

Mai 2017

Éclairage des plates- formes tramway REX et préconisations

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	05/05/17	

Affaire suivie par

Marine BLANCHETON - STRMTG/DTW
Tél. : 04 76 63 78 65
Courriel : Marine.Blancheton@developpement-durable.gouv.fr

Rédacteur

Marine BLANCHETON - STRMTG/DTW

Relecteurs et contributeurs

Céline DEBES - DterCE (CEREMA)

Dominique BERTRAND - DtecTV (CEREMA)

Valérie DE LABONNEFON - DTW (STRMTG)

Paul VERNY - DterMed (CEREMA)

Les membres du GT « Masques à la visibilité » : **Patrice BOUYX** (RTM), **Denis MARCELLIN** (ERA), **Carine PAGLIA** (T2C), **Alain QUERE** (Keolis Lyon), **Stéphane RIOU** (SEMITAN)

SOMMAIRE

1 - OBJET.....	4
2 - ÉLÉMENTS DE VOCABULAIRE CONCERNANT L'ÉCLAIRAGE.....	4
3 - RÉGLEMENTATION EXISTANTE.....	7
3.1 - En France.....	7
3.2 - À l'étranger.....	8
4 - ÉCLAIRAGE DU MATÉRIEL ROULANT.....	8
5 - ANALYSE DE L'ACCIDENTOLOGIE JOUR/NUIT.....	10
5.1 - Méthodologie.....	10
5.2 - Résultats.....	10
6 - ANALYSE D'ACCIDENTS SPÉCIFIQUES.....	11
6.1 - Analyse des 23 sections.....	12
6.2 - Caractérisation des accidents sur les 23 sections étudiées.....	12
6.2.1 -Hypothèses prises en compte.....	12
6.2.2 -Analyses.....	12
7 - EXEMPLES D' ACTIONS ET VALEURS PRISES EN COMPTE PAR CERTAINS EXPLOITANTS/OQA/PAYSAGISTES.....	14
7.1 - Exemple à Nantes.....	14
7.2 - La démarche à Besançon.....	14
8 - PISTES DE PRÉCONISATIONS.....	15
8.1 - État des lieux.....	15
8.2 - Recommandations.....	15
8.2.1 -Le besoin d'éclairage par rapport à l'usage.....	16
8.2.2 -Le traitement des zones de transition entre zone éclairée et zone sombre.....	16
8.2.3 -Homogénéité des luminances.....	16
8.3 - Boite à idées.....	17
9 - BIBLIOGRAPHIE.....	17
10 - ANNEXES.....	17
10.1 - ANNEXE 1 – cf document joint.....	18
10.2 - ANNEXE 2 : Détermination des exigences photométriques en application de la norme EN 13 201.....	18

1 - Objet

Dans le cadre du GT « Aménagements paysagers », piloté par CEREMA/STRMTG, les exploitants ont fait remonter un sujet connexe à la visibilité : l'éclairage des plates-forme tramway. La fiche IUTCS n°1 de décembre 2014 « Tramway et visibilité : enjeux et règles existantes » intègre en p8 des exemples de mauvaise visibilité liées aux caractéristiques de l'éclairage/luminosité.

Les questions touchant à l'éclairage concernent à la fois les conditions de visibilité nocturne :

- des usagers de la voirie qui peuvent interférer avec la plate-forme tram (rendus visuels liés à la luminance des matériaux et à la restitution des couleurs des sources lumineuses, la performance des éclairagements horizontaux et verticaux, l'équilibre lumineux de la scène...)
- des conducteurs
 - problématique d'éblouissement (exemple: une source de lumière directement dans l'œil peut générer un « voile » qui réduit temporairement les capacités visuelles et le potentiel de détection d'usagers en traversée)
 - problématiques d'adaptations visuelles liées à la transition entre des zones fortement éclairées (ex : stations) et des zones contiguës sans éclairage
 - problématique de la détection directe des usagers conditionnée fortement par le contraste entre ces derniers et le fond sur lequel ils sont perçus (souvent peu homogène en milieu urbain).

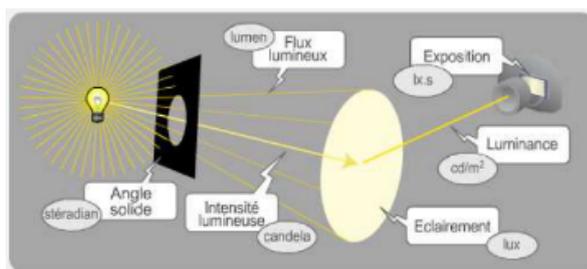
L'objectif du travail entrepris par le CEREMA et le STRMTG est d'identifier les situations où la conduite à vue est pénalisée par les conditions d'éclairage de la plate-forme tramway, ainsi que la réglementation existante sur le sujet et les bonnes pratiques des réseaux, afin de pouvoir émettre des préconisations en la matière.

2 - Éléments de vocabulaire concernant l'éclairage

Flux lumineux (exprimé en lumen - lm) : quantité de lumière émise par la source lumineuse (artificielle ou naturelle).

Intensité lumineuse (exprimé en candela - cd) : intensité du flux lumineux suivant un certain angle.

Éclairement (exprimé en lux) : mesure du flux lumineux (quantité de lumière) interceptant une surface horizontale ou verticale.

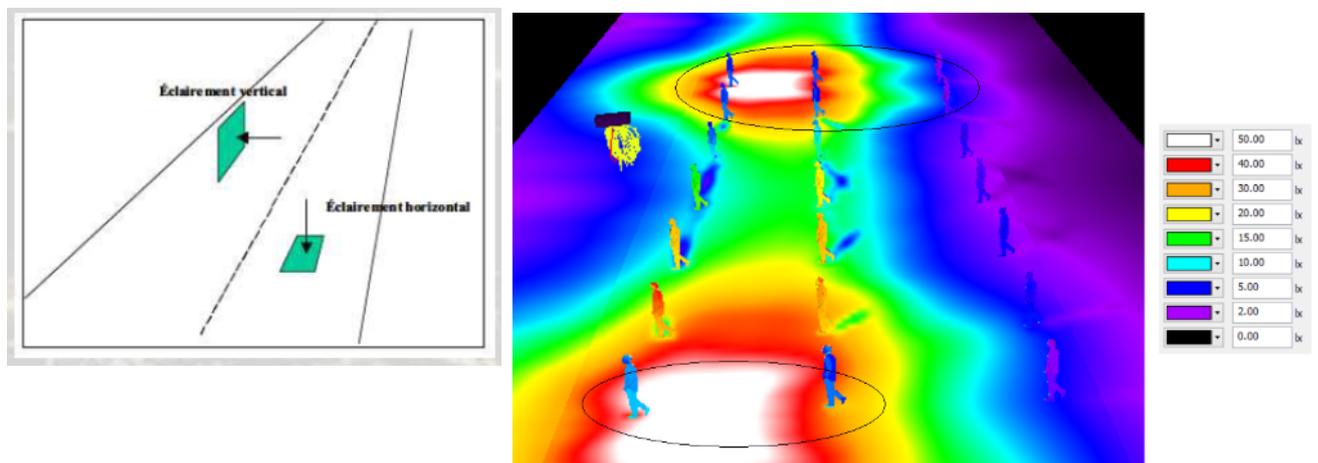


Uniformité d'éclairage : permet d'évaluer l'homogénéité de répartition de la lumière sur la zone éclairée (rapport entre l'éclairage minimum et l'éclairage moyen).

Luminance (exprimé en cd/m^2) : quantité de lumière renvoyée vers l'observateur et liée à la capacité de réflexion du matériau.

Éblouissement d'incapacité (ou indice TI) : perte momentanée de la vision due aux fortes luminances des objets ou luminaires dans le champ de vision de l'utilisateur (valeur dérivée des calculs de luminance). Les valeurs de référence sont un indice inférieur à 10 % pour les autoroutes et inférieur à 15 % pour les voies urbaines. Cet indice est dit intolérable lorsqu'il est supérieur à 40 %.

Les éclairages à prendre en compte pour la problématique visée sont plutôt les éclairages verticaux, à savoir ceux pris sur une surface verticale à une certaine hauteur (ex pour identifier la quantité de lumière que peut recevoir un piéton en traversée de voie sur la partie haute du corps). Les éclairages horizontaux mesurés au sol sont moins représentatifs de la problématique étudiée mais utilisés principalement dans le référentiel normatif de caractérisation d'un éclairage de voirie.



La problématique du **contraste** recoupe celle de l'interaction lumière-matière qui peut engendrer des perceptions totalement différentes entre le rendu diurne et le rendu nocturne. Certains matériaux n'auront pas du tout le même rendu selon la qualité de la lumière émise. Ainsi un bon contraste délimitant l'emprise au sol du tramway de jour (exemple: différence de matériaux) peut être gommée en tout ou partie par un éclairage artificiel peu performant sous cet aspect qualitatif.



Illustration de la répartition hétérogène des éclairages verticaux en traversée de rue entre 2 luminaires consécutifs : rendu diurne (photo de gauche) et rendu nocturne (photo de droite - source à faible restitution des couleurs) d'un même pavage sur le même site



Les caractéristiques photométriques des revêtements sont représentées à travers 2 paramètres :

- le **coefficient de clarté (Q0)** : il traduit la proportion d'énergie lumineuse réfléchie par le matériau
- le **coefficient de spécularité (S1)** : il traduit le caractère plus ou moins spéculaire (brillant) d'un matériau

La Commission Internationale de l'éclairage (C.I.E.) référence les revêtements selon 4 classes (R1, R2, R3 et R4). Ces classes couvrent l'étendue des revêtements du plus « diffusant » (ou « mat » : la lumière est réfléchie dans plusieurs directions) au plus « spéculaire » (effet miroir).

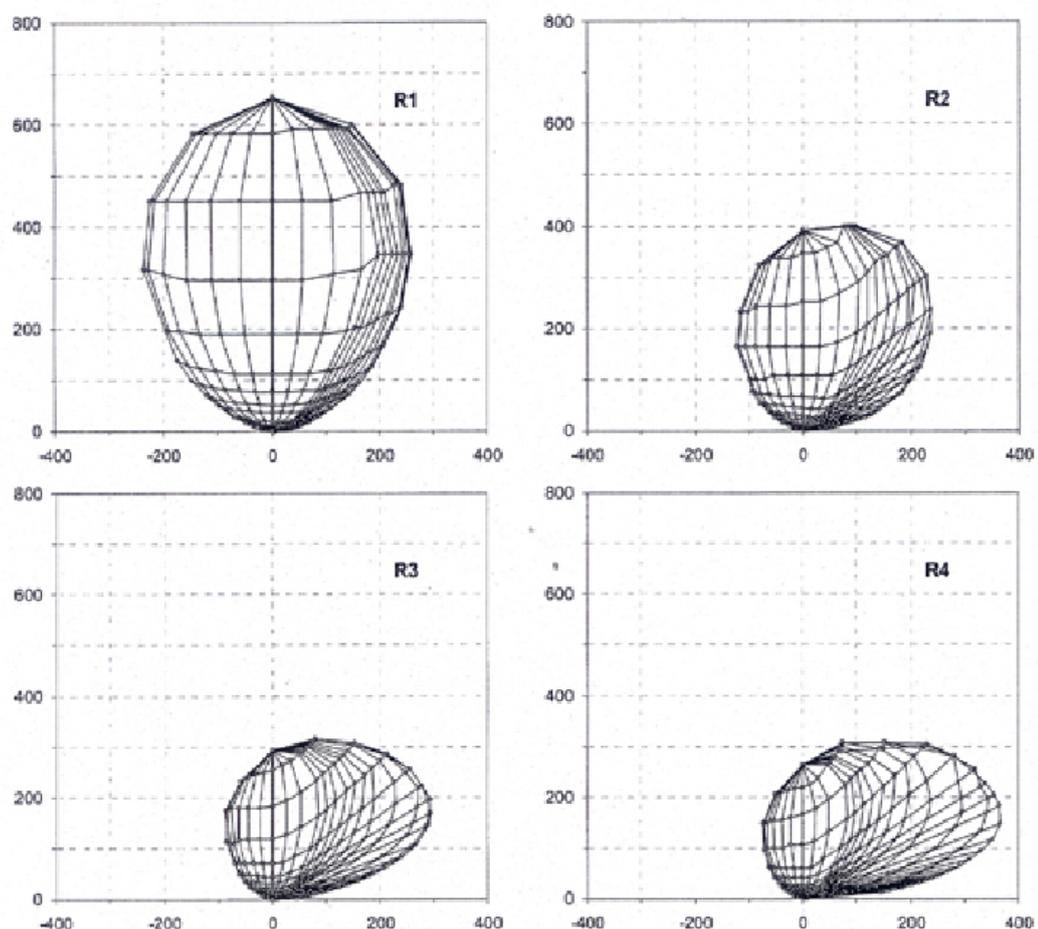


Figure 6. Indicatrices des tableaux types de la classification R de la CIE : R1 (diffusant), R2 (peu spéculaire), R3 (moyennement spéculaire) et R4 (très spéculaire).

3 - Réglementation existante

3.1 - En France

Règles applicables à l'éclairage de la voirie

Il n'y a pas d'obligation réglementaire à éclairer l'espace public et la voirie. La sûreté/sécurité d'une commune étant de la responsabilité des maires (code général des collectivités territoriales - article L2211-1 « Le maire concourt par son pouvoir de police à l'exercice des missions de sécurité publique »), la mise en œuvre d'un éclairage public est un moyen de répondre à cette exigence. En aucun cas il ne s'agit d'éclairage pour l'amélioration de la sécurité routière.

Néanmoins, lorsque la décision préalable d'éclairer l'espace urbain a été prise, il existe des normes en la matière, notamment la norme NF EN 13 201 présentant une démarche de classification des espaces qui s'appuie sur un certain nombre de critères permettant de déterminer les exigences à atteindre en éclairage ou en luminance selon les cas pour garantir une bonne exécution de la tâche visuelle requise (ex : déplacement piéton ou motorisé, accessibilité des lieux, lecture d'informations...).

Parmi les critères caractérisant les espaces et influant sur les niveaux d'exigences photométriques, on pourra citer les « zones de conflits » (ex : croisement de flux de modes actifs et véhicules motorisés – le tramway n'y est cependant pas cité spécifiquement) ou le niveau lumineux ambiant qui peut être diversifié le long d'une plate-forme de tramway. Au-delà de la norme NF EN 13 201, certaines préconisations mises en œuvre sur les voiries peuvent être reprises et s'appliquer aux infrastructures de tramway comme la notion de zones de transition entre secteurs fortement éclairés (stations) et les secteurs contigus sans éclairage (section courante) pour autoriser une adaptation du système visuel du conducteur à la différence de niveau lumineux ambiant.

On pourra citer également la norme NF EN 12 464-2¹ qui précise certaines préconisations concernant les réseaux ferroviaires (tableau 5.12). Cette norme inclut également les tramways dans les préconisations du ferroviaire : cependant les différences d'environnement traversé (espace urbain, coté franchissable de la plate-forme tramway) et l'application de la conduite à vue pour le tramway, ne permettent pas une application directe et systématique des valeurs proposées. Elles ont néanmoins été prises en compte pour établir les recommandations du chapitre 8), en particulier en ce qui concerne l'éblouissement des conducteurs tramway par l'éclairage.

Les normes actuelles concernant l'éclairage des espaces publics ne sont que très peu adaptées au contexte des plate-formes de tramway où l'on peut croiser des situations très contrastées, entre les stations parfois très éclairées, les sections courantes non éclairées ou uniquement à partir de l'éclairage de la voirie connexe (éclairage « résiduels »), prépondérance des éclairages verticaux (alors que dans la norme EN 13 201, ils représentent des critères additionnels aux éclairages horizontaux).

Règles « connexes » issues de la réglementation accessibilité

La réglementation en matière d'accessibilité de la voirie et des espaces publics ne prévoit pour l'éclairage aucun seuil de performances à atteindre, y compris concernant les stations.

1 NF EN 12 464-2 « Lumière et éclairage. Éclairage des lieux de travail. Partie 2 : Lieux de travail extérieurs » Octobre 2007

Dans l'esprit, cette réglementation tente plutôt de garantir un certain niveau de service et de confort, suffisant pour permettre à tout un chacun, quelles que soient ses aptitudes, de se déplacer en toute sécurité. L'annexe 2 de l'arrêté du 15 janvier 2007 évoque donc des niveaux de performances permettant « de repérer les zones de cheminement et les zones de conflit » et d'éviter que les sources d'éclairage « constituent des sources d'éblouissement ».

L'annexe 1 traite des niveaux de contraste à maintenir soit entre l'objet et son support ou son arrière-plan, soit entre deux parties de l'objet afin de « faciliter la détection des aménagements, équipements et mobiliers par les personnes malvoyantes ». Ces prescriptions sont particulièrement importantes concernant les aménagements où il existe une proximité directe entre les piétons et le tramway, pour lesquels la question de la détection et du repérage de la plate-forme de tramway est essentielle. Cette différenciation peut être en particulier obtenue par un travail sur les contrastes visuels, découlant du choix judicieux de matériaux adaptés. Les dispositifs d'éclairage mis en œuvre dans ces espaces devront donc permettre de garantir une perception suffisante de ces contrastes en période nocturne.

3.2 - À l'étranger

Réseau de tramway de Dublin

L'exploitant du réseau de Dublin (Luas) a mis en place une réglementation en interne, avec des niveaux minimums d'éclairement au sol (ou sur une surface horizontale) à respecter au niveau des stations de tramway (y compris les accès), valeurs tenant compte du jour et de la nuit (30 lux minimum pour les arrêts sur plate-forme). L'objectif n'est pas d'assurer au conducteur de tramway une meilleure visibilité sur les piétons, mais pour les piétons d'éviter toute chute, ainsi que l'aspect « sûreté » des arrêts de tramway par un meilleur éclairage.

Règles en Allemagne

Le BOStrab a édicté des règles en ce qui concerne les installations d'éclairage au niveau des infrastructures de transport guidé : pour le tramway, il s'agit de l'éclairage des stations et leurs accès. Cela peut être réalisé par l'éclairage public, mais aucune valeur minimale n'est indiquée. Cet éclairage ne doit pas impacter la visibilité des signaux (SLT) à destination des conducteurs de tramway, mais il n'y a pas de recommandation concernant la visibilité des tiers par le conducteur tramway.

Règles applicables au Royaume-Uni

L'ORR a édicté des règles en ce qui concerne les installations d'éclairage à proximité des plates-forme tramway, mais elles ne concernent que les stations. Cet éclairage doit être aussi pertinent et uniforme que possible, et peut être réalisé avec l'éclairage de la voirie.

Pour ces réseaux, l'éclairage pris en compte est à destination des voyageurs en station, et non pour la visibilité du conducteur de tramway sur les tiers.

4 - Éclairage du Matériel Roulant

Pour le ferroviaire lourd, la norme NF EN 14-402 (Matériel de transport ferroviaire - Signalisation des véhicules ferroviaires - Signalisation fixe - 1981) régit les exigences en matière d'intensité lumineuse des feux (signaux électriques fixes, projecteur ou fanal –

LPRF). Pour le régime projecteur :

- l'intensité lumineuse dans l'axe optique doit être comprise entre 12 000 et 18 000 cd ;
- l'intensité lumineuse réduite (exigence applicable lorsque la voie est située à côté d'une infrastructure routière type autoroute) doit être inférieure à 8000 cd.

Pour le régime fanal, l'intensité dans l'axe optique prévue pour les signaux inférieurs doit être comprise entre 300 et 700 cd, celle prévue pour le signal frontal entre 150 et 300 cd.

Il existe également des valeurs maximales d'intensité lumineuse suivant un angle de divergence pris par rapport à l'axe optique, qui diffèrent suivant le régime pris en compte.

Pour les véhicules routiers, l'article R313-2 du code de la route indique que les feux de route, doivent permettre d'éclairer efficacement la route de nuit sur une distance minimale de 100 m, et les feux de croisement sur une distance minimale de 30 m sans éblouir les autres conducteurs (article R313-3 du code de la route). Pour les feux de position avant, l'article R313-4 indique qu'ils doivent permettre d'être vu à une distance de 150 m la nuit, sans être éblouissants.

En tramway, il n'existe pas de normes ou recommandations en ce qui concerne les feux : les caractéristiques sont définies dans le CCTP MR et sont propres à chaque réseau.

Alstom a réalisé des comparaisons d'éclairage entre différents MR (Bordeaux 3, Tours et Paris T7/8) pour leurs feux de croisement [1].

Éclairage (lux)	Feux de croisement		Feux de route	
	Hauteur des feux	Niveau rail	Hauteur des feux	Niveau rail
Distance 5m	Entre 90 et 350	Entre 73 et 125	Entre 97 et 735	Entre 45 et 116
Distance 30m	Entre 0,6 et 14	Entre 0,2 et 20	Entre 28 et 56	Entre 26 et 43
Distance 100m			Entre 1,8 et 4	Entre 90 et 350

On remarque donc de grandes disparités suivant les MR, en particulier sur les distances courtes et hauteur des feux.

En termes de répartition angulaire, les disparités sont encore plus grandes pour les feux de croisement : sur certains MR l'éclairage est quasi-nul lorsque l'on s'éloigne très peu de l'axe optique, alors que pour d'autres il reste assez homogène jusqu'à 50cm du rail. Pour les feux de route, il y a moins de disparités : plus on s'éloigne de la source lumineuse, plus l'éclairage est élevé au niveau des rails, de façon homogène autour de l'axe optique.

De plus en plus de MR sont appelés à être équipés de LED (diode électroluminescente) à la place des lampes à filament actuelles (durée de vie plus élevée) : c'est le cas du MR de Tours (et certaines rames de Marseille) et des réseaux qui souhaitent remplacer leurs lampes à filament (Bordeaux). Une des problématiques des LED peut concerner le risque d'éblouissement des tiers du fait de l'intensité très élevée et de la taille très réduite du faisceau lumineux émis par une LED (cf risque photobiologique en référence à la norme EN 62-471, c'est pourquoi il convient d'être vigilant sur les valeurs d'intensité lumineuse pour une hauteur de plus de 0,50 m.

5 - Analyse de l'accidentologie jour/nuit

La problématique de l'éclairage est majoritairement liée à des accidents ayant eu lieu de nuit. C'est pourquoi une première analyse du REX disponible a été effectuée en regardant la part des accidents ayant eu lieu de nuit par rapport à l'ensemble des événements sur une même section. L'objectif est de déterminer si le facteur nuit a une influence sur l'accidentologie pour une typologie de section spécifique.

Nota : cette caractérisation a été utilisée car il s'agit de la pratique en sécurité routière, pour faire ressortir les problématiques d'éclairage (la part d'accidents survenant de jour est plus élevée que la part d'accidents survenant de nuit).

5.1 - Méthodologie

Sur 5 réseaux (Bordeaux, Clermont-Ferrand, Lyon, Montpellier et Nantes), à partir des données disponibles dans la BDD (accidentologie 2004 – 2013), une requête a permis de dissocier les collisions ayant eu lieu la nuit et celles ayant eu lieu le jour pour une même section.

5.2 - Résultats

Afin de raisonner sur des chiffres « suffisamment » représentatifs, seules les sections avec un minimum de 5 collisions ont été relevées, ce qui donne un panel de 408 sections.

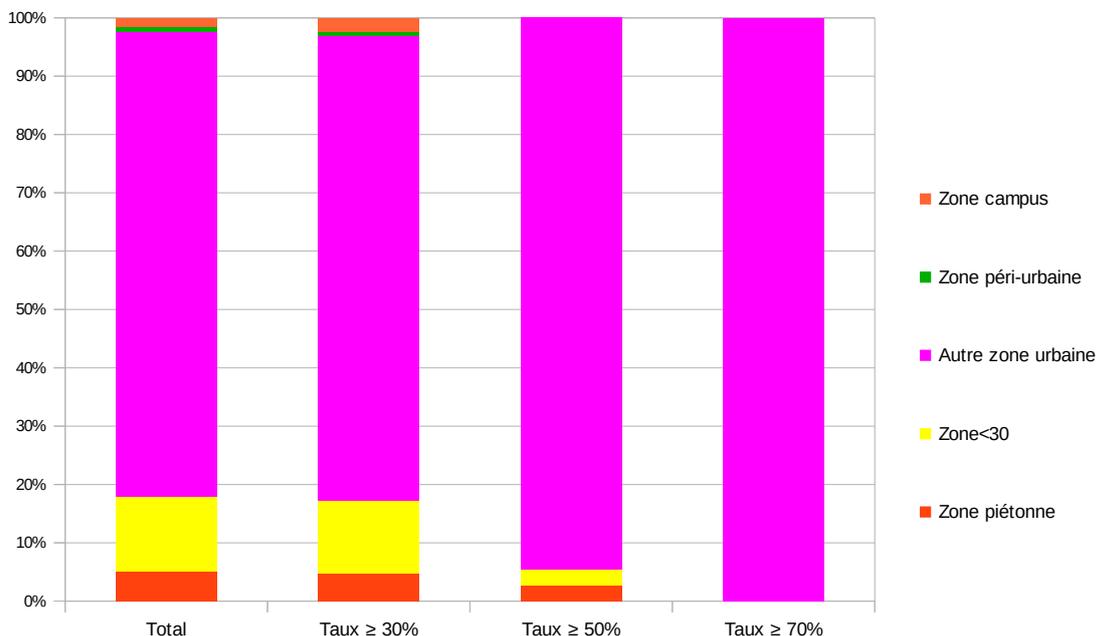
La répartition de la part des collisions de nuit sur ces sections est la suivante :

Taux de collisions ayant lieu de nuit par rapport à l'ensemble des collisions pour une section donnée	Nombre de sections concernées
Supérieur ou égal à 30 %	127
Supérieur ou égal à 50 %	36
Supérieur ou égal à 70 %	4
Total	408

Cette répartition nous indique qu'il y a globalement peu de sections pour lesquelles le facteur nuit revêt un caractère spécifique, il est donc délicat d'en tirer des conclusions sur la nature des sections pour lesquelles la part des collisions de nuit est la plus forte.

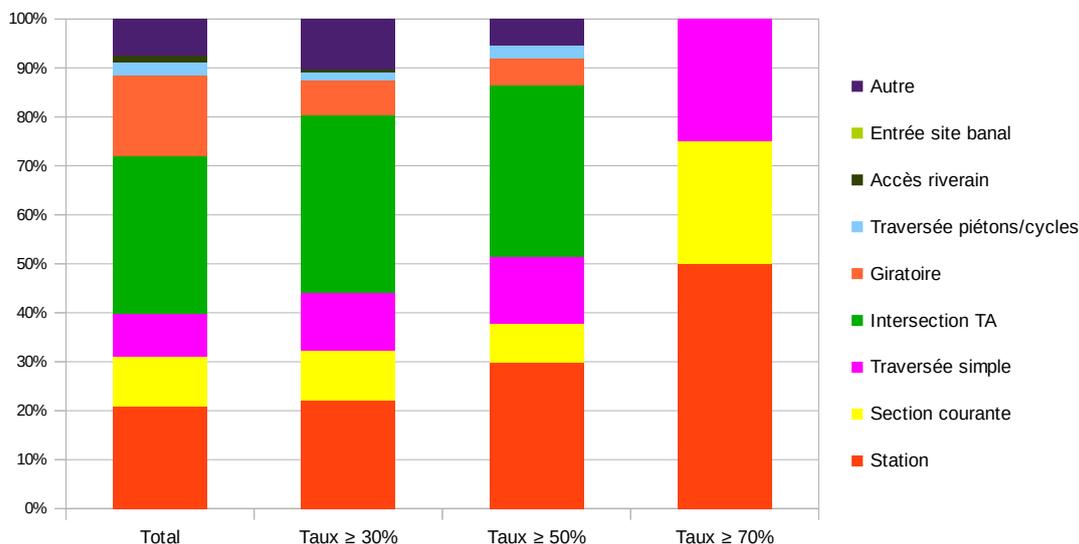
D'autres paramètres peuvent être liés à la période nocturne, sans pour autant avoir un lien avec les conditions de luminosité : les mauvaises conditions météorologiques (qui peuvent parfois être accentuées de nuit – gel par exemple), les comportements des tiers (alcool, stupéfiant – qui se retrouve plutôt en période nocturne), ou encore le trafic VL/TW/fréquentation piéton qui reste globalement plus faible de nuit (sauf en hiver où les heures de pointe sont la nuit).

Les statistiques suivantes ont tout de même été effectuées :



Proportion des sections suivant le taux de collisions ayant lieu de nuit vis à vis l'environnement de la section

L'accidentologie « de nuit » semble être moins localisée dans les zones piétonnes ou zones 30, par rapport à l'accidentologie « de jour ». En termes de typologie de section, elle semble moins se rencontrer en giratoire, mais plus en station.



Proportion des sections suivant le taux de collisions ayant lieu de nuit vis à vis du type de section

6 - Analyse d'accidents spécifiques

Une requête a été effectuée avec les termes « nuit », « noir », « sombre » et « éclair » dans

les circonstances de l'événement et l'environnement, pour tout type d'événement. Cela a permis de dégager 140 événements, soit **moins de 1 % des événements**. Le résumé de l'ensemble de ces collisions a été étudié de façon à ne prendre en compte que les cas liés à une problématique d'éclairage de/sur la plate-forme, ce qui a permis d'identifier **47 événements**.

En première approche, on peut donc dire que le lien accidentologie/éclairage est relativement faible, ce qui semble corroborer les premières approches sur les collisions issues de l'exploitation de l'accidentologie jour/nuit. Cependant, il faut garder en tête le **manque de représentativité de ces données**.

En termes de comparaison avec l'accidentologie générale, on peut dégager les éléments suivants :

- proportion non négligeable de collisions avec obstacles sur voie sur la totalité des événements ;
- très forte proportion de collisions avec tiers piéton sur la totalité des collisions ;
- ce qui induit une forte proportion de victimes piétons, avec une part importante de victimes graves.

Par rapport à ces résultats, il a donc été décidé d'étudier plus spécifiquement les configurations en termes d'éclairage des sections présentant des victimes (24 collisions réparties sur **23 sections**), afin d'étudier plus spécifiquement les cas d'accidents où l'accidentologie était effectivement liée à une problématique de visibilité, soit **15 cas**.

6.1 - Analyse des 23 sections

Cf. Annexe 1 [2].

6.2 - Caractérisation des accidents sur les 23 sections étudiées

6.2.1 - Hypothèses prises en compte

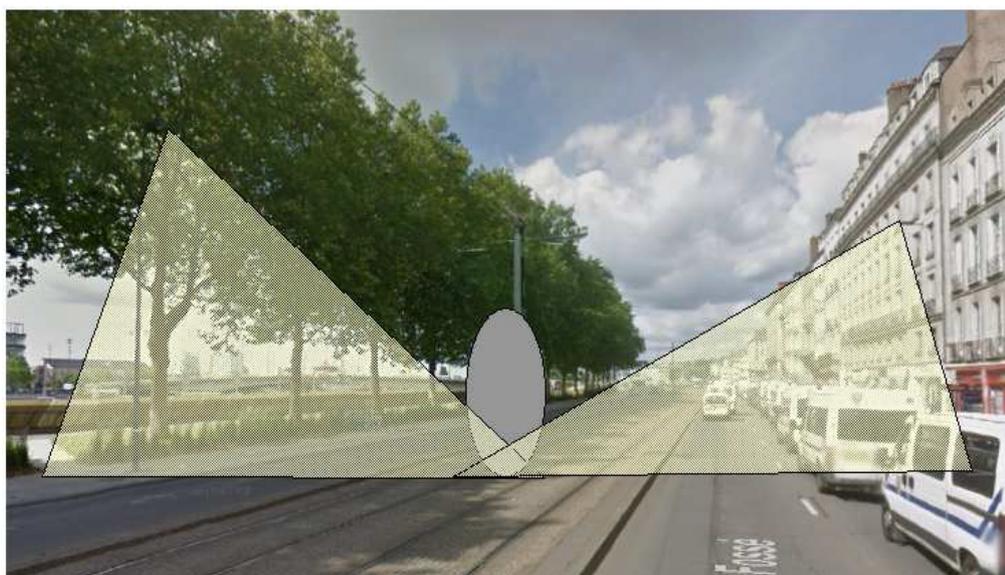
Dans l'analyse des différents cas, les conditions de visibilité ont pu être un des facteurs de l'accident dans les cas suivants :

- la détection du tiers a été assurée par le conducteur mais trop tardivement pour éviter le choc (déclenchement du FU) ;
- aucune détection n'a pu être faite avant le choc.

Les conditions de visibilité n'ont pas été retenues comme un des facteurs de l'accident lorsque la détection du tiers a été assurée suffisamment tôt par le conducteur mais les alertes n'ont pas permis d'éviter le choc. Dans les autres cas non retenus, il s'agit de comportements volontairement en défaut de respect de la signalisation qui les a amenés au choc avec le tramway.

6.2.2 - Analyses

Les analyses faites à partir des retours des conducteurs et des conditions du déroulé de l'accident, semblent montrer que la majorité des cas (en dehors de ceux impliquant des usagers ivres ou situés sur la voie dans des zones normalement inaccessibles) concerne des traversées majoritairement piétonnes ou des plate-formes axiales bénéficiant de peu d'éclairage résiduel latéral. Dans ces configurations d'éclairage latéral, de plus, la plate-forme se situe dans le «creux» du volume éclairé de part et d'autre, ce qui réduit les conditions de détection d'un piéton en cours de traversée (peu d'éclairage vertical sur ce dernier).



On retrouve également 2 cas de stations peu éclairées et 2 cas mettent en évidence une problématique de transition entre zone éclairée (voirie urbaine) et zone sombre (plate-forme tramway au-delà de l'intersection avec la voirie urbaine).

Enfin, 2 accidents sur le même site concernent un secteur non éclairé, séparé physiquement des rues latérales par des murs, donc a priori non accessible : il est difficile de conclure à l'évitement potentiel des chocs si la plate-forme avait été éclairée. Ce secteur a vocation à être séparé physiquement de la voirie urbaine et n'a donc pas vocation à être fréquenté par les piétons. La question de son éclairage ne se pose pas même s'ils ont été recensés dans les secteurs où les conditions de visibilité nocturne ont pu impacter le déroulement de l'accident.

Quelques cas restent soumis à interrogation faute d'informations plus précises sur le déroulé de l'accident et les conditions nocturnes de visibilité.

	Configurations	Cas concernés
1	Plate-forme axiale recevant un éclairage bilatéral résiduel	5 – 10 – 12 – 19 – 2 – 6 – 13 – 17
2	Station ou abords proches potentiellement peu éclairés	1 – 14 – 17
3	Masque de l'éclairage par des arbres	1 - 23
4	Transition difficile entre zone éclairée et zone sombre	9
5	Secteurs non éclairés a priori non accessibles pour les tiers	4 – 7 - 8
6	Cas «incertains»	20 – 21 – 22

En rouge, les accidents avec tiers gravement blessés ou tués

7 - Exemples d'actions et valeurs prises en compte par certains exploitants/OQA/paysagistes

7.1 - Exemple à Nantes

La SEMITAN a réalisé une étude [3] portant sur l'éclairage de la plate-forme tramway (et son uniformité) sur 7 zones de 100 m du réseau Nantais pour 3 périodes de la journée (temps clair, nuit de pleine lune et entre 19h30 et 23h30). Le pas de mesure était de 5m avec des points de mesures en extrémité de GLO et au centre de la plate-forme.

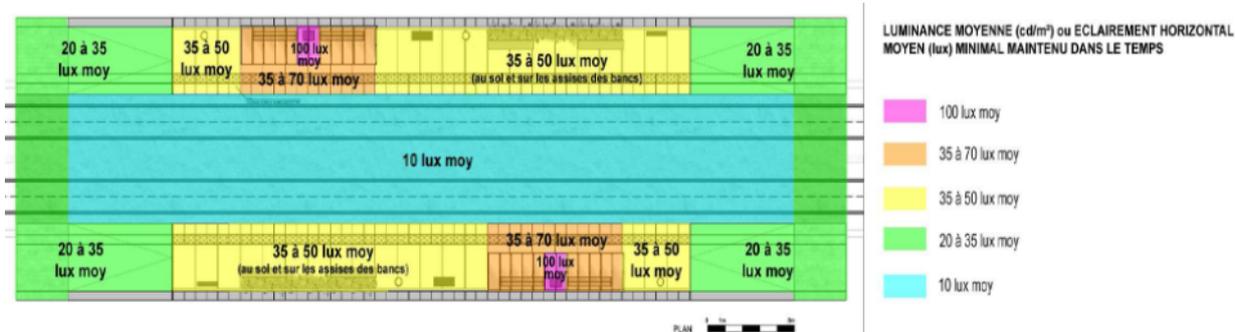
Les valeurs d'éclairage moyen mesurées varient entre 8 et 19 lux. Par rapport à ces valeurs, un éclairage situé entre 10 et 15 lux est considéré comme confortable pour les conducteurs de tramway (varie en fonction de l'environnement, en particulier par rapport à la possibilité d'avoir des piétons cheminant sur plate-forme). Un éclairage de couleur blanche semble être préféré par les conducteurs. L'uniformité de l'éclairage varie entre 0,4 et 0,7, sauf dans les cas où l'éclairage mis en œuvre n'a qu'une fonction de balisage de la voie (0,05).

7.2 - La démarche à Besançon

Le projet de tramway de Besançon [4] a prévu un éclairage minimum de la plate-forme tramway de 5 lux, même au niveau des espaces « ruraux » traversés, cet éclairage pouvant être spécifique à la voie tramway ou être de l'éclairage résiduel de la voirie publique. Pour les cheminements piétons et modes doux, un éclairage spécifique est prévu de manière à souligner ces accès.

Certains endroits de la ligne présentent cependant un manque d'éclairage d'après le ressenti des conducteurs : il s'agit particulièrement des zones de manœuvre, des zones où la plate-forme est engazonnée avec une possibilité de traversée « sauvage » des piétons et des zones où la plate-forme est éloignée de la voirie (insertion latérale et hors voirie).

En station, les documents du projet indiquent un éclairage minimum de 10 lux de la plate-forme tramway, afin de sécuriser les échanges à ce niveau (occurrence de conflit élevé). Au niveau de l'accès à la station et sur le passage piéton de traversée de la plate-forme, l'éclairage prévu est de 20 à 35 lux et sur les quais il se situe entre 35 et 70 lux. Le ressenti de l'exploitant est plutôt bon par rapport à l'éclairage présent en station.



Une attention particulière a été apportée de façon à faciliter la maintenance et l'entretien de l'éclairage.

8 - Pistes de préconisations

8.1 - État des lieux

L'analyse accidentologique n'a pas permis de conclure quant à une configuration / un aménagement spécifiquement accidentogène de nuit. Néanmoins, on peut relever que l'accidentologie de nuit liée à une problématique d'éclairage reste faible au regard de l'accidentologie générale, mais possède une gravité assez élevée.

En dehors des zones particulières (stations, certaines intersections et traversées piétonnes, ouvrages, etc.), la plate-forme tramway ne bénéficie la plupart du temps que de l'éclairage résiduel de la voirie ou espace public adjacent. Cela entraîne un **éclairage** des plates-formes souvent irrégulier, notamment du fait de la végétation, et de plus en plus **faible en raison des évolutions technologiques** (LED) permettant un **éclairage de plus en plus directif** et limitant fortement les flux « résiduels ». C'est pourquoi il convient d'être particulièrement attentif au cas d'une plate-forme tramway en site axial, pour laquelle l'éclairage résiduel issu de luminaires implantés sur le trottoir sera bien souvent insuffisant, avec la possibilité de la présence de masques dus à la végétation encadrant la plate-forme ou située à proximité de l'éclairage pouvant créer des zones d'ombres.

Les conditions d'éclairage peuvent également être améliorées grâce aux caractéristiques du matériel roulant. Cependant, les caractéristiques des feux tramways sont uniquement définies dans les CCTP MR, avec comme objectif principal de permettre la détection du tramway de nuit par les tiers et surtout de ne pas les éblouir, ce qui peut brider la visibilité lointaine, en particulier sur les réseaux n'utilisant pas les « feux de route ».

En termes d'exploitation, la conduite de nuit devrait prendre en compte les caractéristiques spécifiques de visibilité, différentes de la conduite de jour : actuellement ces conditions ne semblent pas être intégrées dans les temps de parcours demandés aux conducteurs (en particulier en période de pointe). Un diagnostic avant la mise en service des conditions de visibilité nocturne sur l'ensemble de la ligne pourrait permettre d'identifier les secteurs problématiques, d'évaluer les transitions entre zones éclairées/sombres, d'identifier les sources potentielles d'éblouissement...

8.2 - Recommandations

L'appréciation des conditions de visibilité nocturne reste subjective, rendant difficile la mise au point d'exigences et de consignes d'exploitation. Ces conditions peuvent varier en fonction de la vitesse et du contraste avec le milieu ambiant. Néanmoins, par rapport aux configurations étudiées, il est recommandé d'apporter une attention particulière, dès la conception de la ligne aux points exposés ci-après.

Les résultats de l'étude menée actuellement par le laboratoire d'Angers du CEREMA, en partenariat avec Angers Loire Métropole sur le réseau de tramway d'Angers, permettra de préciser ces recommandations.

8.2.1 - Le besoin d'éclairage par rapport à l'usage

Sur les zones avec présences de tiers à proximité (piétons en particulier) un système d'éclairage sera mis en place. Les valeurs suivantes peuvent être retenues :

- en station : 20 lux moyen sur le quai, avec une uniformité minimum de 0,40 ; l'éclairage des traversées piétonnes de plate-forme de chaque côté des quais se rapprochera également de cette valeur
- en carrefour : les valeurs prises en compte pour l'éclairage de la voirie sont à priori suffisantes
- en traversées piétonnes isolées : il est important d'apporter un éclairage suffisant sur ces traversées, tout en tenant compte de l'effet « d'écran lumineux » (cf 2) ci-dessous) ; la valeur de 15 lux peut être retenue en application de la norme EN 13201 (cf Annexe 2)

En section courante avec voirie contiguë, la plate-forme bénéficie en général de l'éclairage résiduel des cheminements piétons et de la voirie. Il convient toutefois de s'assurer qu'il est suffisant (pour détecter un obstacle sur voie) et homogène, en particulier dans le cas d'une plate-forme axiale avec un éclairage bilatéral sur trottoir.

Sur les sections courantes inaccessibles aux tiers, il semble pertinent de prévoir un éclairage minimal homogène, afin de pouvoir détecter un obstacle sur la voie notamment, voire un piéton enfreignant l'interdiction d'accès. En revanche, un éclairage trop important pourrait inciter les piétons à emprunter des cheminements qui leur sont interdits (ressenti « sécurité »). Des exemples de système d'éclairage sont listés au chapitre 8.3).

8.2.2 - Le traitement des zones de transition entre zone éclairée et zone sombre

Entre une zone fortement éclairée et une zone sombre, l'œil a besoin d'un temps d'adaptation, incompatible avec la notion de conduite à vue s'appliquant aux tramways (le piéton traversant juste en aval de la traversée piétonne éclairée pourrait ne pas être vu). C'est pourquoi il convient d'apporter une attention particulière aux transitions entre zones avec des niveaux d'éclairages différents :

- écart faible entre les zones (moins de 15 lux de différentiel) : transition acceptable
- écart fort entre les zones (plus de 20 lux de différentiel, d'une zone éclairée à une zone sombre) : l'objectif est d'avoir une diminution progressive de l'éclairage, de façon à ce que l'œil s'adapte aux évolutions des niveaux d'éclairage.

8.2.3 - Homogénéité des luminances

Les différentiels de luminance, que ce soit entre la « cible » (tiers, obstacle) et le fond, ou entre l'axe de vision et sa périphérie, sont à limiter de façon à obtenir un équilibre entre les différentes sources d'éclairage de la plate-forme et de sa proximité. Cet équilibre est à rechercher pour limiter les effets d'éblouissement (l'œil se cale sur les zones ayant la luminance la plus élevée).

8.3 - Boite à idées

Plusieurs paramètres peuvent faire varier le besoin en éclairage pour une même journée. Dans un souci d'efficacité et d'économies d'énergie, une adaptation de l'éclairage peut être envisagée, sous réserve de garantir les seuils définis au chapitre 8.2 au passage du tramway.

Exemple : abaissement des niveaux d'éclairage, détection du tramway pour le déclenchement de l'éclairage...

Pour les zones inaccessibles aux tiers, il peut être envisagé de mettre en place un système assurant uniquement l'éclairage de la voie (exemple : balisage au niveau du sol).

9 - Bibliographie

1. Étude comparative Alstom
2. Étude de la DTER Méditerranée du CEREMA (Paul Verny)
3. Étude SEMITAN
4. Projet de tramway de Besançon

10 - Annexes

Annexe 1 : Étude de cas par la DTER Méditerranée du CEREMA (Paul Verny)

Annexe 2 : Détermination des exigences photométriques

10.1 - ANNEXE 1 – cf document joint

10.2 - ANNEXE 2 : Détermination des exigences photométriques en application de la norme EN 13 201

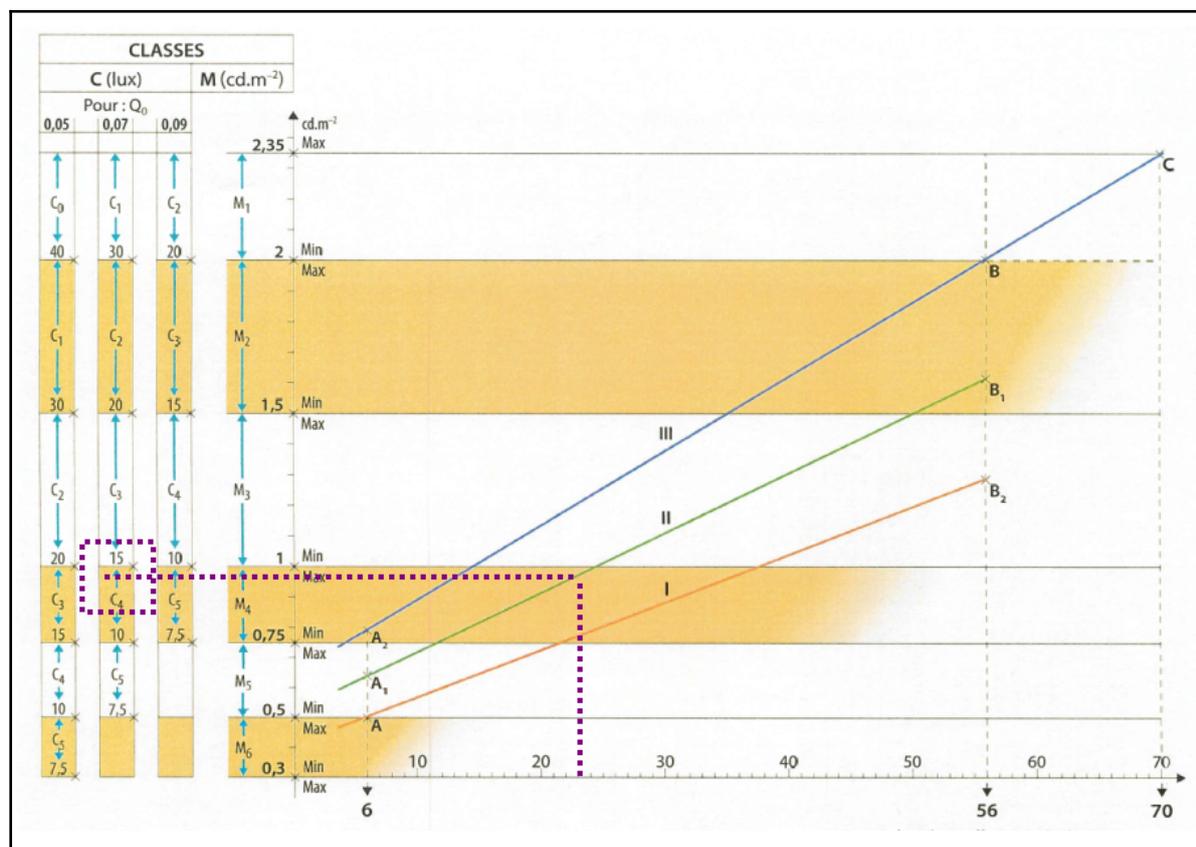
Configuration du site (situation d'éclairage) : traversée piétonne d'une plate-forme de tramway – assimilé dans les cas décrits à un boulevard urbain en zone de conflit (carrefour)

Paramètres caractérisant le site :

- Usagers et vitesse de déplacement : < 50 km/h sur le boulevard urbain (coeff. 3)
- Trafic (composition) = mixte (coeff. 3)
- Trafic (densité) = normal (coeff. 2)
- Niveau lumineux ambiant = normal (coeff. 1)
- Charge mentale = élevée (coeff. 1,25) ⇒ courbe II

Coefficient total = $3 * 3 * 2 * 1 * 1,25 = 23$

La lecture sur le graphique de référence donne une exigence en éclairage de **15 lux**.



(document source AFE – guide éclairage public – Méthode française de sélection des classes d'éclairage de la norme NF EN 13 201 - révision 2015)



**Service Technique des Remontés Mécaniques et des Transports Guidés
STRMTG**

1461 rue de la piscine - Domaine Universitaire
38400 Saint Martin d'Hères
Tél : 33 (04) 76 63 78 78
Fax : 33 (04) 76 42 39 33

www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr

