

RÉFÉRENTIEL TECHNIQUE

LA MAINTENANCE DES INSTALLATIONS D'ÉCLAIRAGE PUBLIC EN LED



AVANT-PROPOS

Depuis plusieurs années, l'arrivée de la LED (Light-Emitting Diode) et sa démocratisation sur le marché ont amorcé un changement de paradigme dans l'éclairage public. La technologie des lampes à décharge, utilisée depuis plusieurs décennies, fait petit à petit place à la LED en disparaissant progressivement des catalogues des fournisseurs de matériels.

Les gestionnaires de parcs d'éclairage se trouvent donc confrontés à des installations composées de matériels dont les technologies mais également les besoins en termes de maintenance diffèrent. La question du traitement à apporter à chaque type de source lumineuse se pose alors : la liste des pièces identifiées comme « consommables » change, la sensibilité des appareils aux risques électriques également, tout comme les spécificités de leur

fonctionnement.

Pour rappel, le pouvoir de police du maire lui donne autorité pour prendre et faire respecter les mesures nécessaires au maintien de la sécurité dans le territoire de la commune. La maintenance des installations d'éclairage public en fait partie.

Trop souvent considérée comme inexistante, la maintenance à apporter aux installations LED doit faire l'objet d'une analyse pointue et de fortes exigences à définir par le gestionnaire du parc. Ce guide a pour objectif d'apporter des pistes de réflexion à l'élaboration de cette analyse.

Nous vous en souhaitons une agréable lecture.



SOMMAIRE

1.	Quelle maintenance préventive adapter à un parc d'éclairage public LED ?	4
2.	Quel type de maintenance adapter pour les ensembles LED à alimentation solaire ?	5
3.	Comment gérer la diversité de matériel LED et optimiser les interventions de dépannage ?	7
4.	Quelles données spécifiques relatives aux luminaires intégrer dans son SIG ?	10
5.	Quand doit-on remplacer un luminaire LED ?	11
6.	La mise en place de protection contre les surtensions électriques est-elle obligatoire ?	13
7.	Quels sont les critères à vérifier avant la rétrocession d'une installation en LED ?	14
8.	Quels sont les risques pour les LED installées sur le neutre de la distribution publique d'électricité ?	15
9.	Quelles sont les préconisations pour les circuits alimentant à la fois des lampes à décharge et des LED ?	16
	Remerciements	18

LES CAHIERS DE LA FNCCR

N° 3 mars 2023

Directeur de la publication :

Pascal Sokoloff

Rédaction :

Guillaume Le Bris, Wilfried Kopec, Service communication FNCCR, adhérents de la FNCCR (voir remerciements)

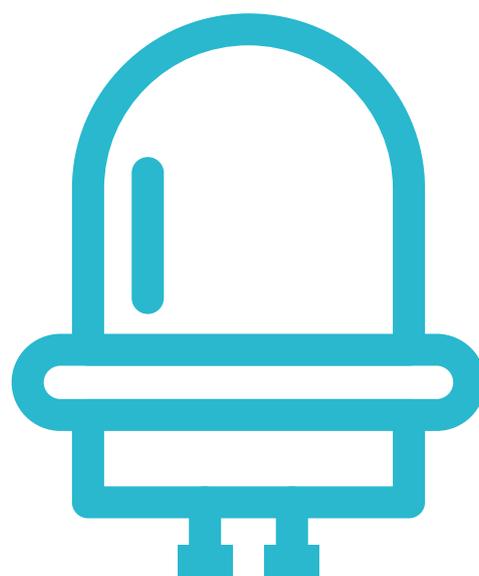
Coordination collection : Service communication FNCCR – Alexandre Allion

Mise en Page : Service communication FNCCR

Photos : FNCCR - Adobe Stock - TE38 - TE42 - SDESM - SYDEV - TE63 - A-Allion

Tous droits réservés –

Reproduction totale ou partielle interdite sans autorisation et citation de l'auteur



1 Quelle maintenance préventive adapter à un parc d'éclairage extérieur en LED ?

La part des sources LED dans le parc d'éclairage public des collectivités prend de plus en plus d'importance. Il convient donc d'apporter à ces parcs hétérogènes une maintenance adaptée à chaque type de source. En effet, avec le temps, les installations d'éclairage vont subir une perte progressive d'efficacité lumineuse et une dégradation des performances du luminaire liées à l'empoussièrement, l'encrassement (végétation, faune, circulation, pollution, ...), au jaunissement des optiques mais également au vieillissement des appareillages (qu'il s'agisse de ballasts ferromagnétiques, électroniques ou de drivers). Les dispositions de maintenance préventive (réaliser des opérations de maintenance avant l'apparition d'une défaillance) doivent donc évoluer afin d'être au plus proche des besoins du parc de l'exploitant.

Trop souvent ces dernières années, l'installation de luminaire LED a entraîné une absence de maintenance préventive de ces derniers et s'est uniquement effectuée sur les luminaires équipés de lampes à décharge. Après quelques années, les retours d'expérience nous prouvent que la maintenance préventive est nécessaire pour les deux types de sources. Elle apparaît tout de même moins contraignante et plus succincte sur les sources LED mais peut-être davantage complexe.

Enjeux photométriques

D'un point de vue de la photométrie, le nettoyage des optiques et des vasques est indispensable. L'opération consiste à éliminer la poussière et les impuretés présentes sur la paroi/ vitre à l'aide d'un chiffon sec et d'une eau savonneuse. De même, un contrôle et un nettoyage (présence de feuille, mousse, lichens, ...) des ailettes de dissipation de chaleur est nécessaire. Le nettoyage entre les ailettes peut se faire à l'aide d'un pinceau.

Ces opérations permettront de limiter la dépréciation du flux lumineux au fil des années. Il est conseillé d'effectuer le net-

toyage tous les 2 à 3 ans. Lors de cette opération, il peut être intéressant d'effectuer un allumage afin de constater le nombre de LED ne fonctionnant plus. Cette opération permettra d'analyser le besoin de remplacement de la source complète ou partielle. Il est aussi possible d'effectuer un relevé photométrique de nuit sur site afin de constater l'éventuelle dépréciation de l'éclairage moyen (ou de la luminance) et de l'uniformité dans la zone considérée.

Enjeux mécaniques

La tenue mécanique des installations est également à vérifier lors des opérations de maintenance. Les installations subissent inévitablement des chocs et sont sujettes aux vibrations dues au trafic routier et au vent, qui entraînent un desserrage des différentes vis de fixation. La réalisation d'un état des lieux de l'installation est nécessaire (corrosion, fermeture, chocs, vandalisme, absence de trappes et tag dans le cas de bornes). Il est indispensable de vérifier la bonne fixation du luminaire à la crosse ou au support. Une analyse toute particulière doit être faite au niveau de l'ouverture et notamment de l'étanchéité du luminaire. En effet, il arrive qu'avec le temps et les conditions météorologiques, les joints se craquent et n'assurent plus leur fonction, entraînant des dysfonctionnements des appareillages dans le luminaire. Il faudra donc repositionner le joint, le dépolluer, le nettoyer ou le remplacer si nécessaire. Le fournisseur doit être en mesure de fournir ces matériels.

Enjeux électriques

Concernant la dimension électrique de la maintenance, le remplacement systématique des lampes, douilles, condensateurs, ballasts et amorces n'est plus d'actualité. Néanmoins, comme pour les lampes à décharge, la vérification des connexions et de la fixation (serrage, oxydation) doit être réalisée au niveau du driver car les appareils sont soumis aux vibrations et un mauvais raccordement peut provoquer des dysfonctionnements (risque d'arc électrique). Certains luminaires sont équipés d'une varistance. Il est nécessaire, lorsqu'elle est présente de vérifier son état de fonctionnement (si elle n'a pas noirci ou fondu). La vérification de la protection (fusible ou disjoncteur) et de l'éventuel parafoudre en pied de mât (indicateur d'état, bonne connexion à la prise de terre) est également une étape incontournable de la maintenance.

Pour le reste de l'installation, à savoir le mât et la crosse, les préconisations sont les mêmes quel que soit le type de source.

L'ensemble des informations remontées lors de ces opérations de maintenance doivent être recensées dans la Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) de l'exploitant. Le choix initial du matériel installé s'avère très important en ce qui concerne la praticité de remplacement des différentes pièces, leur fiabilité ainsi que leur disponibilité.

À SAVOIR

Pour assurer l'éclairage nécessaire pendant une période donnée, les études d'éclairage prévoient un facteur global de maintenance MF (Maintenance Factor), qui prend en compte la diminution du flux lumineux d'une installation d'éclairage. La valeur de l'éclairage s'obtient à partir de la valeur de maintenance de l'éclairage et du facteur de maintenance. Le plan d'entretien détermine les intervalles de nettoyage des appareils d'éclairage et de la pièce, ainsi que le changement des lampes.

Quel type de maintenance adapter pour les ensembles LED à alimentation solaire?

Les systèmes d'éclairage autonome sont un ensemble d'appareils qui restituent un rayonnement lumineux reposant sur l'utilisation de l'énergie solaire.

Ces systèmes sont alimentés par l'énergie solaire. Ils sont équipés de panneaux photovoltaïques qui captent la lumière du soleil pendant la journée et la transforment en énergie électrique. Celle-ci est stockée dans des batteries, puis restituée la nuit pour l'éclairage. Le lampadaire devient ainsi autonome en énergie. S'il est asservi à un système de gestion, il peut contribuer à diminuer la pollution lumineuse et la consommation d'énergie. Ces luminaires s'avèrent pertinents pour les sites isolés ou pour ceux dont le réseau électrique n'est pas disponible. Ils évitent ainsi des coûts élevés de raccordement au réseau électrique et permettent d'assurer un cadre sécurisant pour les usagers.

On trouve actuellement 2 types de systèmes sur le marché :

- Les luminaires tout-en-un où le panneau solaire est intégré au luminaire ;
- Les installations où le panneau et le luminaire sont dissociés.

Si le contexte plaide en faveur de l'installation d'un luminaire solaire, quelques précautions s'imposent :

- Définir de manière optimale le positionnement et l'inclinaison du panneau solaire afin qu'il bénéficie au maximum de l'ensoleillement et ne soit pas dans l'ombrage des éléments de son environnement ;
- Nettoyer régulièrement les panneaux afin que la poussière, les feuilles mortes ou les excréments d'oiseaux ne viennent pas perturber leur rendement ;
- Remplacer les batteries régulièrement. En fonction de la qualité des batteries installées, il faut donc prévoir un investissement notable tous les 5 à 10 ans pour les ensembles de base et tous les

10 à 20 ans pour les produits de technologie plus récente.

Les batteries

La capacité d'une batterie indique la quantité de courant qu'elle peut fournir au fil du temps. Il s'agit de l'un des critères pour les comparer entre-elles. La capacité est exprimée en Ampère-heure (Ah) mais parfois aussi en Watt-heure (Wh). Il faut donc analyser la capacité de la batterie avec la puissance de la source, son temps de fonctionnement et la tension du courant en sortie de la batterie.

On retrouve dans les plaquettes fournisseurs généralement des informations relatives aux capacités des batteries de l'ordre de 250 Wh mais ces dernières doivent être adaptées selon les projets.

Le nombre de cycles de décharge affecte davantage la durée de vie de la batterie que le seul passage du temps. C'est d'ailleurs par nombre de cycle que l'on désigne la durée de vie des batteries.

Les fournisseurs engagent généralement une garantie de 5 à 10 ans sur les batteries.

La panne la plus fréquente des lampadaires solaires est celle des batteries. Plusieurs types de batteries sont utilisés pour les systèmes d'éclairage solaire :

- Les batteries GEL sont au plomb. Une batterie de ce type est composée d'un ensemble d'accumulateurs au plomb-acide disposés en série et réunis dans un même boîtier enterré sous terre. Bien que le coût des batteries soit peu élevé et leur durée de vie importante, elles sont peu performantes (autonomie, poids, sensibilité au froid) par rapport aux nouvelles technologies de batteries qui ont émergé ces dernières années. Leur utilisation continue pour les lampadaires solaires est coûteuse et leur remplacement nécessite beaucoup de temps et de main d'œuvre ;

- Les batteries Nickel-Métal Hydrure (NiMH) sont venues remplacer le Nickel-Cadmium. Cette batterie rechargeable est libre de métaux toxiques ce qui en fait un modèle sûr. De plus, le NiMH est plus léger et propose une durée de vie de 10 à 12 ans (4 000 cycles environ). Elle est facile à recycler mais présente une énergie massique plus faible que les batteries Lithium-Ion ou Lithium-Polymère. Bien que parfois sujette aux phénomènes d'auto-décharge, cette technologie fait aujourd'hui partie des modèles de batteries favorisés par les fabricants d'éclairage autonome.

- Les batteries Lithium-Ion sont apparues au début des années 1990 et existent sous deux variantes. Dans un premier temps est apparu le LCO (Lithium cobalt), puis le LMO (lithium manganèse). Les batteries Lithium-Ion ont une très grande capacité de stockage dans un faible volume et avec un faible poids mais sont très sensibles à la décharge profonde. A partir de cette technologie, se sont développées les batteries Lithium-Ion-Polymère (LIP) aussi appelée Lithium-Polymère. Ce type de batterie a une densité énergétique inférieure aux batteries Lithium-Ion mais présente des caractéristiques similaires. Cependant, l'électrolyte de cette dernière est à base de gel, ce qui contribue à la rendre moins dangereuse. Les batteries Lithium-Fer-Phosphate (LiFePO4 ou LFP) constituent une catégorie des batteries Lithium-Polymère. Elles représentent avec les batteries NiMH la quasi intégralité des technologies de batteries aujourd'hui utilisées dans les produits d'éclairage autonome. Elles supportent de nombreux cycles de charge (jusqu'à 8000 cycles) et peuvent être rechargées rapidement.

Les panneaux solaires

Il existe, comme pour les batteries, différentes technologies de cellules solaires pour la composition des panneaux :

- Les cellules au silicium cristallin représentent 90 % des panneaux du marché. Elles sont très plébiscitées pour leur robustesse et leur performance. Leurs performances varient de 12 à 20 % et leur durée de vie est estimée à environ 25 ans. La majorité des fournisseurs de matériel d'éclairage autonome utilisent des panneaux avec cette technologie. On retrouve à l'intérieur de cette famille les panneaux monocristallins qui ont un rendement intéressant en période de faible ensoleillement mais demeurent onéreux et les panneaux polycristallins, plus économiques mais avec un rendement moins important.
- Les cellules à base de couches minces ont un rendement légèrement inférieur (de 7 à 13 %) et représentent les 10 % restants du marché.

Le watt-crête (Wc) est l'unité de mesure de puissance d'un panneau solaire. Cette puissance caractérise la capacité de production du panneau, c'est-à-dire la quantité d'énergie que seront en mesure de produire les modules en fonction du soleil capté, servant à alimenter le luminaire. Cette caractéristique technique des panneaux permet d'analyser leur performance. On retrouve sur le marché de l'éclairage autonome des panneaux dont la puissance varie de 50 à 400 Wc, et doit être dimensionnée en fonction du besoin exprimé.

On constate donc que le choix du matériel, batteries et panneaux est à corréliser selon la puissance du luminaire et donc de sa



consommation selon d'éventuelles extinctions nocturnes. Le choix du matériel initial est donc primordial.

Remplacement d'accessoires

La qualité des accessoires de lampadaires solaires actuels varie en fonction des fabricants. Il est nécessaire d'analyser et de diagnostiquer l'ensemble des pièces (les panneaux solaires, les batteries, les sources lumineuses, les contrôleurs) avant chaque projet afin de choisir un fabricant en mesure de répondre aux besoins de la collectivité.

Les pièces de remplacement doivent être conçues pour correspondre à la durée de vie du système d'origine afin de minimiser le nombre d'interventions d'entretien, réduisant ainsi les coûts de maintenance. Les composants solaires remplacés lors

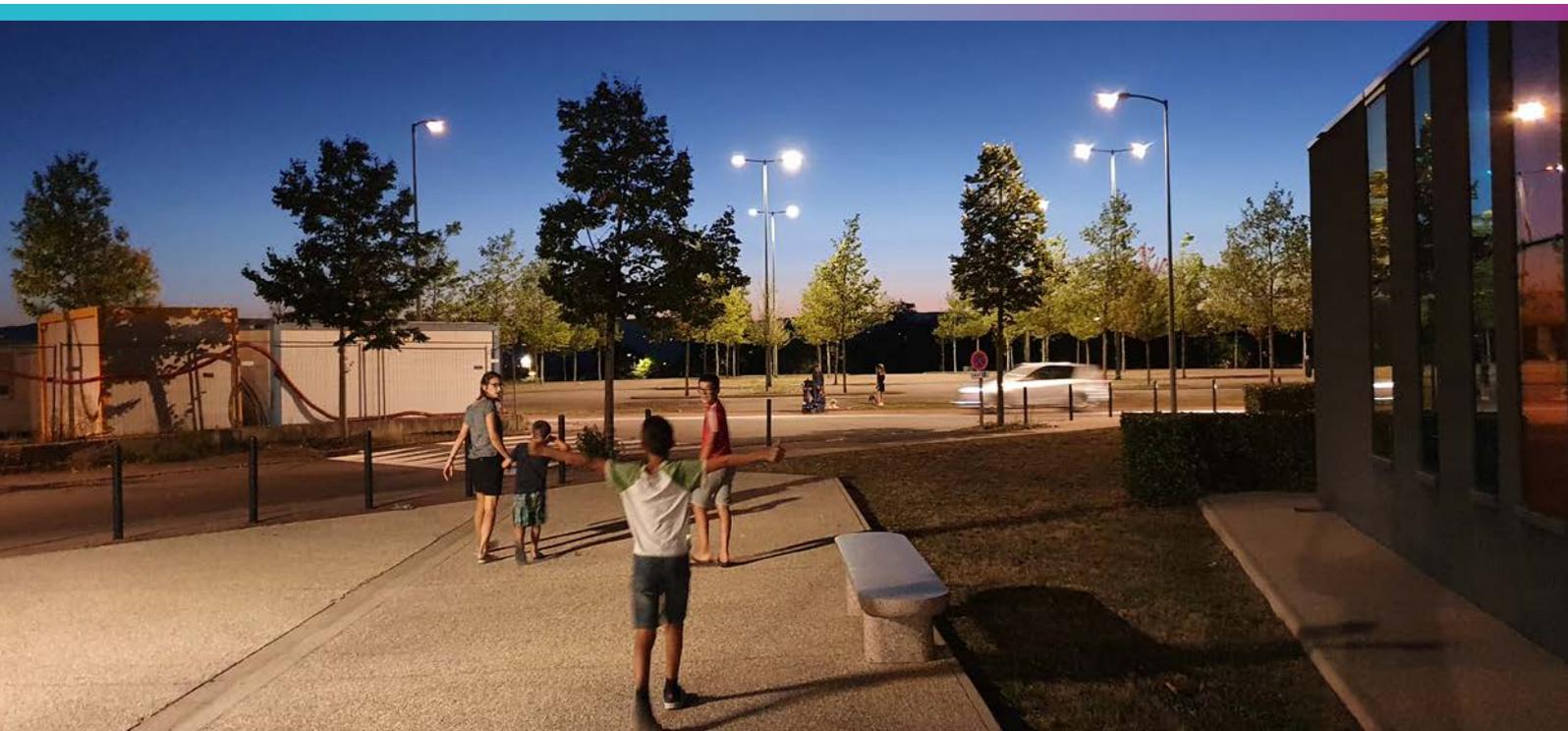
de la maintenance doivent être assortis au système d'origine. Cela comprend la correspondance des paramètres techniques, de la capacité des batteries ainsi que des contrôleurs de lampadaires solaires. Il est nécessaire d'effectuer une analyse avant toute intervention pour le remplacement de pièces afin d'éviter la perte du système.

Il faudra donc s'assurer d'avoir le même type de pièces avec le fabricant lorsque le luminaire ne sera plus sous garantie.

Opérations de maintenance

Lors de la maintenance préventive des installations fonctionnant à l'aide de l'énergie solaire, il est conseillé de :

- Nettoyer le panneau photovoltaïque ;
- Effectuer le contrôle de régulateur de charge ;
- Effectuer des contrôles sur la batterie :
 - Propriété des batteries ;
 - Niveau de l'électrolyte ;
 - État des bornes des batteries (y compris les cosses) ;
 - Niveau de tension des batteries.
- Des contrôles mécaniques du mât, de la crosse et du luminaire ;
- Élagage à proximité pour éviter les effets de masque.



3 Comment gérer la diversité de matériel LED et optimiser les interventions de dépannage ?

Les collectivités intègrent aujourd'hui massivement les nouvelles technologies dans les services essentiels à la vie quotidienne des concitoyens pour répondre aux enjeux énergétiques et écologiques, mais également aux nouveaux besoins et usages des citoyens, l'objectif étant de rationaliser le fonctionnement de leurs équipements.

Ces nouvelles technologies offrent beaucoup de possibilités. Elles sont basées sur l'électronique et le numérique. C'est notamment le cas de la LED en éclairage extérieur pour laquelle il faut définir un mode de gestion et de maintenance adapté et nécessaire. Aujourd'hui, on estime que la part des luminaires LED représente 20 % du parc des collectivités.

Les principaux cas ou équipements LED rencontrés

Les sources lumineuses

Les lampes de substitution à des lampes à décharge qui permettent une rénovation simple et rapide comme les lampes à douille, ne sont pas gradables. Les luminaires évidés dans lesquels cette technologie a été installée ne sont plus conformes aux exigences « CE », lesquels ont été testés et garantis par le fabricant. Il est également impératif de s'assurer que les modifications respectent l'arrêté du 27 décembre 2018 relatif à la prévention, à la réduction et à la limitation des nuisances lumineuses. La mise en place de ces lampes peut également poser des problèmes de tenue mécanique du fait de leur masse. Les modifications que leur mise en place incombe ne permettent pas de retour en arrière. L'investissement ne doit pas s'arrêter uniquement à l'achat d'une lampe vendue chez un grossiste ou sur Internet. En effet, la différence de coût entre une opération de remplacement de lampe LED alternative, y compris une mise aux normes électriques, et un luminaire fonctionnel neuf est très faible. Pour des questions de garantie, d'efficacité et de longévité, le neuf est à privilégier.

Les plateaux LED dits « rétrofit », avec pièces adaptatrices en remplacement des lampes à décharge dans des châssis de luminaires existants, sont aussi bien commercialisés chez des fabricants de luminaires que chez des revendeurs non spécialisés. Cette solution peut avoir du sens pour un passage aux LED de luminaires relativement récents. Des vérifications normatives au préalable doivent s'imposer avant toute modification. L'investissement doit être mesuré comme pour les lampes de substitution.

Les luminaires équipés d'un module LED composés de barrettes, dont certaines sont interchangeables grâce à l'interopérabilité des systèmes (cf. protocole Zhaga) sont aujourd'hui des modèles qui apparaissent pérennes.

Les appareillages

Les luminaires sont équipés de drivers (alimentation électronique) fixés directement sur le corps en fonderie. La taille des drivers des luminaires LED de première génération étant variable, il sera compliqué de les remplacer dans les années à venir. Aujourd'hui, de nombreux fournisseurs cherchent à formaliser la taille et le fonctionnement des drivers comme le fait le consortium Zhaga.



Néanmoins, les drivers possèdent des caractéristiques spécifiques (protection contre les surtensions, distorsion d'harmoniques, ondulation, courant de sortie, courant de fuite...) et un câblage dédié. Il est d'ailleurs recommandé de prolonger les câbles de communication du driver (souvent 2 conducteurs DALI) jusqu'au pied du mât pour éviter de réintervenir pour une éventuelle modification de programmation avec une nacelle.

De nombreux modes de fonctionnement existent (courant d'alimentation, gradation, mode de communication, modification des températures de couleur).

Tous ces paramétrages doivent être répertoriés et pouvoir être reproduits en cas de remplacement du driver. L'intervention de remplacement du driver doit également être maîtrisée tant sur les coûts que sur la durée de panne. Certaines conditions sont facilitantes : protocole Zhaga, drivers D4I, Tags ou QR codes sur les luminaires, base de données renseignée...).

Les bonnes pratiques

En phase amont

Il est indispensable de disposer d'une base de données des luminaires afin de retrouver les informations nécessaires à la maintenance. La bonne connaissance du patrimoine lumineux est la clé pour assurer efficacement la maintenance préventive et corrective, mais aussi l'exploitation des installations. Il est conseillé de disposer d'une base de données patrimoniales qui regroupe les caractéristiques et les paramétrages des différents ouvrages, et qu'elle soit renseignée et mise à jour régulièrement par un outil de gestion de maintenance assistée par ordinateur.

Il convient de mener une réflexion sur l'éclairage pour définir son mode de fonctionnement selon les voies classées (temporisation, ...), élaborer une stratégie pour la ville concernant son identité lumière. Cette réflexion va conditionner les choix techniques en phase travaux et la maintenance qui en découle.

Il est conseillé d'associer le chargé d'exploitation à la définition des besoins et à l'étude. Certains choix techniques et technologiques ont une incidence forte sur la maintenance :

- Les premières générations de luminaires LED sont à ce jour difficilement maintenables car les pièces ne sont plus commercialisées ou sont non interchangeables. En outre, certains luminaires ne sont plus suivis pour des raisons technico-commerciales.
- Afin de faciliter la maintenance et de réduire les temps de dépannage, il est possible d'opter pour une certaine standar-

disation ou des protocoles ouverts pour certains équipements.

- La prise en compte des recommandations des fournisseurs sur la maintenance et des conditions de garantie peuvent conditionner les choix de matériels dans la prescription.
- L'analyse des risques liés à la foudre doit aussi être prise en compte.

La remise d'un dossier avec les fiches techniques et les attestations (CEE RES EC 104, ULR, Codes CIE3,...) doit être imposée lors de la réception des travaux.

En gestion/exploitation

Le parc d'éclairage d'une collectivité s'est constitué au fur et à mesure des projets d'aménagement, de travaux neufs et de rénovation successifs pendant une période de plus de 50 ans. Il regroupe donc une diversité importante de technologies et de matériels d'âges différents. La majorité des collectivités n'ont pas rénové totalement leur parc en LED.

C'est un facteur à prendre en considération dans l'organisation de la maintenance, que ce soit pour la maintenance préventive et corrective.

Afin d'organiser la maintenance préventive, on peut citer quelques bonnes pratiques telles que :

- Analyser le patrimoine pour définir sur quels ouvrages effectuer la maintenance préventive. Certains luminaires ne sont pas maintenables. Les ouvrages en LED doivent également être maintenus sur le plan de la sécurité électrique, mécanique et pour conserver leurs performances photométriques.
- Prendre en compte la garantie constructeur des différents matériels pour la définition du périmètre et du calendrier.
- Comparer les durées de vie selon les types de source, pour organiser les campagnes de remplacement systématique. Concernant les luminaires LED, leur durée de vie n'implique pas encore d'envisager leur remplacement dans ce cadre. Néanmoins, un remplacement des modules LED à plus long terme pourra être nécessaire.
- Spécifier les conditions de maintenance préventive dans un outil spécialement dédié (GMAO).
- Anticiper et provisionner le coût de remplacement des drivers qui ont une durée de vie estimée à une dizaine d'années. Les coûts unitaires des équipements et de leur remplacement sont élevés. De plus, le remplacement dans le cadre du correctif entraîne des contraintes (mitage, reparamétrage...).

- Avoir une connaissance fine des informations données par le fabricant sur les luminaires LED : durée de garantie, taux de panne des diodes dégradant la photométrie, conditions d'intervention, maintenabilité...
- Inventorier l'ensemble des données de maintenance constitue une ressource importante à conserver, compte tenu de la durée de vie des drivers et des modules.
- Provisionner des équipements paramétrables et prévoir du matériel de rempla-

Ces spécifications devront apparaître dans le marché de maintenance où il sera spécifié que les frais de main d'œuvre liés à la gestion des SAV sous garantie devront être pris en charge par le fournisseur.

Dans le second cas, le maître d'ouvrage devra, dans le cadre de sa prescription, négocier avec les prestataires les conditions de garanties mentionnées ci-dessus. La durée de garantie des matériels sera spécifiée dans le marché. Le maître d'ouvrage devra définir si les coûts de main d'œuvre pour gérer les SAV sont pris en charge par l'en-



treprise et le spécifier dans le marché. La gestion des SAV devra également prendre en compte la solution d'attente afin d'assurer la continuité de service (stock de dépannage éventuellement valorisable aux frais du prestataire/de la collectivité, frais de pose du matériel en attente pris en charge par le titulaire du marché...).

Quelles préconisations prendre lors du lancement d'un marché de travaux ?

Dans les marchés de travaux, la collectivité a deux possibilités :

- Acheter elle-même le matériel d'éclairage public ;
- Laisser le titulaire du marché acheter les fournitures.

Dans le premier cas, la collectivité devra inclure les clauses liées à la gestion de garantie des matériels dans son marché. Elle devra définir la durée de garantie souhaitée et demander les conditions de fonctionnement de la garantie ainsi que les préconisations de maintenance. L'impact financier devra apparaître dans le chiffrage pour être pris en compte dans le jugement de l'offre. Le maître d'ouvrage peut demander à ce que les coûts de main d'œuvre liés à la gestion de la garantie (pose et dépose) soient pris en charge. Le fabricant fera une offre qui sera prise en compte dans la notation du marché.

Le fournisseur devra communiquer les moyens mis en place pour réduire les délais de traitement des SAV pour les matériels et les composants (modules + drivers).

treprise et le spécifier dans le marché.

La gestion des SAV devra également prendre en compte la solution d'attente afin d'assurer la continuité de service (stock de dépannage éventuellement valorisable aux frais du prestataire/de la collectivité, frais de pose du matériel en attente pris en charge par le titulaire du marché...).

Période de garantie

Le fournisseur ou le prestataire devra garantir les luminaires, sous réserve de toutes les conditions à mentionner (installation, utilisation, etc), pendant une durée définie à compter de la date de la facture.

En cas de luminaires défectueux et étant couverts par la présente garantie, il est recommandé au maître d'ouvrage de demander au fournisseur de procéder, à ses frais, à leur réparation ou à leur remplacement. En lien avec l'entreprise de maintenance et d'exploitation, les frais comprennent le démontage, les envois des pièces défectueuses ou les luminaires défectueux, enlèvement et réinstallation, temps de transport, les interventions de remise en service et essais. Si un luminaire n'est plus commercialisé ou n'est plus disponible pour toute autre raison, le fabricant pourra proposer un luminaire équivalent.



LES POINTS DE VIGILANCE

- La garantie du respect de la photométrie initiale lorsqu'un module LED est remplacé.
- La sensibilité de l'électronique aux variations de tension (généralement le driver) qui impose des campagnes de remplacement à prévoir.
- L'indisponibilité ou l'arrêt commercial des pièces de rechange ou du luminaire selon l'évolution des produits commercialisés.
- Les luminaires LED installés doivent permettre leur maintenance.
- La gestion des différentes conditions de garantie électrique et électronique des constructeurs qui varient de 3 à 10 ans. L'application de la garantie est souvent conditionnée à une durée d'utilisation maximale de 4200 heures par an et un maximum de 2 cycles d'allumage/extinction quotidiens (coupure de nuit).
- La multitude d'équipements « intelligents et/ou connectés » impose une rigueur dans la gestion de la maintenance (relevé des données programmées, des références et de leurs caractéristiques).
- Si le matériel n'est pas encore connu au stade de la consultation, l'entreprise fera son offre de prix en intégrant le risque et un nombre de SAV estimés à traiter. Ce risque sera forcément valorisé financièrement dans son offre. Le maître d'ouvrage peut demander de préciser le nombre de pannes retenues.
- Il convient aussi de pouvoir évaluer s'il y a un taux de panne de diodes spécifiques à partir duquel on considère que le luminaire ne remplit plus ses fonctions et doit faire l'objet d'un dépannage.
- Si les achats ne sont pas assurés directement par le maître d'ouvrage auprès des fournisseurs, il est nécessaire d'informer l'acheteur privé des conditions du maître d'ouvrage en termes de garantie.
- Le fabricant doit indiquer les conditions de bonne exécution et de pose de son matériel.



Quelles données spécifiques relatives aux luminaires intégrer dans son SIG ?

Les appareillages qui composent les luminaires LED sont bien différents de ceux qui équipent les luminaires fonctionnant avec des lampes à décharge. L'intégration de leurs caractéristiques techniques dans un Système d'information géographique (SIG) et de Gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) est donc spécifique.

Une multitude de possibilités

De même que chaque gestionnaire d'éclairage public ne gère pas son parc de la même manière, il existe de nombreux logiciels de SIG et de GMAO sur le marché. Certains sont développés par des entreprises qui les proposent en même temps que les contrats de maintenance. Dans ce cas, il faudra s'assurer que les données qui sont intégrées dans ce SIG demeurent bien la propriété du maître d'ouvrage et qu'il pourra bien les récupérer à l'issue du contrat.

Les champs à remplir dans le SIG dépendent fortement de la manière dont est organisée la maintenance de l'éclairage public. Une maintenance en régie nécessitera davantage de détails sur des éléments précis internes aux appareillages lorsqu'une maintenance par tiers concernera davantage le contrôle des interventions réalisées.

Quoi qu'il en soit, le SIG a principalement pour vocation de consulter l'état de son parc, en améliorer sa connaissance, et donc sa maintenance. Le SIG et la GMAO sont des outils ayant des liens techniques et géographiques. En y ajoutant un lien avec la facturation énergétique, l'ensemble deviendra un ensemble de pilotage financier.

Les éléments associés à la maintenance doivent permettre de :

- Connaître techniquement les matériels : type, marque, couleur, localisation précise, source d'alimentation, puissance, température de couleur, date d'installation, éléments concernant le driver, la protection, le parafoudre le cas échéant, DALI, indices IK et IP, hauteur de feu ;
- Respecter l'arrêté du 27 décembre 2018 : inclinaison de la lanterne, ULR, abaissement ou extinction... ;
- Historiser les actions de maintenance et d'investissement pour la sécurité et la pérennité EP.

Élaboration de la base de données

Plusieurs groupes de travail ont émergé ces dernières années afin d'élaborer des standards de base de données. Il s'agit d'un document permettant d'homogénéiser les données existantes pour les rendre interopérables. Sans données homogènes et comparables, les analyses de ces dernières perdent de leur intérêt et de leur pertinence.

Les attributs des bases de données présentés dans ces standards sont les champs qui sont supposés former le socle de base d'un SIG, auquel chaque maître d'ouvrage ou exploitant peut ajouter les informations qui lui semblent nécessaires. Les standards « EclExt » axés sur l'arrêté du 27 décembre 2018 ou « StaR-Elec » destinés à homogénéiser les données géographiques relatives aux réseaux électriques peuvent être cités.

Une mise à jour nécessaire dans un délai défini

Néanmoins, il est important de disposer d'une base cohérente et homogène dans son territoire pour disposer de données

fiables. Cette base devant être remplie à chaque chantier réalisé ou à chaque rétrocession, il convient de s'assurer que chaque élément est réellement utile, pour ne pas remplir des champs qui ne serviront pas. Les bases de données SIG disposent désormais plus souvent d'une version terrain permettant de géoréférencer les équipements et de les mettre à jour. Une phase de vérification des informations entrées dans le SIG doit absolument être réalisée par l'exploitant après la mise à jour des installations par les techniciens et avant validation définitive dans le SIG.

À préciser, la base de données des luminaires LED doit être rapprochée des bases de données « supports », « armoire » et « réseaux », qui constituent également des éléments importants de suivi du réseau d'éclairage public.

L'exploitant, mais également le propriétaire du réseau, doit être très vigilant à ce que toute intervention sur un équipement entraîne automatiquement la mise à jour du SIG, notamment, le Dossier des ouvrages exécutés (DOE) remis pour toute intervention de rénovation ou d'extension qui doit comporter le détail de tous les champs du SIG. En cas d'intégration de chantiers réalisés par des tiers, il est fortement recommandé d'aller contrôler sur site la conformité entre les documents transmis et la réalité du terrain.

Un SIG est un outil précieux pour le suivi, la gestion et la planification des travaux d'éclairage public. Il perd de sa valeur si les données qu'il comporte ne sont pas fiables.

Attributs du standard EclExt

Géométrie	Photométrie	Température de couleur	Inclinaison maximale	Profil nocturne
État de fonctionnement	CIE3	Flux de la source	Date d'installation	Éclairage adaptatif
Public/privé	Type de source	Flux du luminaire	Première installation	
Fabricant	Type de luminaire	ULR nominal	Date de dépose	
Modèle	Hauteur de feu	ULR installé	Extinction nocturne	

Quand doit-on remplacer un luminaire LED?

La durée de vie des sources LED en éclairage extérieur s'étend jusqu'à 100 000 heures (durée de vie nominale moyenne), soit 20 à 25 années de fonctionnement (sans extinction nocturne). La durée de vie réelle dépend de la durée d'utilisation de chaque luminaire. Le flux lumineux des luminaires LED se dégrade au fil du temps.

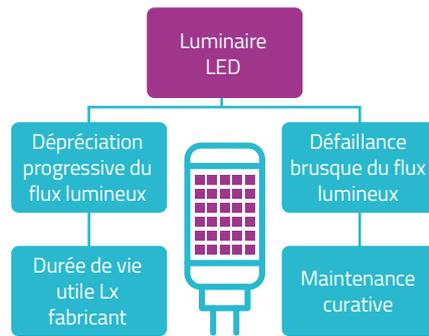
Le nombre de cycles de commutation influence également sur la longévité des lampes LED. Un nombre extrêmement élevé de cycles de commutation et une température ambiante inadaptée peuvent accroître l'apparition de défauts de fonctionnements sur le matériel.

Calculer la durée de vie d'un éclairage LED

Deux valeurs pertinentes de performance pour décrire la durée de vie utile d'une source LED sont à considérer :

- La dépréciation progressive du flux lumineux est liée au maintien du flux de la source lumineuse dans le luminaire. Elle décrit la quantité de flux lumineux qui reste disponible après un certain temps par rapport à la quantité de flux lumineux initial des sources lumineuses dans le luminaire. La dépréciation du flux lumineux peut être une combinaison de LED individuelles qui émettent moins de lumière et de LED individuelles qui n'émettent plus du tout de lumière à l'intérieur d'un même module. Elle dépend également de la dépréciation des luminaires.
- La défaillance brusque qui décrit la situation dans laquelle le luminaire LED ne produit plus de lumière parce que le système (ou un composant essentiel) est défaillant.

La « dépréciation progressive » du flux lumineux et la « défaillance brusque » ont été décrites dans la norme IEC 62722-2-1 – Performance des luminaires – Partie 2-1 : exigences particulières relatives aux luminaires à LED.



Dépréciation progressive du flux lumineux

Dans les années 2010, l'émergence de matériel LED dans le domaine de l'éclairage extérieur fait ressentir une absence de normes universelles disponibles pour mesurer ou comparer les performances des produits. Des fournisseurs ont envahi le marché indiquant des données douteuses sur les performances de leurs produits. La réglementation UNE-EN/IEC 62717 a été créée dans le but de freiner ce phénomène dans l'industrie de l'éclairage LED. Cette norme aide à définir une procédure normalisée sur la façon de présenter ou de démontrer les performances d'un système LED.

L'indicateur permettant de qualifier la dépréciation progressive du flux lumineux est la durée de vie utile du luminaire. Elle se définit de la manière suivante :

LxB_y@z

Où x définit le facteur de maintien du flux lumineux (pourcentage du flux lumineux initial).

Où y définit le pourcentage de luminaires qui n'atteindront pas la valeur indiquée par x.

Où z définit le nombre d'heures de fonctionnement qui nous intéresse.

Exemple : $L_{80}B_{10}@_{50000h}$ signifie qu'à 50 000 heures, 90 % des luminaires ou des LED auront un flux lumineux supérieur à 80 % du flux lumineux initial.

Pour les fabricants, il n'est pas possible de mesurer une durée de vie utile de 50 000 heures, par exemple, avant le lancement d'un nouveau produit. Les fabricants utilisent plutôt des périodes d'évaluation plus courtes et extrapolent les résultats pour arriver à des prévisions*.

Pour aider les utilisateurs, la norme définit également la durée de vie utile médiane, qui correspond à la durée de vie pendant laquelle la moitié des luminaires offre un flux égal à un pourcentage défini du flux initial. Il est désigné par l'indice Lx (qui correspond à LxB50) où x représente un pourcentage défini du flux initial (en excluant les luminaires n'émettant plus aucun flux lumineux). Par exemple : L80 est la durée de fonctionnement pendant laquelle la moitié des luminaires de ce type offrent un flux au moins égal à 80 % du flux lumineux initial. Les informations des fournisseurs ne tiennent généralement pas compte de l'encrassement des luminaires dans leurs conditions d'utilisation.

Défaillance brusque de flux lumineux

Un luminaire LED fonctionne aussi longtemps que la durée de vie de son composant le plus fragile. Il existe plusieurs composants essentiels d'un luminaire LED qui influent sur la fiabilité du système :

- Puce LED et soudures ;
- Refroidissement actif et passif ;
- Fiabilité du système ;
- Connecteurs mécaniques et joints d'étanchéité ;
- Électronique ;
- Composantes optiques.

La défaillance d'un des composants principaux entraîne généralement une panne du luminaire LED. Ceci n'est pas pris en compte lors de l'indication de la durée de vie utile. C'est la raison pour laquelle les défaillances brusques doivent être considérées séparément afin de pouvoir être prises en compte lors de la conception du projet d'éclairage. La défaillance brusque donnera lieu

*Pour plus d'informations, se rapporter au guide d'évaluation des performances des luminaires LED du Syndicat de l'éclairage

à une maintenance curative, pouvant aller jusqu'au remplacement du luminaire.

Pour permettre une compréhension plus aisée des données des fabricants, l'IEC a introduit la «valeur de défaillance brusque» (abrupt failure value – AFV) d'un lot de luminaires LED. La valeur de défaillance brusque est le pourcentage de luminaires LED qui ne fonctionnent plus lorsque la durée de vie utile médiane est atteinte. Les fournisseurs apportent généralement des informations sur la mortalité des drivers lorsque la durée de vie utile médiane du luminaire est atteinte.

Facteur de maintenance

Le facteur de maintenance d'une installation indique la proportion du flux lumineux initial encore disponible en fin de vie. En éclairage extérieur, on le définit pour les sources LED comme le produit du facteur du luminaire et du facteur de la source. Le facteur du luminaire dépend majoritairement de l'encrassement des vasques et des optiques de ce dernier.

Le facteur de la source dépend des caractéristiques techniques du module LED. La documentation technique du matériel LED peut s'avérer très évasive à ce sujet, voire parfois inexistante. Il est donc conseillé à l'exploitant d'installations de prendre attache avec le fournisseur du matériel pour obtenir des informations plus détaillées sur les caractéristiques techniques du matériel proposé.

Politique de rénovation des LED

Finalement, on remarque que sans effectuer de relevés photométriques réguliers ou sans analyser le nombre de LED n'émettant plus lors des entretiens préventifs (cf. fiche n° 1), il sera difficile de se faire une idée de la dépréciation du flux lumineux.

L'exploitant du réseau EP devra donc fixer un pourcentage de dépréciation du flux lumineux à partir duquel il estime que le service apporté aux usagers n'est plus adapté. Il pourra alors s'appuyer sur les données issues des catalogues des fournisseurs lui indiquant la durée de vie utile (médiane ou non) des luminaires et l'adapter en fonction

du nombre d'heures de fonctionnement de son parc. Il faudra veiller aux gradations et aux extinctions réalisées du parc qui peuvent influencer sur la durée de vie utile des luminaires et ne sont pas prises en compte dans les informations des fournisseurs.

Facteur de dépréciation des luminaires

CYCLE DE MAINTENANCE PRÉVENTIVE		2 ans	3 ans	4 ans				
Luminaires		Pollution ambiante						
IPxx	Vasque	Faible	Forte	Faible	Forte	Faible	Forte	
IP65	Verre	0,90	0,87	0,85	0,80	0,79	0,74	
	Plastique	0,85	0,79	0,76	0,70	0,68	0,64	
IP66	Verre	0,94	0,91	0,91	0,88	0,88	0,85	
	Plastique	0,87	0,84	0,82	0,79	0,76	0,74	



La mise en place de protection contre les surtensions électriques est-elle obligatoire ?

Bien que la LED présente de nombreux avantages dans de nombreux domaines (efficacité énergétique, diffusion de la lumière...), des interrogations persistent concernant les défaillances électriques des drivers, ces derniers sont relativement sensibles aux phénomènes de surtension, c'est-à-dire une grande élévation de la tension de l'ordre de plusieurs kV pendant un temps très court.

Phénomènes de surtension électrique

Ces phénomènes sont généralement générés par la foudre par conduction, rayonnement électromagnétique ou remontée de potentiel. Ils peuvent aussi concerner des surtensions temporaires (cf. fiche n°9).

Les surtensions se propagent selon deux modes :

- Commun : entre les conducteurs actifs (neutre ou phase) et la terre, ce qui est dangereux pour les appareils dont la masse est connectée à la terre et qui est le plus courant en éclairage extérieur ;
- Différentiel : entre les conducteurs actifs, ce qui est dangereux pour les équipements électroniques.

Pour se protéger de ces surtensions, des parafoudres existent. Ils ont pour objectif d'écrêter la tension avant que la surtension n'atteigne l'équipement qu'ils protègent et d'évacuer le courant. On retrouve dans certains luminaires des varistances au niveau des drivers dont l'objectif est également d'écrêter la surtension.

Bien que souvent préconisé par les fournisseurs, le parafoudre n'est pas obligatoire pour protéger les luminaires LED. Néanmoins une évaluation du risque de foudroiement, de la valeur financière du matériel à protéger ou encore des conséquences de l'indisponibilité de l'éclairage est nécessaire avant toute installation. L'analyse de l'installation d'un parafoudre se fera selon la localisation du projet en termes de densité

de foudroiement (Ng) et de la tension de tenue aux chocs des drivers (en kV).

Indices de densité de foudroiement et tension de tenue aux chocs des drivers

Météo France répertorie le nombre de coups de foudre au sol par an et par km² dans chacune des communes françaises sous l'indice Ng (<https://www.meteorage.com/fr/ressources/carte-interactive-gratuite>). Cet indice est plus élevé dans les territoires montagneux du Sud-Est de la France, généralement plus soumis aux risques de foudroiement.

Les drivers des luminaires possèdent une caractéristique intrinsèque appelée « tension de tenue aux chocs », qui définit le niveau de tension jusqu'auquel le driver sera encore fonctionnel. Cette information est indiquée sur les fiches techniques des luminaires.

Deux valeurs sont généralement données : la tenue aux chocs en mode commun et en mode différentiel.

La règle définie par la norme NF C 17-200 indique que :

- Pour les matériels électriques dont la tension de tenue aux chocs est su-

périeure ou égale à 4kV, il faut comparer le rapport $2500m/Ng$ à la longueur maximale du circuit. Si le point lumineux le plus éloigné de l'armoire se situe à une distance supérieure à $2500m/Ng$, la pose d'un parafoudre est nécessaire.

- Pour les matériels électriques dont la tension de tenue aux chocs est au moins égale à 2,5 kV, il faut comparer le rapport $200m/Ng$ à la longueur maximale du circuit. Si le point lumineux le plus éloigné de l'armoire se situe à une distance supérieure à $200m/Ng$, la pose d'un parafoudre est nécessaire.
- Pour les matériels électriques dont la tension de tenue aux chocs est au moins égale à 1,5 kV, il faut comparer le rapport $30m/Ng$ à la longueur maximale du circuit. Si le point lumineux le plus éloigné de l'armoire se situe à une distance supérieure à $30m/Ng$, la pose d'un parafoudre est nécessaire.

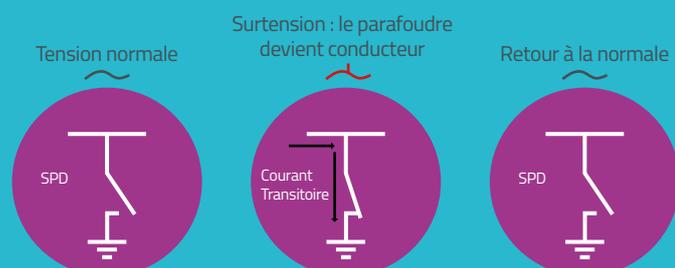
Le choix du driver et de sa tension de tenue aux chocs est donc primordial dans l'analyse du risque foudre. Le niveau de protection du parafoudre dépendra de la tension de tenue aux chocs des drivers.

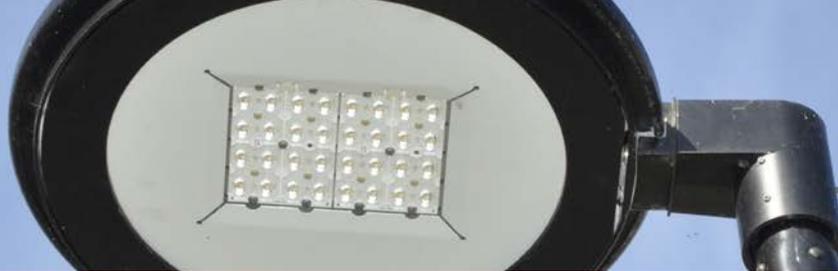
À SAVOIR

Il existe différentes technologies servant à protéger des surtensions :

- Les éclateurs fonctionnant par amorçage
- Les varistances fonctionnant par écrêtage
- Les diodes d'écrêtage

L'ensemble de ces technologies sont utilisées dans les parafoudres, installés à l'armoire, en amont de chaque départ ou au niveau de chaque point lumineux.





7 Quels sont les critères à vérifier avant la rétrocession d'une installation en LED ?

La rétrocession d'un parc d'éclairage public au sein du patrimoine de la collectivité entraîne non seulement la prise en charge de l'exploitation et de la maintenance de l'équipement rétrocédé, mais également la responsabilité juridique. Il est donc indispensable de ne pas sous-estimer cette étape, qui n'est pas simplement la signature d'un document administratif.

Une bonne préparation entraîne une rétrocession simplifiée

L'idéal est d'être impliqué dans le projet d'éclairage public dès sa conception, et d'avoir transmis des prescriptions. Plus le cahier des charges est précis, plus l'implication en phase chantier est importante, plus la rétrocession en sera facilitée.

Si le gestionnaire d'éclairage public dispose d'un schéma directeur d'aménagement lumière, ou d'un plan lumière, les prescriptions devront bien évidemment en tenir compte.

Si le choix du matériel relève avant tout de l'esthétique (type, forme et couleur du luminaire, choix du mât et de la crosse), il n'en est pas de même pour ses performances. Une étude d'éclairage est indispensable pour pouvoir fixer les attendus en termes d'éclairage mini, moyen, d'uniformité, de luminance. Cette étude pourra être faite sur un tronçon type dans le cas des voiries linéaires uniformes. Sinon, elle devra se baser sur le plan réel des voiries. C'est notamment le cas pour les carrefours, les raquettes de retournement, ou pour les tronçons spécifiques de cheminement doux. Cette étude doit être compatible avec les exigences de la norme NF EN 13201 et de l'arrêté du 27 décembre 2018.

La fiche technique du matériel devra être validée avant mise en place, ainsi que la note de calcul du réseau selon le guide AFNOR C 17-205.

Il faut également se positionner sur les

éventuelles spécificités d'éclairage, telles qu'extinction ou abaissement, température de couleur, etc.

Enfin, la connexion entre le nouveau réseau et le réseau existant doit également être étudiée : prolongation du réseau existant avec ou sans obligation de rénovation complète, création d'un nouveau départ sur une armoire ou d'une nouvelle armoire...

Étapes préalables à la réception d'une installation

Pour cela, le Dossier des ouvrages exécutés (DOE) est un document indispensable à récupérer. Il doit être conforme aux prescriptions et comporter : le plan géoréférencé du réseau en classe A, des fiches techniques du matériel mis en place, avec un repérage sur le plan en cas de présence de plusieurs matériels différents, la vérification initiale par un organisme de contrôle accrédité, le Consuel pour une nouvelle installation et les certificats d'économie d'énergie le cas échéant. Il est préconisé de demander également la fourniture des bons de livraison. Le DOE doit garantir au gestionnaire de disposer de tous les éléments lui permettant de compléter son SIG.

Pour garantir la qualité du travail effectué, il est préférable que l'exploitant (régie ou entreprise sous contrat) fasse une vérification du matériel installé, avec allumage. En effet, une fois la rétrocession effectuée, il sera très difficile de faire revenir l'entreprise pour reprendre une malfaçon.

En dehors des travaux, certaines rétrocessions peuvent impliquer du matériel installé depuis plusieurs années (par exemple, issus d'aménagements en plusieurs phases). Elles peuvent notamment concerner du matériel LED de première génération (début des années 2000) avec des équipements dont les caractéristiques ne correspondent plus aux exigences actuelles (tension de tenue aux chocs des drivers, durée de vie des LED,...). Il faut être attentif à ces éléments, mais également à la disponibilité des pièces de remplacement, qui ont parfois cessé d'être fabriquées.

La rétrocession en tant que telle consiste en la signature d'un acte par l'ensemble des parties concernées indiquant officiellement que le réseau est désormais sous la responsabilité du gestionnaire. Cet acte inclut donc l'aménageur, le propriétaire si celui-ci n'est pas l'aménageur, la collectivité, le gestionnaire du réseau d'éclairage public s'il est distinct de la collectivité.

En conclusion, le gestionnaire du réseau doit être aussi vigilant pour une installation rétrocédée que pour l'un de ses propres chantiers.



Quels sont les risques pour les LED installées sur le neutre de la distribution publique d'électricité ?

Les luminaires LED ne sont plus de simples enveloppes équipées de matériels électriques classiques pour faire fonctionner des lampes à décharge mais bien des outils électroniques performants qui, comme tout composant électronique, deviennent plus fragiles aux conditions de fonctionnement qui impactent le réseau.

L'implantation de tels composants en extérieur, complique encore plus la tenue dans le temps de ce type de matériel. Un des arguments de vente étant la fiabilité des LED dans le temps, il ne faudrait pas que cette spécificité soit annulée par des « agressions électriques » répétées du réseau.

Outre la foudre qui représente un risque connu (cf. fiche n°6), il existe d'autres perturbations sur le réseau qui pourraient endommager les drivers LED.

Présence d'un neutre commun

Bien que le raccordement de luminaires sur un réseau à neutre commun au réseau de distribution publique d'électricité soit autorisé, il est conseillé lors d'une campagne de rénovation de remettre en conformité le réseau d'alimentation en séparant électriquement ces réseaux, surtout lorsque la rénovation implique un remplacement des protections électriques sur les départs concernés. Néanmoins, de nombreux points lumineux existants sont raccordés de cette manière. Se pose alors le problème de leur

remplacement par des luminaires à LED lors d'opérations de rénovation.

Si la mise en place de protection contre les surtensions est optionnelle car elle dépend de la densité de foudroiement du secteur concerné, la protection contre les ruptures de neutre semble indispensable. On entend par rupture de neutre les risques encourus lors d'interventions sur le réseau de distribution publique d'électricité ou encore lors d'endommagements sur ces réseaux.

Les surtensions qui peuvent affecter les luminaires sur des réseaux non électriquement séparés des réseaux de distribution public d'électricité sont de l'ordre de plusieurs centaines de volts (pour quelques milliers de volts dans le cas de surtensions liées à la foudre). On les appelle les surtensions temporaires à fréquence industrielle (TOV : Temporary over voltage).

La rupture de neutre engendre une alimentation en série des luminaires, que ce soit en régime TN ou TT. Les luminaires sont mis en série entre deux phases (400V) et non plus en parallèle entre une phase et le neutre (230V), ce qui peut provoquer la destruction du driver, voire des plateaux LED qui fonctionnent à 230 V (avant transformation de la tension).

Mise en place d'une protection

La mise en place d'une protection type parafoudre permet d'éviter que l'installation soit à remplacer complètement en cas de surtension. Deux possibilités existent :

- Un dispositif à réarmement automatique après déclenchement. Ce dispositif monté en série permettra de couper l'alimentation de l'ensemble des luminaires ;
- Un dispositif à remplacer après déclenchement comme les parafoudres. Un voyant lumineux ou mécanique permet de vérifier son état de fonctionnement. S'il a effectué son rôle d'écrêtage et d'évacuation du courant, il faudra le remplacer.

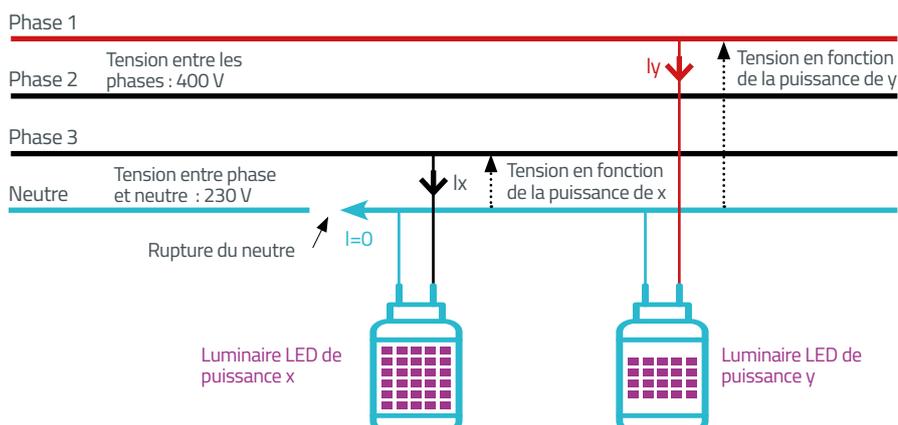
La différence économique et la facilité de maintenance orienteront le maître d'ouvrage. Dans le premier cas, pas besoin d'intervention sur le terrain mais il faut prévoir un coût non négligeable à l'installation. On peut noter que ce genre d'incidents intervient rarement. Le dispositif à remplacer, moins onéreux, semble pertinent mais nécessite le remplacement du dispositif après qu'il a fonctionné.

Rappels sur les schémas des liaisons à la terre

Chaque schéma de liaison à la terre est défini par trois lettres :

- **1^{ère} lettre** : type de raccordement du neutre de l'alimentation EDF par rapport à la terre. **T** : liaison avec la terre ; **I** : isolation par rapport à la terre ou liaison avec la terre par une impédance
- **2^e lettre** : type de raccordement des masses de l'installation par rapport à la terre. **T** : masses reliées à la terre ; **N** : masses reliées au neutre lui-même relié à la terre.
- **3^e lettre** : Uniquement le régime TN. **(C)** : les conducteurs de protection PE et de neutre N sont confondus ; **(S)** : Les conducteurs PE et de neutre N sont séparés.

Le schéma TT est le schéma de liaison à la terre des installations basse tension domestiques. Seuls les usagers propriétaires de leurs transformateurs (industrie, hôpitaux) peuvent utiliser d'autres schémas de liaison à la terre. Les installations d'éclairage public fonctionnent majoritairement sous ce schéma de liaison à la terre.





Quelles sont les préconisations pour les circuits alimentant à la fois des lampes à décharge et des LED ?

Certains circuits électriques alimentent des luminaires LED, ainsi que des points lumineux fonctionnant avec des lampes à décharge. Lors de campagnes successives de rénovation des installations d'éclairage extérieur, il arrive que certaines rues bénéficient du remplacement de leurs foyers lumineux par des luminaires LED. Ces points lumineux peuvent être alimentés par le même circuit que celui d'autres luminaires fonctionnant avec des lampes à décharge.

Variation de puissance et règle du nombre

Les variateurs de puissance sont des équipements ayant vocation à effectuer des économies d'énergie. Ils sont généralement installés au niveau de l'armoire de commande en amont des circuits qui alimentent les luminaires. Ils fonctionnent en injectant une contre-tension en série sur la phase.

L'utilisation de certains équipements, lorsqu'ils sont connectés à des circuits alimentant des appareils de technologie LED, peut engendrer des incidents sur le réseau d'éclairage public comme des surintensités entraînant la disjonction des protections de tête des circuits ou encore le dysfonctionnement des drivers.

Lors de leur mise sous tension, les appareillages électroniques (ballasts électroniques ou drivers) peuvent provoquer un appel de courant important pouvant amener à la disjonction de la protection en tête du circuit. Le nombre d'appareillages distribués sur le même circuit doit donc être adapté aux caractéristiques des dispositifs de protection contre les surintensités : c'est ce qu'on appelle la règle du nombre.

À la mise sous tension du luminaire, un courant transitoire significatif apparaît (pouvant atteindre jusqu'à 250 fois le courant nominal) en raison de la charge de condensateurs de correction du facteur de puissance. La durée de ce courant transitoire est inférieure à 1 milliseconde (ms).

Si l'on multiplie ce courant d'appel par le nombre de luminaires présents sur le circuit (plus exactement sur la phase), une surintensité peut vite se créer. C'est pourquoi, le nombre maximal d'appareillages par phase doit respecter les recommandations des fabricants (et donc être limité). Le dimensionnement de l'installation doit permettre le fonctionnement de sources lumineuses de technologies différentes. Il faut donc parfois, lors de campagnes de rénovation, surcalibrer la protection, tout en restant en adéquation avec la règle du calibre minimum.

Effets d'harmoniques

Le réseau électrique connaît régulièrement des distorsions harmoniques en voltage et en courant. La plupart du temps, elles sont négligeables et générées par des équipements non adaptés (des onduleurs haute puissance et des convertisseurs de fréquence qui ne devraient pas être installés sur le réseau d'éclairage public). En revanche, si elles sont nombreuses à haute fréquence et à haute énergie, elles peuvent affecter la performance du driver : effet de papillotement de l'éclairage, éventuels allumages/extinctions du driver.

Il convient de prendre en compte ce phénomène lors de l'achat de luminaires à LED car chaque fabricant dispose ou non, selon le type de driver employé, de prescriptions particulières. Certains ne permettront pas cette mixité ou limiteront le nombre de luminaires LED tandis que d'autres l'autoriseront. Il est donc important de bien connaître les restrictions imposées par le fournisseur pour faire jouer les garanties proposées sur les produits, qui sont aussi un argument de vente important pour les élus.

Extinction et gradation

Depuis plusieurs années, l'extinction nocturne est apparue aux yeux des collectivités comme une solution permettant de diminuer leurs consommations énergétiques ainsi qu'un moyen de lutter contre les nuisances lumineuses et leurs conséquences sur la biodiversité. Toutefois, certaines installations LED équipées de programmes de gradation intégrés dans les drivers se retrouvent à avoir

un fonctionnement chaotique lorsqu'elles sont couplées à de l'extinction à l'armoire.

Les drivers équipés d'un programme de gradation, qui sont supposés fonctionner en identifiant un point médian au milieu de la nuit, sont « déboussolés » par cette extinction qui divise la nuit en 2 nuits plus courtes. La gradation est alors effectuée de manière aléatoire. Il peut donc s'avérer nécessaire de reprogrammer les drivers, qui ne sont accessibles qu'en nacelle si les conducteurs de programmation n'ont pas été descendus en pied de mât.

Si une extinction nocturne est programmée dans une armoire, il est déconseillé, dans le cadre d'une rénovation, d'intégrer un programme de gradation dans les drivers des luminaires, néanmoins garder la possibilité de les grader par la suite reste intéressant si le choix de l'extinction venait à être modifié.

Décharges électrostatiques

La LED est extrêmement endurante dans les conditions de fonctionnement nominales, mais demeure très fragile au regard de l'électricité statique. Une décharge d'électricité statique peut représenter une tension de plusieurs milliers de volts.

Le remplacement des plateaux LED, prestation encore peu réalisée par les entreprises de maintenance mais qui devrait se développer dans les années à venir, pourrait nécessiter de prendre des précautions supplémentaires par rapport au simple remplacement d'une lampe à décharge.



REMERCIEMENTS

Ce guide est issu d'un groupe de travail qui a mobilisé les retours d'expériences, les bonnes pratiques et les initiatives de chacun. La FNCCR remercie les personnes ayant participé à sa rédaction :

Dorian CANITROT (Directeur des Services Éclairage Public et Innovations du Syndicat Intercommunal d'Énergies du Département de l'Aveyron — SIEDA)

Nicolas GRANDEMANGE (Directeur Éclairage Public et Réseaux Secs de la Communauté d'Agglomération de Chartres Métropole — CHARTRES METROPOLE)

Julien BLEUSET (Chargé d'affaires du Territoire d'Énergie Puy-de-Dôme — TE-63)

Anne GIZARD (Cheffe du Service Éclairage Public du Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de Haute-Savoie — SYANE)

Jean-Marc DAVIET (Gestionnaire Maintenance/Exploitation du service Eclairage Public du Syndicat des énergies et de l'aménagement numérique de Haute-Savoie — SYANE)

Stéphane BOURRIER (Responsable du Service Éclairage Public de Territoire d'énergie Seine et Marne — SDESM)

Philippe ICKE (Directeur Général des Services du Syndicat mixte de l'Énergie des communes du Var – SYMIELEC VAR)

Jean-Luc HEILMANN (Réfèrent EP – SOREGIES)

Lamine TRAORÉ (Ingénieur Éclairage Public — SOREGIES)

La FNCCR tient également à remercier les personnes ayant participé à la relecture de ce guide:

Philippe BONREPAUX (Ingénieur Principal du Syndicat Départemental d'Énergies de l'Ariège — SDE09)

Patrice MARLIAC (Chef du service Réseaux d'éclairage public : extension, modernisation, maintenance du Syndicat Départemental d'Électrification et d'Équipement Rural de la Charente-Maritime — SDEER17)

Bruno KABLITZ (Responsable Service Technique de Territoire d'Énergie Côte-d'Or — SICECO)

Jean-Pierre ILLY (Chargé de Missions Mobilités, Éclairage et Prospection de Territoire d'énergie Gard — SMEG30)

Yacin LALA (Directeur général Adjoint Moyens et Services Techniques du Syndicat Départemental d'Énergie de la Haute-Garonne — SDEHG)

Fabien NASTORG (Directeur des Territoires de Territoire d'Énergie du Lot — TE-46)

Maxime VAN DER HAM (Directeur Général du bureau d'étude SARESE)



SERVICES PUBLICS LOCAUX
DE L'ÉNERGIE, DE L'EAU,
DE L'ENVIRONNEMENT ET
DES E-COMMUNICATIONS



territoire
d'énergie

AVEC LES COLLECTIVITÉS POUR L'ÉCLAIRAGE PUBLIC DURABLE

Un réseau national de plus de 800 acteurs publics locaux.

La FNCCR est une association de collectivités locales et de leurs établissements publics responsables de services publics locaux (énergie, eau, numérique, déchets, éclairage public) qui les gèrent directement ou par un contrat de délégation.

Les membres de la FNCCR regroupent plus de 60 millions d'habitants.

La FNCCR accompagne ses adhérents pour une gestion durable de l'éclairage public.

**ÉCLAIRAGE DES
ESPACES PUBLIC,
MISE EN LUMIÈRE,
MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE,
ÉCLAIRAGE INTELLIGENT,
TÉLÉGESTION...**

À LIRE
Le guide
de l'élu 2021
En téléchargement libre
sur le site de la FNCCR



FNCCR 2021 - Service communication - Photos : TE38 - SIEEEN - SYDEV - Lionel BRUGGER - P.BAUDRY



Accompagnement
des collectivités



Veille
et expertise
sectorielles



Représentation
des adhérents



Centre
de ressources
techniques
et juridiques



Dialogue
et partage
d'expériences

fnccr.asso.fr





La Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR – Territoire d'énergie) est une association de collectivités locales entièrement dévolue à l'organisation de services publics locaux (énergie, eau, numérique, déchets). Organisme représentatif, elle regroupe à la fois des collectivités (communes, communautés, métropoles, syndicats d'énergie, départements, régions...) qui délèguent les services publics et d'autres qui les gèrent elles-mêmes (régies, SEM, coopératives d'utilisateurs...). Elle rassemble plus de 850 collectivités regroupant 60 millions d'habitants en France continentale mais également dans les zones non-interconnectées et les territoires ultramarins.

FNCCR 2023

TOUS DROITS RÉSERVÉS

Reproduction partielle ou totale uniquement avec autorisation et mention de l'auteur.



**Fédération nationale des collectivités
concédantes et régies**

20 bd Latour-Maubourg
75007 Paris

www.fnccr.asso.fr

01 40 62 16 40

