

ÉCLAIRAGE DES ESPACES EXTÉRIEURS

Roger Couillet

2^e édition

Projet

Installation

Maintenance

Coût

EDITIONS

LE MONITEUR

Sommaire

	Sigles et abréviations.....	7
	Avant-propos	9
CHAPITRE 1	Cadre juridique, normatif et réglementaire.....	11
CHAPITRE 2	Types et techniques d'éclairage	35
CHAPITRE 3	Composants d'une installation d'éclairage extérieur.....	77
CHAPITRE 4	Projet d'éclairage extérieur.....	165
CHAPITRE 5	Réception, exploitation et gestion d'une installation d'éclairage extérieur	201
	Index.....	225
	Table des matières.....	229

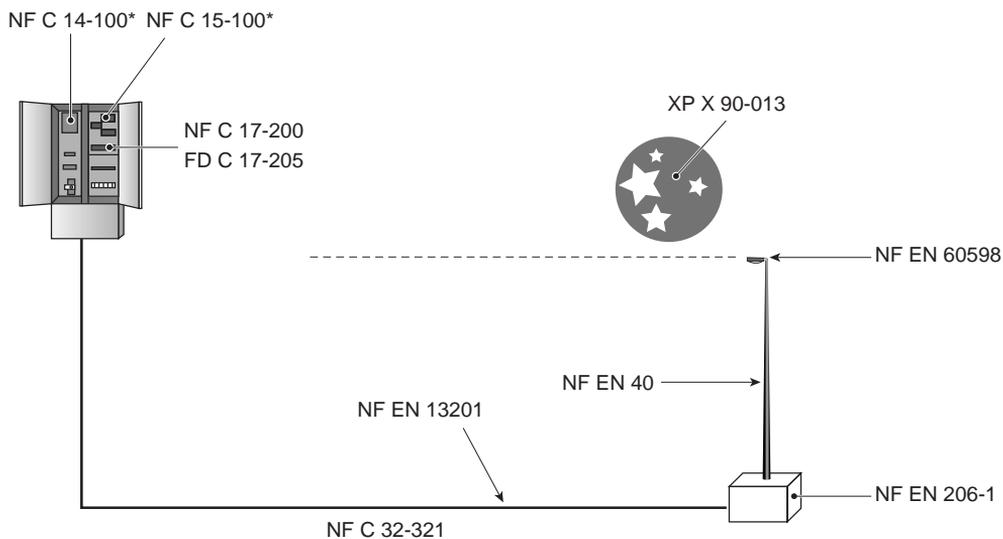
1 Normes

Certaines normes sont d'application obligatoire, d'autres sont d'application volontaire (fig. 1). L'article 17 du décret n° 2009-697 du 16 juin 2009 relatif à la normalisation rend les normes d'application volontaire. Les normes d'application obligatoire sont consultables sur le site de l'Afnor.

Il est nécessaire de préciser dans les pièces écrites d'un marché d'installation d'éclairage extérieur que les normes prescrites (liste non exhaustive) doivent être en vigueur dans leur dernière édition, à la date de signature du marché, du contrat, de la livraison de matériel (marché de fournitures).

REMARQUE

La prescription des normes volontaires dans un cahier des charges est de la responsabilité du maître d'œuvre.



* Normes d'application obligatoire

Fig. 1. Domaines d'action des principales normes.

Normes d'application obligatoire

- NF C 14-100 (février 2008 – indice de classement : C 14-100) : Installations de branchement à basse tension.
- NF C 15-100 (décembre 2002 – indice de classement : C 15-100) : Installations électriques à basse tension, modifiée par l'amendement A1 (août 2008), par l'amendement A2

Éclairage des voiries

REMARQUE

Dans le cas de luminaires équipés de source à LED non remplaçables, il est uniquement possible de mesurer le flux total du luminaire auquel cas le LOR est alors de 100% et est non significatif. Dans ce cas, la valeur employée est ULR.

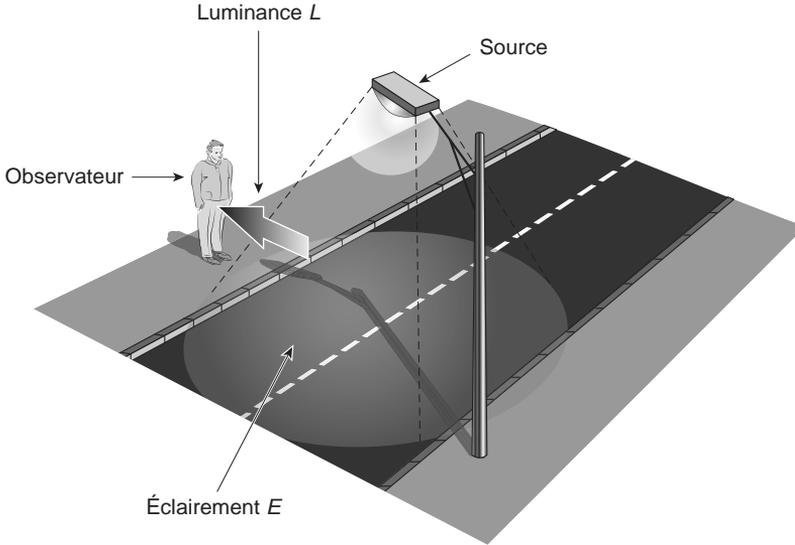


Fig. 1. Quelques grandeurs photométriques.

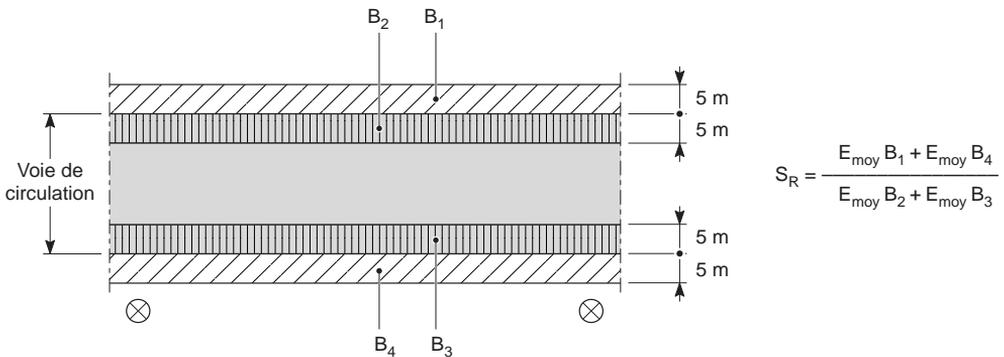
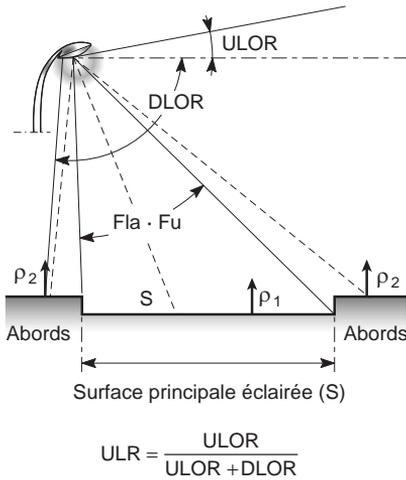


Fig. 2. Calcul du rapport d'éclairage des abords.

Éclairage des voiries



F_u : facteur d'utilisation de l'installation

Fl_a : Φ reçu par la surface S

$ULOR$: *Upward Light Output Ratio*

Proportion des Φ des lampes des luminaires considérés qui est émise au-dessus du plan horizontal passant par les luminaires

$DLOR$: *Downward Light Output Ratio*

Proportion des Φ des lampes de tous les luminaires considérés qui est émise en dessous du plan horizontal passant par les luminaires

U : utilance de l'installation

ULR : Proportion du Φ sortant de tous les luminaires considérés qui est émise au-dessus du plan horizontal passant par les luminaires dans leur position d'installation

ρ_1 : facteur de réflexion globale de la surface à éclairer

ρ_2 : facteur de réflexion globale des abords

Fig. 3. Représentation des paramètres ULOR et DLOR

(source : *Éclairages extérieurs. Les nuisances dues à la lumière*, Guides de l'AFE, Éditions Lux, 2006).

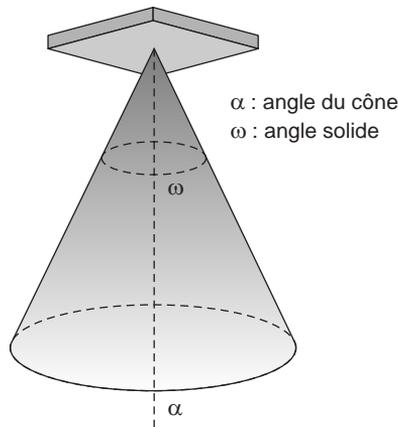
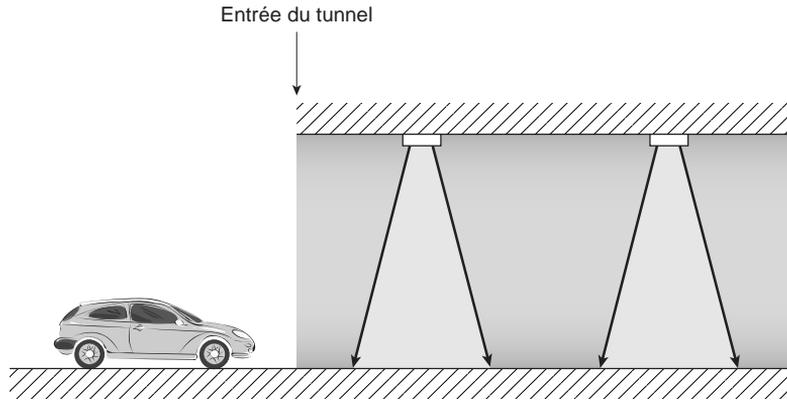


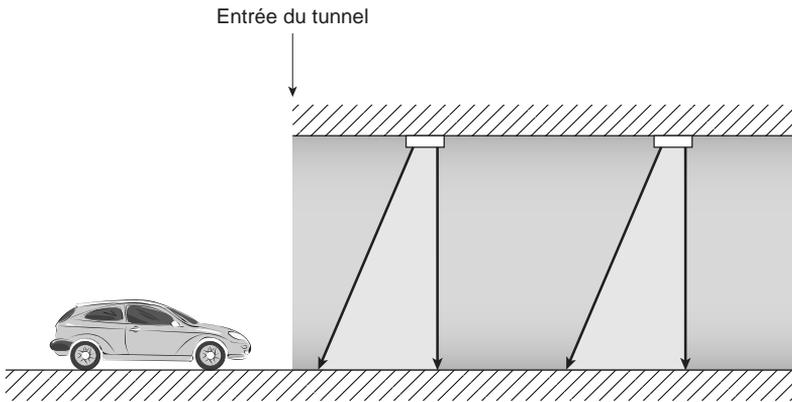
Fig. 4. Représentation d'un cône flux (par exemple, pour le code flux CIE 3 : angle du demi-cône $\alpha = 75.5^\circ$; angle solide $\omega = 3\pi/2$)

(source : www.energieplus-lesite.be).

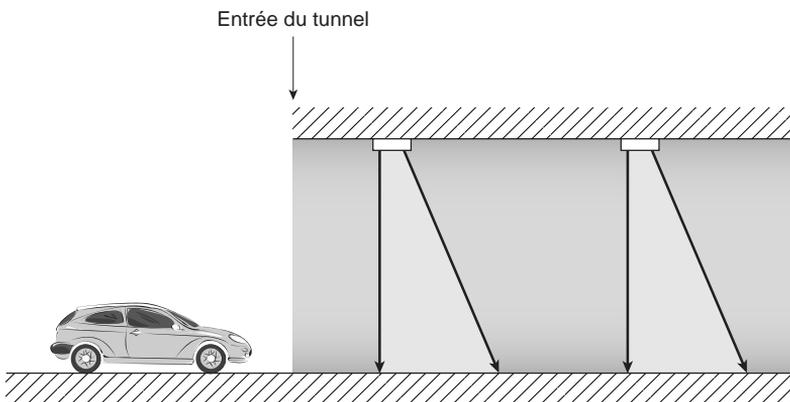
Tunnels et points spéciaux



Système symétrique



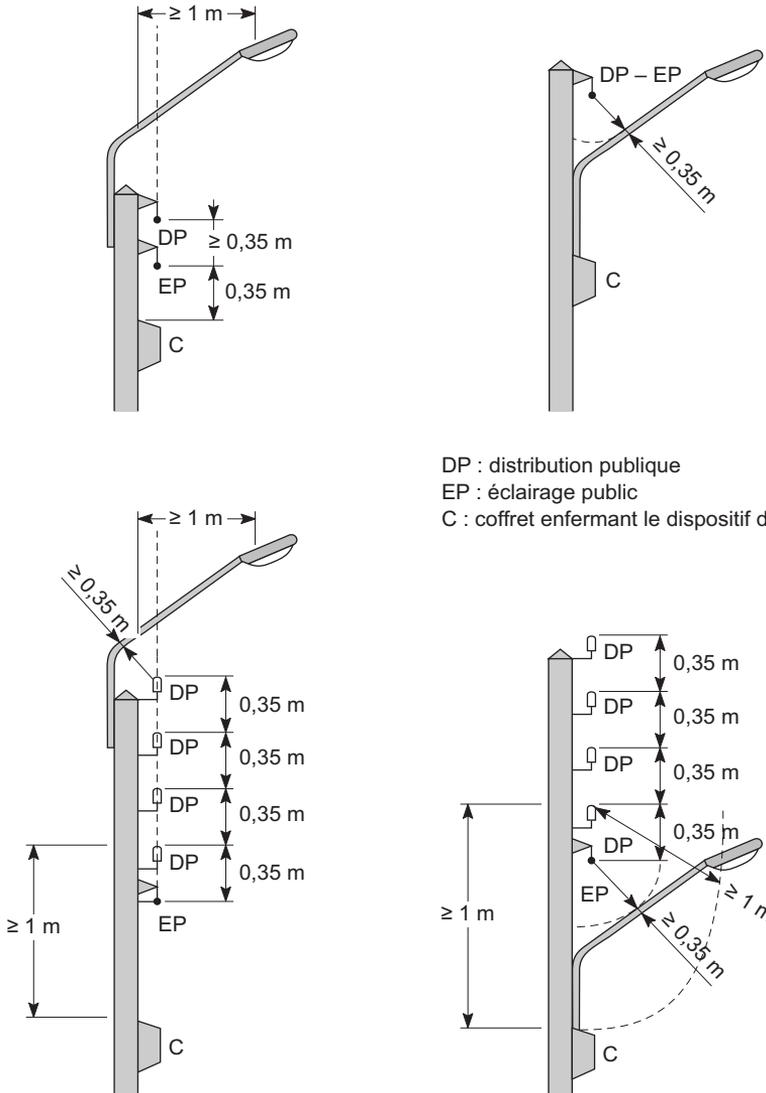
Système à contreflux



Système à flux dirigé

Fig. 1. Systèmes d'éclairage des tunnels.

Conception du réseau et sécurité des installations



**Fig. 7. Distances minimales à respecter
 (NF C 17-200, art. 701.6.1).**

Éclairage extérieur physiquement séparé

Les réseaux d'éclairage extérieur sont réputés physiquement séparés (fig. 8) si :

- ils n'ont aucun conducteur en commun avec la distribution publique ;
- ils sont réalisés en conducteurs isolés ;
- ils sont séparés physiquement (non inclus dans un réseau torsadé aérien) du réseau de la distribution publique.

Sources lumineuses conventionnelles et LED, auxiliaires d'alimentation

bout de 6 ans. D'où une augmentation des pertes par effet Joule et une consommation plus importante d'énergie active.

Typologie des lampes à décharge

Les lampes à décharge (fig. 4) sont répertoriées dans le tableau 2.

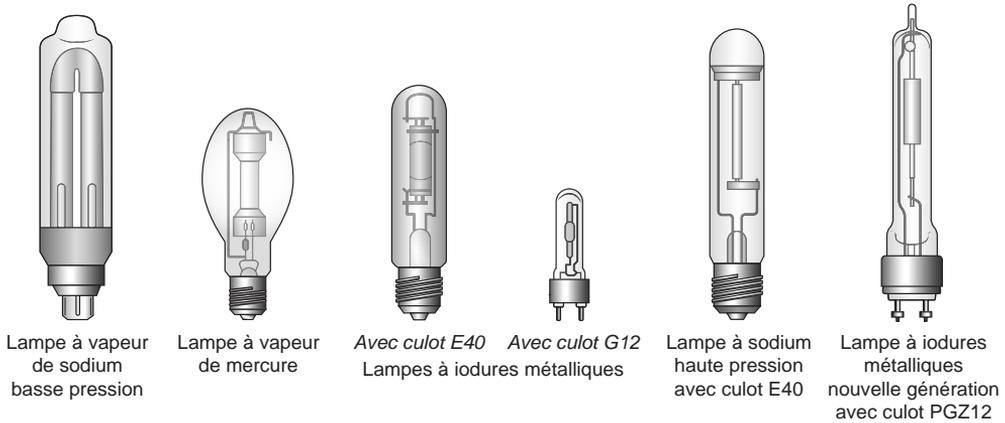


Fig. 4. Lampes à décharge.

Tab. 2. Lampes à décharge basse pression et haute pression.

Types de lampe	Caractéristiques	Remarques
<i>Lampes à décharge basse pression</i>		
Tube fluorescent	<p>Fort rayonnement ultraviolet, transformé en lumière visible par un revêtement adapté sur les parois du tube. En fonction du gaz de remplissage (généralement de l'argon) et de la nature de la poudre fluorescente constituant le revêtement, on obtient :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le spectre plutôt pauvre des tubes « blanc industrie » ; - des tubes « à haut rendement » ; - des tubes de couleurs pour la décoration ou des tubes « à lumière noire ». 	<p>Ils sont de moins en moins utilisés pour l'éclairage extérieur.</p> <p>Les tubes récents nécessitent un appareillage d'amorçage qui doit être électronique dans le cas particulier des installations à température négative et lorsque la variation de la lumière est demandée.</p>
Lampe à vapeur de sodium basse pression	<ul style="list-style-type: none"> - Principe de décharge dans une atmosphère basse pression identique à celui du tube fluorescent. - Nécessite un appareillage d'alimentation afin de provoquer l'allumage et une période de refroidissement avant le rallumage. - Ne peut pas fonctionner dans toutes les positions. - Lumière émise quasiment monochromatique, à dominante jaune. 	<p>Ce type de lampe présente la meilleure efficacité lumineuse. Elle est essentiellement utilisée :</p> <ul style="list-style-type: none"> - en éclairage routier ; - dans des cours d'industries ; - en éclairage de sécurité.

Sources lumineuses conventionnelles et LED, auxiliaires d'alimentation

Types de lampe	Caractéristiques	Remarques
<i>Lampes à décharge haute pression</i>		
Lampe à vapeur de mercure (VM)	<ul style="list-style-type: none"> – Connue sous l'appellation de ballon fluorescent. – Forte émission de rayonnement UV transformé en lumière visible par un revêtement adapté sur les parois de la lampe. – Principalement de forme ovoïde. – Nécessite un appareillage d'alimentation. – Lumière de couleur blanche. 	Dans le cadre du règlement européen 245-2209, l'efficacité énergétique des lampes à vapeur de mercure actuelles, 50 lm/W, ne remplira plus le critère d'efficacité énergétique, fixé à 75 lm/W. La commercialisation de ces lampes s'arrêtera donc en avril 2015.
Lampe aux halogénures métalliques	<ul style="list-style-type: none"> – Parmi les plus courantes, on trouve les iodures métalliques, dénommées ainsi parce que l'halogène est l'iode. Le brome et le chlore sont également utilisés. – En fonction des métaux utilisés, ces sources ont des spectres d'émission différents mais très riches, voire continus. – Plusieurs formes : tubulaire, ovoïde, à double culot, à réflecteur, à culot E40, G12, à culot à câbles (pour les fortes puissances), etc., pour lesquelles la documentation des fabricants précise les positions de fonctionnement à respecter. 	Ces lampes sont utilisées pour la mise en valeur par la lumière de site ou en éclairage d'ambiance grâce à : <ul style="list-style-type: none"> – leur très bon indice de rendu des couleurs (> 80) ; – leur température de couleur (2 800 K à 4 200 K) procurant une lumière blanche qualitative.
Lampe à vapeur de sodium haute pression (SHP)	<ul style="list-style-type: none"> – Efficacité lumineuse remarquable. – Formes variées : tubulaire, ovoïde, à double culot, ce qui permet de les intégrer dans une multitude de systèmes optiques. – Nécessite un appareillage d'alimentation (ferromagnétique ou électronique), un dispositif d'amorçage afin de provoquer l'allumage et un système de stabilisation. – Lumière à dominante jaune orangé. 	Majoritairement utilisée en France en éclairage extérieur, notamment en éclairage routier. Les variations de tension et le nombre de cycles d'allumage et extinction influencent grandement leur durée de vie économique, qui peut cependant aller jusqu'à 24 000 h. Elles ne peuvent pas fonctionner dans toutes les positions.
Lampe à iodures métalliques (IM) nouvelle génération	<ul style="list-style-type: none"> – Lumière blanche (2 800 K) – Durée de vie économique comparable aux sources lumineuses SHP permettant d'être employée dans des luminaires fonctionnels. – Nécessité d'une alimentation spécifique, permettant une gradation du flux lumineux. 	Apparue récemment dans la gamme des lampes à décharge utilisées en éclairage extérieur.

3 Diodes électroluminescentes (LED) en éclairage extérieur

Les applications en éclairage extérieur pour les sources LED ont démarré par du balisage, il y a une vingtaine d'années, puis de la signalisation (feux de signalisation permanents, panneaux de police lumineux), de l'éclairage architectural (mise en lumière de bâtiments), de l'éclairage décoratif, puis de l'éclairage fonctionnel.

Notions de protocoles de communication appliqués à l'éclairage extérieur

FICHE
3.10

Les installations d'éclairage extérieur ont évolué d'un éclairage statique, où la seule fonction de l'installation était d'éclairer, à un éclairage dynamique et intelligent (*Smart Lighting*) où les installations sont mutualisées (fig. 1). La mutualisation des installations nécessite la mise en place de protocoles de communication afin que les différents équipements puissent dialoguer entre eux. Avant de choisir le protocole de communication le plus approprié, il faut au préalable déterminer les besoins de communication de l'installation d'éclairage extérieur (fig. 2).

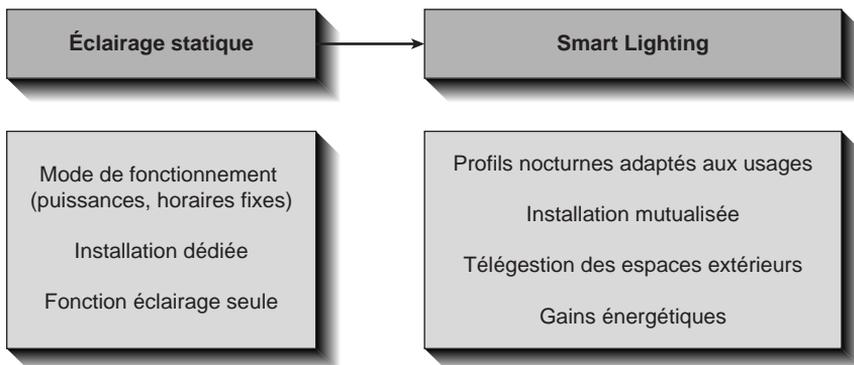
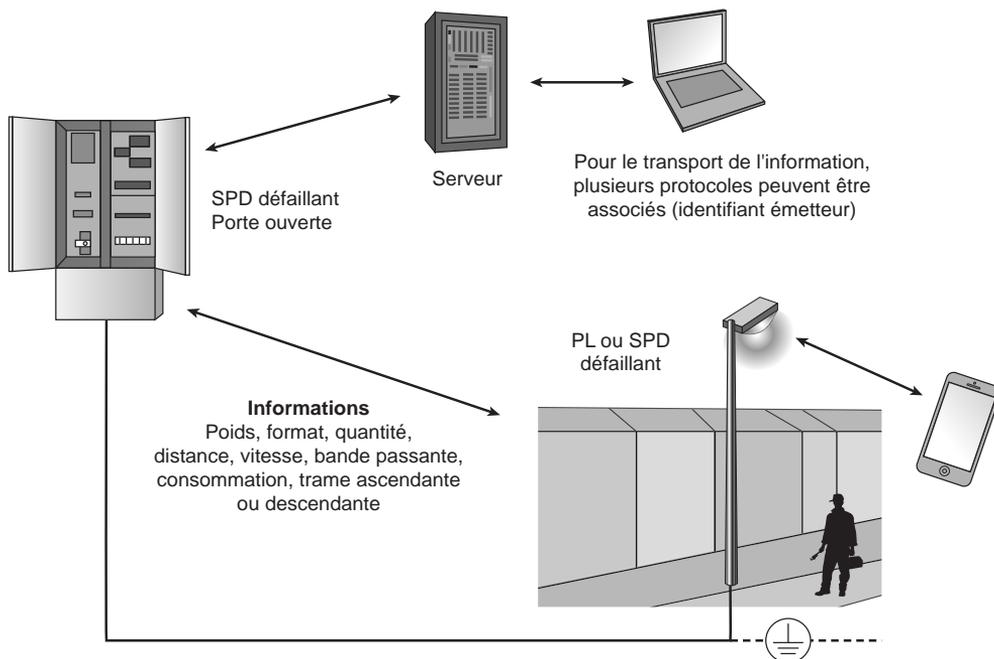


Fig. 1. Fonctions simplifiées de l'éclairage statique et de l'éclairage « intelligent ».

Notions de protocoles de communication appliqués à l'éclairage extérieur



PL : point lumineux
SPD (*Surge Protector Device*) : parafoudre

Fig. 2. Exemple de besoins de communications pour une installation d'éclairage extérieur.

1 Principes de communication

La communication entre différents systèmes s'effectue à travers une chaîne d'éléments (fig. 3) définis ci-dessous.

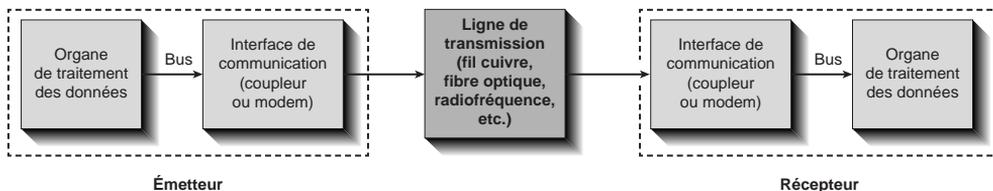


Fig. 3. Principe de communication entre systèmes.

Définitions

Protocole de communication

Le protocole de communication est un langage de communication hiérarchisé et priorisé entre émetteur et récepteur.

Le projet de *Smart City* repose sur la mutualisation de ses infrastructures. De ce fait, la mise en place d'installations dites « intelligentes » a considérablement modifié la conception des installations d'éclairage extérieur.

Offrant de nombreux usages possibles, la mutualisation des infrastructures génère néanmoins un certain nombre de contraintes auxquelles il convient d'être particulièrement attentif.

1 Applications possibles

Les principales applications à l'usage des collectivités sont (fig. 1) :

- la gestion du stationnement ;
- la vidéoprotection ;
- la gestion des parcs de stationnement en surface ;
- les panneaux d'affichage dynamique (information municipale, etc.) ;
- la détection de la pollution ;
- les points d'accès wifi ;
- la recharge des véhicules électriques ;

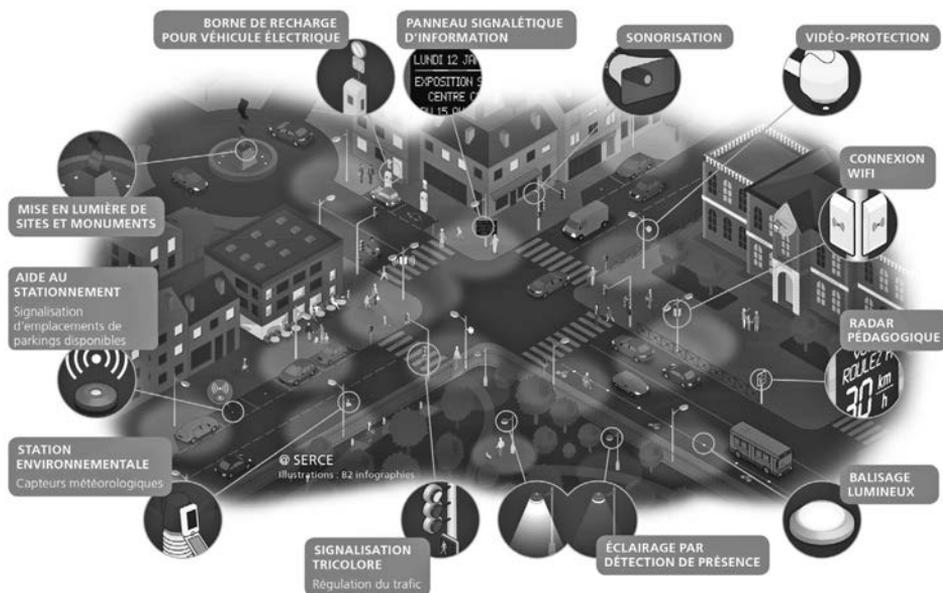


Fig. 1. Exemples d'applications dans une SmartCity (source : extrait de la plaquette « Agir sur l'éclairage public » ©SERCE – tous droits d'exploitation réservés au SERCE).

Approche de la SmartCity

- la signalisation tricolore ;
- la sonorisation de l'espace public ;
- l'éclairage des espaces extérieurs.

Ces applications supposent entre autres :

- l'installation de capteurs sur des supports d'éclairage extérieur ou autres infrastructures de voirie (panneaux de signalisation, chaussée, etc.) ;
- l'utilisation, pour les usagers, d'une application accessible via un *smartphone*.

Ainsi, les structures informatiques à mettre en place peuvent rapidement devenir conséquentes. Par exemple, la structure générique pour une application comprend :

- un serveur pour le paramétrage de l'application ;
- un serveur pour l'utilisation de l'application ;
- un serveur pour la gestion des données.

2 Points de vigilance

Les points sur lesquels il faut se montrer vigilant dans le cadre de la mutualisation des infrastructures d'une installation d'éclairage extérieur sont les suivants :

- la mutualisation des supports d'installation de recharge des véhicules électriques (IRVE) et de l'éclairage public (EP) : vérification mécanique des ouvrages, dimensionnements, etc. ;
- la sécurité électrique (NF C 15-100, NF C 17-200) : si deux circuits (EP et IRVE) partagent le même câble d'alimentation, les règles de protection, de sélectivité et de sectionnement doivent s'appliquer sur chaque circuit ;
- les alimentations électriques : certains équipements fonctionnent en mode POE (*Power Over Ethernet*) tandis que d'autres nécessitent des alimentations électriques permanentes (cohabitation de sources de tension différentes, règles de protection, etc.) ;
- le génie électrique : câbles suffisamment dimensionnés, protection des circuits et des personnes, etc. ;
- le câblage des points lumineux : adapté aux modes de communication (à prévoir en usine) ;
- les protections complémentaires contre les perturbations de tension pour les équipements de communication ;
- la cohabitation de courants forts (puissance) et de courants faibles (signaux) dans les mêmes infrastructures (mesures éventuelles de protection à prévoir) ;
- la disponibilité d'un réseau d'éclairage extérieur couvrant le territoire d'une ville et fonctionnant environ 4 100 heures sur 8 760 par an (soit une utilisation dédiée de 46,80 % du temps) ;
- la source des recettes financières de redevance d'occupation du domaine public pour un usage privé (infrastructures, supports, etc.) ;
- les coûts de déploiement, d'abonnement et de maintenance des systèmes ;
- les réseaux : pouvant être mis sous tension en permanence (tarification adaptée) avec des dimensionnements et des processus de fonctionnement clairement définis et adaptés aux usages attendus.

Enfin, la sécurité des échanges, la consommation des équipements complémentaires, la confidentialité des données, l'interopérabilité des systèmes ainsi que les délais de rétablissement sont autant de nouveaux paramètres qui viennent complexifier davantage le dimensionnement d'un projet d'éclairage extérieur et les métiers qui lui sont associés.

ÉCLAIRAGE DES ESPACES EXTÉRIEURS

2^e édition

Roger Couillet, ingénieur, travaille aux services techniques de la ville de Douai depuis plus de vingt-sept ans. Responsable des installations électriques extérieures, sa mission couvre les principaux aspects liés à l'éclairage extérieur, depuis la phase de conception jusqu'à l'exploitation des ouvrages, en passant par la réalisation confiée à des entreprises extérieures. Il collabore à l'ouvrage à actualisation permanente *Guide technique des aménagements extérieurs*, dont ce guide est extrait.

Domaine en pleine mutation technologique, l'éclairage extérieur doit s'adapter à un cadre politique imposant le respect de nouveaux enjeux environnementaux et énergétiques. Tout en maîtrisant les critères économiques liés au coût global, les collectivités doivent installer des équipements performants et assurer la sécurité des installations.

Ce guide offre une synthèse de toutes les dispositions constructives relatives aux installations d'éclairage extérieur.

- Il expose les contraintes du cadre réglementaire et juridique d'une installation.
- Il détaille les principes et les techniques d'éclairage pour chaque type d'installation : voirie, tunnels et points spéciaux, mise en lumière des paysages et des bâtiments.
- Il analyse les composants d'une installation : supports, fondations, armoires de commande, luminaires (sources LED, auxiliaires d'alimentation), matériels électriques.
- Il explique les étapes de conception d'un projet, depuis les études photométriques jusqu'aux vérifications réglementaires.
- Il précise les opérations de contrôle et de maintenance indispensables pour assurer les performances énergétiques attendues et la maîtrise des coûts.

Cette deuxième édition tient compte de la parution de l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. Il aborde ainsi les problématiques liées aux nuisances lumineuses, mais aussi les nouveaux enjeux que constituent la mise en place des protocoles de communication qui permettent de mutualiser les installations et la ville intelligente ou *Smart City*.

Ce manuel pratique est destiné aux maîtres d'ouvrage, chefs de projet, élus locaux et services techniques des collectivités, et aux maîtres d'œuvre, ingénieurs, architectes, bureaux d'études.

Sommaire

- Chapitre 1** – Cadre juridique, normatif et réglementaire
- Chapitre 2** – Types et techniques d'éclairage
- Chapitre 3** – Composants d'une installation d'éclairage extérieur
- Chapitre 4** – Projet d'éclairage extérieur
- Chapitre 5** – Réception, exploitation et gestion d'une installation d'éclairage extérieur

ISBN 978-2-281-14305-8



9 782281 143058

Photographies de couverture :
© Damien Langlet

EDITIONS

LE MONITEUR

