée en termes d'éclairage et de luminance²⁵. Les paramètres qui sont pris en compte pour fixer les exigences sont le trafic (nombre de véhicule/jour), la densité d'intersection, le type de voie, les conditions atmosphériques, l'existence de chaussées séparées. Certains de ces paramètres ne sont pas quantifiables, et doivent être estimés qualitativement (sur une grille du type [faible | moyen | élevé]). Le gestionnaire routier évalue, ensuite, la fonction principale assignée à l'éclairage (ou à la voie) : stationnement, aide à la navigation, cyclistes, trafic, sécurité des personnes, ambiance urbaine, etc.

A partir de ces éléments, la voie est classée dans une catégorie. Les exigences minimales²⁶ sont ensuite données pour chaque catégorie de voie, en termes de luminance (en moyenne ou en uniformité), d'éblouissement²⁷ et d'éclairage des abords²⁸.

¹⁹ Il a été proposé par Waldram en 1938, et exhumé dans le *draft* du TC 4.36 par K. Narisada.

²⁰ Arbitraire également relevé par J. Lecocq, Cf. paragraphe 2.C.

²¹ la réflectance γ est fixée à 20% sans justification véritable : elle est sensée être représentative d'un obstacle quelconque...

²² Waldram utilise une fonction de distribution proposée par Smith (1938) sur la base des coefficients de réflexion mesurés sur les vêtements américains de l'époque. Cette référence n'est plus très pertinente.

²³ Dans le même esprit, on pourrait s'intéresser à la distribution de probabilité des tailles ou des couleurs des objets (ou des personnes, animaux, etc.) rencontrés sur la route.

²⁴ et en Europe, avec la norme EN 13 201.

²⁵ La norme n'impose pas d'éclairer les voies, mais elle dit comment les éclairer si on décide de le faire.

²⁶ Niveaux à maintenir.

L'éclairage (moyen et uniformité) est utilisé, par défaut, quand la géométrie de mesure standard²⁹ de la luminance n'est pas réaliste (c'est le cas par exemple pour les giratoires, ou dans le domaine urbain).

B. Seuils de performance

La norme européenne comme les recommandations françaises sont fondées sur une classification descriptive de la voirie et de ses usages. Le lien entre cette classification et des seuils de performance visuelle (ou des tâches visuelles) n'est pas explicite dans les recommandations, et il n'est pas direct.

En effet, ces seuils ne sont pas fixés à partir de références psycho-physiques : ils sont avant tout le résultat d'un consensus d'experts à partir des pratiques de chaque pays³⁰. Ces documents sont donc dans une autre démarche que celle des STV. Ils ne se focalisent pas sur une tâche visuelle exclusive, et incluent sur d'autres critères liés à l'usage, à d'autres tâches visuelles, à l'éblouissement³¹ ou au trafic³², ainsi que des critères économiques.

C. Mesure

Lorsqu'on exprime une exigence en uniformité des luminance, le choix de la grille de calcul (et de la grille de mesure, pour la réception de l'installation d'éclairage) a une influence sur le résultat. Les recommandations fixent donc des grilles standard³³. Une méthode simplifiée (dite du rapport **R**) a été développée afin de faciliter les calculs. Il s'agit de passer des exigences exprimées en luminance à des exigences exprimées en éclairage (plus faciles à mesurer), ce qui implique de connaître les caractéristiques photométriques des chaussées³⁴.

4. Critères de pertinence

A. Problématique

Pourquoi tant de critères ? pourquoi évoluent-ils ? c'est que les praticiens ont besoin de trouver le meilleurs compromis entre deux contraintes essentielles : avoir des critères qui soient mesurables (de manière raisonnablement simple et peu coûteuse), et que ces critères soient corrélés à une notion de qualité de service pour les usagers.

Cette qualité de service, pour pouvoir être évaluée par les praticiens (par exemple à la mise en service d'une installation, ou à partir d'un projet d'éclairage), demande une définition objective, et opérationnelle

²⁷ *Threshold Increment* (TI).

²⁸ A travers le *surround ratio* (SR), rapport entre l'éclairage de la chaussée et celui des abords. Il ne semble pas que les niveaux recommandés pour le SR soient fondés sur des études en sciences de la vision.

²⁹ En particulier, l'observation de la chaussée sous 1°, qui implique un linéaire relativement important.

³⁰ ce qui ne les empêche pas, bien entendu, de tenir compte de critères de visibilité ou d'acuité, mais comme un élément parmi d'autres dans les pratiques.

³¹ plus le niveau lumineux ambiant est élevé, moins l'éblouissement dû à une source lumineuse donnée est nuisible.

³² en France, une circulaire du Ministère de l'Équipement de 1974, toujours en vigueur même si elle n'est pas appliquée, propose des seuils de trafic pour décider de l'opportunité d'éclairer sur les voies rapides urbaines et sur les autoroutes de liaison.

³³ la grille de mesure est un sous-ensemble de la grille de calcul.

³⁴ Le coefficient de luminance est noté $q=L/E$. Pour une géométrie d'observation standard (sous 1°), la CIE définit des facteurs qui se déduisent de la BRDF de la chaussée : q_0 (clarté) et S_1 (spécularité). A partir de ces facteurs, elle propose une typologie des chaussées (R1, R2, R3 et R4) qui permet, pour une chaussée donnée à éclairer, de lui attribuer une classe, et d'utiliser dans les calculs d'éclairage une indicatrice moyenne de la classe, qui est proposée par la CIE. Le « rapport **R** » est le rapport entre éclairage et luminance moyens.

(mesurable). En même temps, les concepts sous-jacents (visibilité, tâche visuelle, confort visuel, etc.) sont subjectifs, au sens où ils sont liés à la perception des sujets (en général, des automobilistes). Les praticiens éprouvent donc le besoin d'objectiver des concepts subjectifs, mal définis, et qui varient d'un individu à l'autre, d'une situation à l'autre.

Ce programme, énoncé ainsi, semble sans espoir. Mais les ingénieurs sont gens de ressources : plutôt que de se décourager, ils cherchent la moins mauvaise approximation étant données les contraintes.

B. Démarche opérationnelle

De ce point de vue, la démarche habituellement utilisée par les « théoriciens des pratique » pour trouver ce compromis peut se décomposer en plusieurs niveaux :

1. définir l'enjeu principal (dans le cas de l'éclairage routier, il s'agit en général de la sécurité de la conduite automobile) ;
2. choisir une tâche visuelle pertinente pour juger de cet enjeu (par exemple, la détection d'une cible sur la chaussée) ;
3. choisir un modèle descriptif de cette tâche, produire des données expérimentales correspondant à ce modèle, et définir des seuils pertinents (par exemple, les données de Blackwell alimentent le modèle d'Adrian, mais on peut également choisir un consensus d'experts pour définir des seuils) ;
4. définir une méthode de mesure permettant de qualifier l'éclairage vis-à-vis de ce modèle (par exemple, celle des recommandations AFE pour la méthode dite du rapport **R**).

Cette démarche est minimaliste : il s'agit de définir des seuils permettant aux usagers d'avoir des chances raisonnables de réussir la « tâche visuelle » retenue comme pertinente pour leur usage de l'espace public. C'est un objectif plus modeste que de définir une « qualité de service » pour l'utilisateur dans un sens général³⁵.

Cette approche devrait donc impliquer une certaine modestie quand à l'usage de ces critères, qui ont l'avantage d'être scientifiquement fondés, mais l'inconvénient de n'être que partiellement pertinents, ce qui les place en concurrence avec d'autres types de critères utilisés par les praticiens, comme la tradition, ou le rapport global bénéfices/emmerdements.

C. Différents niveaux de critiques

La définition d'un critère opérationnel de qualité de service de l'éclairage public est donc, comme tout compromis, toujours discutable, et la discussion peut se situer à n'importe lequel des 4 niveaux cités plus haut.

Des critiques du modèle STV peuvent porter sur le niveau 4 : le fait de ne pas prendre en compte tout l'environnement visuel (ne serait-ce que dans la luminance d'adaptation au-delà de la chaussée) est une simplification abusive dans certains cas, notamment en ville, de même que l'hypothèse que les sujets sont visuellement adaptés à la scène qu'ils regardent.

La critique de Lecocq déjà citées vis-à-vis du modèle d'Adrian se situe principalement au niveau 3. P. Raynham mentionne d'autres critiques : le fait de se centrer sur les contrastes en luminance dans la tâche de détection, sans considérer les contrastes colorés, ou de ne pas prendre en compte les feux de véhicules (que ce soit du point de vue des luminances de la chaussée que du point de vue de l'éblouissement). Onagyl propose un modèle basé sur l'uniformité du VL plutôt que sur le VL.

W. van Bommel³⁶ situe ses critiques au niveau 2 : il attire l'attention sur le fait que le principal défaut des modèles de STV, c'est qu'ils définissent une tâche visuelle qui était adaptée à des époques de faible trafic³⁷,

³⁵ F. Jousse (Ville de Paris) a l'habitude de présenter les objectifs de l'éclairage en disant qu'on éclaire « pour y voir ».

³⁶ dans le *draft* du TC 4.36.

mais qui ne l'est plus avec les niveaux de trafic actuels. On pourrait citer d'autres critiques de niveau 2 : le fait de se référer à une tâche visuelle statique conventionnelle qui ne prend pas en compte les problématique d'attention visuelle, de saillance visuelle, de charge mentale, de vision périphérique, etc.³⁸.

La doctrine française peut sembler plus approximative que le modèle des STV dans la mesure où elle ne se réfère pas directement à des résultats psychophysiques. Mais elle a l'avantage de tenir compte de la problématique du gestionnaire routier dans le choix des fonctions dévolues à une installation donnée. Autrement dit, elle s'oppose au modèle STV directement au niveau 1. De son point de vue, les modèles de type STV peuvent être considérée comme une solution technique bien adaptée à un cas particulier, celui de l'éclairage des routes peu circulées.

5. Conclusion

Les praticiens de l'éclairage public utilisent différentes définitions de ce qu'on peut appeler la visibilité de la route. Ces définitions sont des compromis entre, d'une part, le besoin de procédures et de critères objectifs propre à toute organisation technique, et une finalité insaisissable qui est de connaître (et d'anticiper) le service rendu aux usagers.

Dans la mesure où une terminologie voisine est utilisée dans d'autres champs scientifiques ou techniques, il est important que les interlocuteurs soient conscients qu'ils ne parlent pas de la même chose. Dans une discussion sur les différents concepts de visibilité routière, qu'il s'agisse d'éclairage public ou de tout autre champ technique, on peut s'attendre à ce que des débats stériles se développent³⁹ si les positions qui s'affrontent ne se situent pas au même niveau, au sens où il a été défini ci-dessus : enjeu, tâche visuelle, modèle visuel et seuils, mesures photométriques.

Cette difficulté à s'entendre sur les termes de la discussion, qui est à l'origine de l'atelier du 20/12/2005, est d'autant plus probable que les interlocuteurs ne sont pas issus du même champ technique ou scientifique. La dissociation entre les champs concernés (éclairage, maîtrise d'ouvrage, sciences de la vision, psychologie fondamentale et appliquée, etc.) conduit à des centres d'intérêt divergents, qui peuvent se traduire par des dialogues de sourds.

Pour simplifier grossièrement la situation, les sciences de la vision se focalisent, en général, sur le niveau 3 ; la psychologie expérimentale (ou l'ergonomie) sur les niveaux 2 et 3 ; les praticiens sur le niveau 4. Quand aux usagers, si on leur demandait leur avis, on peut imaginer que le niveau 1 les intéresse au moins autant que les autres.

³⁷ La tâche de détection d'un petit obstacle situé à 80 mètres suppose (pour simplifier) qu'il n'y a pas de trafic, et que le principal danger rencontré consiste à écraser un Schtroumpf couché sur la chaussée. Cette critique est reprise par P. Raynham.

³⁸ il est difficile d'évaluer la portée de ces critiques, car elle est supposée être compensée par le fait de fixer un niveau de visibilité acceptable ($V_L=7$) pour la tâche de conduite.

³⁹ notamment au cours de l'atelier *Visibilité* du 20/12/2005.

Bibliographie

- [1] *The specification of foveal adaptation*, P. Moon & D. E. Spencer, Journal of the optical society of America, vol. 33, n°8, November 1943. Article de référence pour le calcul de la luminance d'adaptation.
- [2] *Contrast threshold of the human eye*, H. R. Blackwell, Journal of the optical society of America, vol. 36, n°11, November 1946. Article de référence pour les seuils de détection de contraste.
- [3] *Modèle analytique pour décrire l'influence des paramètres de l'éclairage sur la performance visuelle. Volume 1 : bases mécaniques et techniques*. Rapport CIE 19/2.1, trad. G. et F. Legillon ; résumé par R. Brémond. Rapport de référence de la CIE pour la performance visuelle.
- [4] *Circulaire 74-74 du 25/4/1974 relative à l'éclairage, aux feux de signalisation et aux passages dénivelés sur routes nationales*. Ministère de l'Aménagement du territoire, de l'Équipement et des Transports, textes officiels. Circulaire fixant des seuils de trafic pour l'éclairage routier.
- [5] *An overview of visual performance*, M. S. Rea; Lighting design and application, 1982. Examen critique de la notion de performance visuelle appliqué à l'éclairage.
- [6] *Visibility level under nighttime driving conditions*, W. Adrian, Journal of the illuminating engineering society, Vol. 16, n°2, 1987. Article de référence pour fixer le seuil de visibilité routière à VL=7.
- [7] *Visibilité de cibles. Modèle de calcul*. W. Adrian, Lux n° 161, janvier 1991 (traduction de J. Lecocq d'un article de 1989 publié dans Lighting Research and Technology). Article de référence pour le modèle Small target visibility.
- [8] *Contrast and visibility*, rapport CIE 95, 1992. Rapport de référence de la CIE sur la visibilité.
- [9] *Illuminance selection based on visual performance, and other fairy stories*. P. R. Boyce, IESNA annual conference, 1995, et Journal of the illuminating engineering society, summer 1996. Examen critique de la notion de performance visuelle appliqué à l'éclairage.
- [10] *Recommendations for the lighting of roads for motor and pedestrian traffic*, rapport CIE 115, 1995. Rapport de référence de la CIE pour l'éclairage routier.
- [11] *Determinants of lighting quality : state of the science*, J. A. Veitch, G. R. Newsham, Annual conference of the illuminating engineering society of America, août 1996. Examen critique des concepts de qualité de l'éclairage.
- [12] *Calculational visibility model for road lighting installations*, A. Bacelar, J. Cariou, M. Hamard, Lighting Research and Technology, 31(4), 177-180 (1999). Expérimentation évaluant le modèle de visibilité de cibles sphériques proposé par J. Lecocq.
- [13] *CIE 135/5-1999. Research note : visual adaptation to complex luminance distribution*, H. Shinoda, 1999. Bilan d'un TC de la CIE concernant la luminance d'adaptation.
- [14] *Calculation of the visibility level of spherical targets in roads*, J. Lecocq, Lighting Research and Technology, 31(4), 171-175 (1999). Modèle de visibilité de cibles sphériques.
- [15] *Guide to the lighting of urban areas*, rapport CIE 136, 2000. Rapport de référence de la CIE pour l'éclairage routier.
- [16] *Recommandations relatives à l'éclairage des voies publiques*, Association Française de l'Éclairage, 2002. Recommandations françaises en éclairage public, cohérentes avec la norme européenne.
- [17] *Visibility design for roadway lighting*, draft from CIE TC 4.36 (Stark, W. van Bommel, W. Adrian, J. Lecocq, J. A. Havard, G. Rossi, K. Narisada), 2002. Draft d'un TC de la CIE sur la visibilité (rapport non encore paru).
- [18] *Design parameters of road lighting and revealing power*, K. Narisada, K. Karasawa, K. Shirao, CIE session in San Diego, 2003. Proposition de prise en compte du *revealing power* dans le dimensionnement de l'éclairage routier.
- [19] *Les normes européennes de l'éclairage*, cahier technique, Lux n° 228, mai-juin 2004. Présentation générale des normes européennes en éclairage, notamment celle qui concerne l'éclairage public.
- [20] *An examination of the fundamentals of road lighting for pedestrians and drivers*, P. Raynham, Lighting Research and Technology, 36 (4), 307-316, 2004. Examen critique des critères utilisés pour dimensionner l'éclairage routier.
- [21] *Investigations of the studies on visibility concept in road lighting*, O. Güler, S. Onagyl, E. Erkin, Lux Europa 2005, pp. 516-518. Revue des principaux concepts de visibilité routière utilisés en éclairage extérieur.