

ÉCLAIRAGE PUBLIC

LA TÉLÉGESTION DES INSTALLATIONS





ÉCLAIRAGE PUBLIC

LA TÉLÉGESTION
DES INSTALLATIONS

Collection

« Les références »

Cette collection regroupe l'ensemble des documents de référence portant sur l'état de l'art dans les domaines d'expertise du Cerema (recommandations méthodologiques, règles techniques, savoir-faire, etc.), dans une version stabilisée et validée. Destinée à un public de généralistes et de spécialistes, sa rédaction pédagogique et concrète facilite l'appropriation et l'application des recommandations par le professionnel en situation opérationnelle.

Comment citer cet ouvrage :
Cerema. *Éclairage public.*
La télégestion des installations.
Lyon : Cerema, 2026.
Collection : Les références.
ISBN : 978-2-37180-768-6

REMERCIEMENTS

Cet ouvrage, œuvre collective du Cerema et du SERCE, a été coordonné par Paul VERNY (Cerema) et Philippe HUNAUT (SERCE).

Ont contribué à la rédaction de l'ouvrage :

- Zeynel ACUN, Frédéric GALLOO et Guillaume DEFOUR : Bouygues Énergies & Services ;
- Romain-Gaël RICHARD : FAYAT ;
- Pierre-Emmanuel RICHEL : VINCI Énergies ;
- David FABRE : ENGIE ;
- Wadiê EL MASMODI : SPIE ;
- Anthony COUTURIER : TERIDEAL.

Sont remerciés pour l'ensemble des relectures :

- Stéphane BOURRIER : Syndicat départemental des énergies de Seine-et-Marne (SDESM) ;
- Jean BIDEGARAY : Ville de Pau ;
- Xavier GARNIER : Communauté de communes du Bassin de Pompey ;
- David RATSIMIALA et Sébastien RAZAFINDRASATA : Bouygues Énergies & Services ;
- Franck GOSSET : ENTRA.



Le SERCE représente les entreprises de la transition énergétique et numérique. Il réunit 260 PME, ETI et grandes entreprises réparties sur plus de 4000 sites en France. Elles interviennent dans les travaux et services liés aux installations industrielles et tertiaires, aux réseaux d'énergie électrique et aux systèmes d'information et de communication. L'alliance de leurs savoir-faire dans l'énergie et le digital leur permet de proposer de nouvelles solutions énergétiques et numériques qui répondent aux enjeux des territoires et des entreprises. Leur capacité à innover et la digitalisation des usages favorisent les échanges entre les bâtiments et les quartiers, entre la ville et les réseaux (énergie, éclairage public, écomobilité...).

Chiffres clés des entreprises adhérentes du SERCE – CA France : 24,3 Mds €, 135000 salariés.



Le Cerema est un établissement public à caractère administratif (EPA), relevant du ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. Il a pour mission d'apporter un appui scientifique et technique renforcé, pour élaborer, mettre en œuvre et évaluer les politiques publiques de l'aménagement et du développement durables, auprès de tous les acteurs impliqués (État, collectivités territoriales, acteurs économiques ou associatifs, partenaires scientifiques).

Composé de 2500 agents répartis en France métropolitaine et dans les régions ultramarines, le Cerema déploie une expertise de haut niveau, fruit de 60 ans d'héritage et intégratrice des enjeux climatiques, écologiques et sociétaux (révolution numérique, nouveaux usages, vieillissement...), dans l'optique de favoriser une transition vers une économie sobre en ressources et décarbonée, respectueuse de l'environnement et équitable. Il assure la promotion aux échelles territoriale, nationale, européenne et internationale des règles de l'art.



istock.com/Dimitri Disterheft

AVANT-PROPOS

Le domaine de l'éclairage public est au cœur d'une transition historique, dans un contexte prégnant de sobriété énergétique et financière, de réduction des impacts sur la biodiversité et des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Cependant, l'éclairage public se doit de continuer d'apporter un service efficace aux citoyens pour leur assurer un usage de l'espace public en toute sécurité, en adaptant les pratiques aux évolutions des mobilités urbaines de plus en plus orientées vers les modes actifs.

Les évolutions technologiques que les collectivités déploient aujourd'hui de manière massive permettent de relever le pari de la sobriété énergétique, grâce à l'efficacité des LED, par exemple, et à leur forte capacité de modulation. Ainsi, les installations munies de dispositifs d'abaissement de puissance ou encore de détection de présence se multiplient lorsque les besoins de la population les rendent cohérentes.

Pour se projeter au-delà des rénovations des équipements d'éclairage, pour mieux considérer les fluctuations temporelles des besoins mais aussi des enjeux environnementaux, il est nécessaire de rendre la gestion de ces équipements plus agile notamment grâce au pilotage à distance. Ces solutions de télégestion, qu'elles soient centralisées « à l'armoire » ou individualisées « au point lumineux », vont permettre une optimisation des profils de gestion au plus près de l'évolution des besoins, de manière à poursuivre l'amélioration du bilan énergétique du parc d'éclairage. Il est ainsi possible d'adapter le service d'éclairage nocturne en fonction d'effets saisonniers (hiver vs été) ou hebdomadaires (semaine vs week-end), d'adapter les interventions à distance lors d'évènements festifs ou exceptionnels, par exemple.

Ces nouveaux outils de pilotage à distance ont démontré à ce jour leur intérêt pour rendre plus sobre et efficiente la gestion d'un parc d'éclairage public, mais aussi leur efficacité au regard des investissements nécessaires, ainsi que leur potentiel d'effacement d'émissions de GES non négligeable.

Ce guide se propose d'aider les acteurs des collectivités, mais aussi plus généralement l'ensemble des acteurs de l'éclairage public (maîtres d'ouvrage, entreprises, bureaux d'études...) :

- en accompagnant la prise de décision « en amont » compte tenu des besoins que la collectivité aura pu définir ;
- en facilitant la compréhension technique des dispositifs de pilotage qui font appel à de nouvelles technologies et compétences.

Il est le fruit de l'association du SERCE, qui a pu mobiliser les compétences techniques des entreprises membres de sa commission « Éclairage public et équipements connectés », et du Cerema, qui accompagne au quotidien les collectivités dans leurs réflexions stratégiques et leurs projets, dans le cadre de leur transition énergétique et écologique.

Sommaire

Remerciements	2
Avant-propos	5
Introduction	8
Objectifs du guide	10

CHAPITRE 1

Méthodologie d'élaboration d'un projet de télégestion 12

1.1 - Rappel de la chronologie d'un projet de rénovation d'un parc d'éclairage public	16
1.2 - Intégration dans un projet Smart City	18

CHAPITRE 2

Les définitions à connaître 20

2.1 - Télégestion vs télérelève	22
2.2 - Intérêts potentiels de la télégestion de l'éclairage public	25
2.3 - Limites potentielles de la télégestion de l'éclairage public	26

CHAPITRE 3

Description sommaire des solutions techniques 29

3.1 - Rappel des systèmes d'éclairage public à prendre en charge par la télégestion	30
3.2 - Familles et architectures possibles de télégestion	33
3.3 - Logigramme décisionnel	33
3.4 - Éléments composant un dispositif de télégestion	40
3.5 - Capteurs et détecteurs	42
3.6 - Nœuds communicants	44
3.7 - Unité centrale de télégestion	48
3.8 - Réseaux de communication	50
3.9 - Système de contrôle-commande	56
3.10 - Impact environnemental des solutions d'éclairage intelligent – Approche « numérique responsable »	60

Conclusion	61
Annexes – Fiches « Retour d’expérience »	62
Fiche 1 - Montpellier Métropole	64
Fiche 2 - Ville de Pau – Pau Agglomération	67
Fiche 3 - Territoire d’énergies du Finistère	71
Fiche 4 - Ville de Marcoussis	74
Fiche 5 - Ville de Saint-Brevin-les-Pins	77
Bibliographie	80
Glossaire	81
Table des illustrations	86
Table des matières	88

INTRODUCTION

Historiquement, certains dispositifs de télégestion ont été déployés de longue date au sein des villes pour répondre à certains enjeux, le meilleur exemple étant le pilotage de la signalisation lumineuse tricolore (SLT), ou plus récemment la gestion de la distribution de l'eau. Dans d'autres domaines similaires, certains systèmes de pilotage ont pu également être déployés, par exemple pour la gestion à distance des équipements et des éclairages dans les tunnels.

Dans le même temps, les gestionnaires en charge des installations d'éclairage public, pour diverses raisons (techniques et économiques), n'ont que très ponctuellement franchi le pas de la gestion à distance de leurs équipements d'éclairage. Cependant, la tendance est à une accélération des projets pour répondre à des besoins d'optimisation et d'intervention rapide des collectivités, comme cela a pu être le cas lors des campagnes d'extinctions nocturnes mises en œuvre au deuxième semestre 2022 : elles avaient alors nécessité de nombreuses interventions d'opérateurs sur le terrain pour modifier la programmation des dispositifs de commande d'allumage/extinction.

Des parcs d'éclairage public en route vers une optimisation des modes de gestion

À l'heure de la sobriété énergétique et lumineuse, les collectivités gestionnaires des parcs d'éclairage public (communes, établissements publics de coopération intercommunale – EPCI, métropoles, syndicats départementaux d'énergie...), au-delà des extinctions en cœur de nuit évoquées ci-dessus, rénovent ou prévoient de rénover massivement leurs installations d'éclairage public en installant de manière généralisée des luminaires équipés en LED et pilotés électroniquement. Il apparaît alors opportun de s'interroger sur l'évolution de ces installations pour préparer au mieux la transition énergétique et numérique des territoires, tout en s'appuyant autant que possible sur le potentiel des infrastructures existantes.

Les évolutions des modes de gestion et la prise en compte de la modularité des besoins (journalière, hebdomadaire, saisonnière...) en éclairage artificiel s'imposent pour répondre au mieux aux différents enjeux, qu'ils soient énergétiques, sociaux, environnementaux, etc. Le modèle de l'éclairage invariable toute la nuit et toute l'année a suffisamment vécu et semble voué à disparaître. Il s'agit ainsi d'optimiser les modes de gestion des équipements d'éclairage et de réagir plus rapidement au regard d'événements prévisibles ou imprévus qui peuvent amener les gestionnaires à modifier les conditions et les profils nocturnes d'éclairage de leur commune ou de quartiers.

Du fait de la maturité technologique atteinte par les LED, on peut penser que l'opportunité d'une gestion à distance des installations d'éclairage rénovées devrait s'imposer dans le futur compte tenu des services rendus. Cela semble une suite logique au déploiement, il y a quelques années, des inventaires géolocalisés (SIG) réalisés pour renforcer la connaissance des parcs d'éclairage public et faciliter la généralisation de la gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) mise en œuvre pour renforcer l'efficacité et la traçabilité de la maintenance des installations d'éclairage public.

L'éclairage public, un équipement structurant de la « ville intelligente »

Ce constat est renforcé par les évolutions technologiques des « objets urbains connectés » (IoT – *Internet of Things*), depuis les capteurs terrain, les protocoles de communication entre ces équipements, jusqu'aux plateformes et superviseurs, ou encore au développement des applications métiers ou génériques destinées à fournir l'information aux services des collectivités et au plus près des citoyens.

L'éclairage public s'inscrit dans ce processus d'évolution des pratiques émergentes s'appuyant sur le numérique, dont le déploiement est envisagé pour la structuration de « territoires connectés ». La télégestion et l'éclairage

« intelligent » élargissent ainsi le champ des solutions techniques disponibles pour mieux répondre aux différents enjeux auxquels la gestion de l'éclairage est désormais confrontée, comme la garantie du bon fonctionnement des installations d'éclairage, le maintien des performances et du confort nocturne apporté aux citoyens, la maîtrise des consommations énergétiques et des coûts d'exploitation ou encore la limitation des nuisances lumineuses et de l'impact sur la biodiversité.

La couverture urbaine des installations d'éclairage offre, en complément et dans une logique de mutualisation des équipements urbains existants, plusieurs perspectives au service des autres métiers intégrés à l'architecture d'un territoire connecté :

- le maillage d'un réseau filaire étendu à l'ensemble du territoire urbanisé, initialement dédié à la seule alimentation des luminaires pendant la période nocturne, permettant aujourd'hui d'éviter des investissements supplémentaires pour alimenter d'autres équipements 24 h/24 (caméras, capteurs, recharges vélos...);
- la mutualisation des supports d'éclairage existants pour y « accrocher » les capteurs et les équipements nécessaires sans ajout de supports supplémentaires sur l'espace public déjà fortement encombré ;

- un réseau d'alimentation existant pouvant mailler un réseau de transfert de données, par exemple par courant porteur en complément des réseaux fibre déployés.

Au-delà des métiers de l'éclairage extérieur, les solutions de télégestion élargissent le cercle des acteurs disposant de compétences techniques diverses :

- les fabricants et entreprises installatrices de l'éclairage public ;
- les acteurs venant du monde de l'automatisme ;
- les fournisseurs de solutions logicielles (de type *Content Management System* – CMS) compatibles avec tout type de nœud de communication.

Dans un univers où les métiers se décroissent, la télégestion peut permettre aux services de communiquer entre eux (éclairage public, signalisation lumineuse tricolore, mobilité, vidéoprotection, etc.), sous réserve de garantir à terme l'interopérabilité de l'ensemble des systèmes provenant de fournisseurs différents et n'ayant pas été installés durant les mêmes périodes. À noter que selon les besoins, le volume/débit et la nature des données collectées peuvent influencer sur les choix de solutions technologiques à mettre en œuvre.

OBJECTIFS DU GUIDE

Le présent ouvrage a pour objectif d'exposer les évolutions des solutions et pratiques d'éclairage « intelligent », en s'attardant spécifiquement sur la télégestion des installations d'éclairage dans un contexte d'innovations technologiques fortes, de sobriété énergétique et lumineuse et de maîtrise des impacts carbone des projets. Les opportunités apportées par ces solutions de pilotage à distance y sont présentées mais aussi, le cas échéant, les limites et freins potentiels de la « brique » technique que représente, au sein des territoires connectés, une gestion intelligente de l'éclairage urbain (*Smart Lighting*).

Ce guide propose d'apporter dans un premier temps des éléments méthodologiques et d'aide à la maturation des projets et à la prise de décision des acteurs parties prenantes de ces projets. Il décrit notamment le socle technique de ces solutions pour aider à argumenter et éclairer la décision des maîtres d'ouvrage dans leurs choix stratégiques.

Enfin, le guide est accompagné d'illustrations de retours d'expérience de projets réalisés et représentatifs de territoires différents en réponse à des besoins et cas d'usage variés.

Cibles du guide

Ce guide s'adresse principalement aux acteurs de la filière éclairage :

- les gestionnaires d'installations d'éclairage public (collectivités, EPCI...), dont les syndicats départementaux d'énergie, mais aussi les gestionnaires d'installations d'éclairage extérieur privé ;
- les bureaux d'études en éclairage extérieur, concepteurs lumière, assistants à maîtrise d'ouvrage (AMO) et bureaux de conseil ;
- les entreprises installatrices et en charge de la maintenance de ces installations.

D'autres acteurs peuvent être amenés à intervenir dans la maturation d'un projet de télégestion :

- les directions des systèmes d'information (DSI) des collectivités ou entreprises ;
- des métiers liés à la gestion de la ville susceptibles d'être intégrés au système de télégestion, lequel peut être amené à prendre en charge des données correspondant à d'autres cas d'usage : monitoring de trafic urbain, de qualité de l'air, de nuisances diverses, etc., lorsqu'une démarche plus large de déploiement de territoire connecté est engagée par la collectivité.



istock.com/Sansargo



CHAPITRE 1

Méthodologie d'élaboration d'un projet de télégestion

1 • MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION D'UN PROJET DE TÉLÉGESTION

Un projet de télégestion, très souvent adossé à un programme de rénovation de l'éclairage public, vise en général plusieurs finalités, en fonction des dispositifs installés (télégestion dite « à l'armoire » ou « au point lumineux ») :

- rendre l'éclairage public plus efficient et modulable, moins énergivore et plus sobre au regard de différents enjeux, environnementaux notamment. L'optimisation des réglages et des scénarios de profils nocturnes permet de réaliser des économies s'ajoutant à celles générées par les seuls changements de luminaires LED ;
- sectoriser les profils nocturnes ainsi que les scénarios d'éclairage en fonction des besoins et des enjeux identifiés et de leurs évolutions temporelles. Les scénarios (phases et pourcentage d'abaissement, extinction partielle...) sont applicables à des groupes de points lumineux et aisément modifiables en ligne sans intervention sur site ;
- permettre la remontée de certaines informations, comme les consommations énergétiques des installations d'éclairage, la vérification du bon paramétrage des profils nocturnes (ex. : courbes de charge), afin de s'assurer entre autres du fonctionnement des phases d'abaissement. Ces réglages sont difficilement vérifiables sur site, à moins de mettre en œuvre des moyens de mesures en temps réel nécessitant des déplacements et un coût d'intervention. À ce titre, il y a lieu de bien différencier les fonctionnalités de systèmes de télérelève de celles de dispositifs de télégestion (cf. 2.1 - Télégestion vs télérelève) ;
- optimiser la maintenance des installations d'éclairage du fait d'une meilleure connaissance en amont des dysfonctionnements et via des alertes paramétrables ;
- éviter la totalité ou une majeure partie des tournées de nuit de recensement des pannes ;
- proposer, dans certains cas, la possibilité de rallumer en urgence l'ensemble du réseau ou certains secteurs paramétrés (ex. : bouton rouge d'urgence, report de trafic en cas de coupure d'autoroute connexe) ;
- permettre à l'éclairage de supporter/accompagner d'autres services ou usages profitables à la collectivité ou aux usagers, notamment en exploitant, y compris la journée, l'opportunité d'un maillage de réseau d'alimentation électrique dense, ou en mutualisant les supports d'éclairage existants pour ne pas encombrer davantage l'espace public. Cela permet ainsi d'éviter des coûts d'investissement de génie civil pour créer ces nouvelles alimentations.



CAS DE L'ALIMENTATION RÉSEAU 24 H/24

L'évolution des pratiques et des besoins des services des collectivités peut nécessiter de maintenir l'alimentation sur le réseau d'éclairage public, y compris en période diurne alors qu'elle était exclusivement programmée sur la période nocturne. Cela peut permettre, par exemple, d'alimenter les caméras de vidéoprotection plutôt que de recourir à des batteries additionnelles ou des alimentations spécifiques, d'alimenter d'autres capteurs sur site, la sonorisation, la recharge de vélos électriques¹...

Cela représente une pratique plutôt récente, même si la réglementation en matière de sécurité électrique ne spécifie pas de temporalité : les règles de protection électrique (éditées par la norme NF C 17-200) sont les mêmes, quelles que soient la période et la durée de mise sous tension. Il s'agit plutôt d'adapter les consignes d'exploitation (en application de la norme NF C 18-510) pour tenir compte de cette évolution de pratique et garantir la sécurité des opérateurs de maintenance.



Figure 1 : Panneau d'avertissement d'un danger de choc électrique.

1. Le lecteur pourra se référer au guide édité par le ministère de la Transition écologique : ecologie.gouv.fr

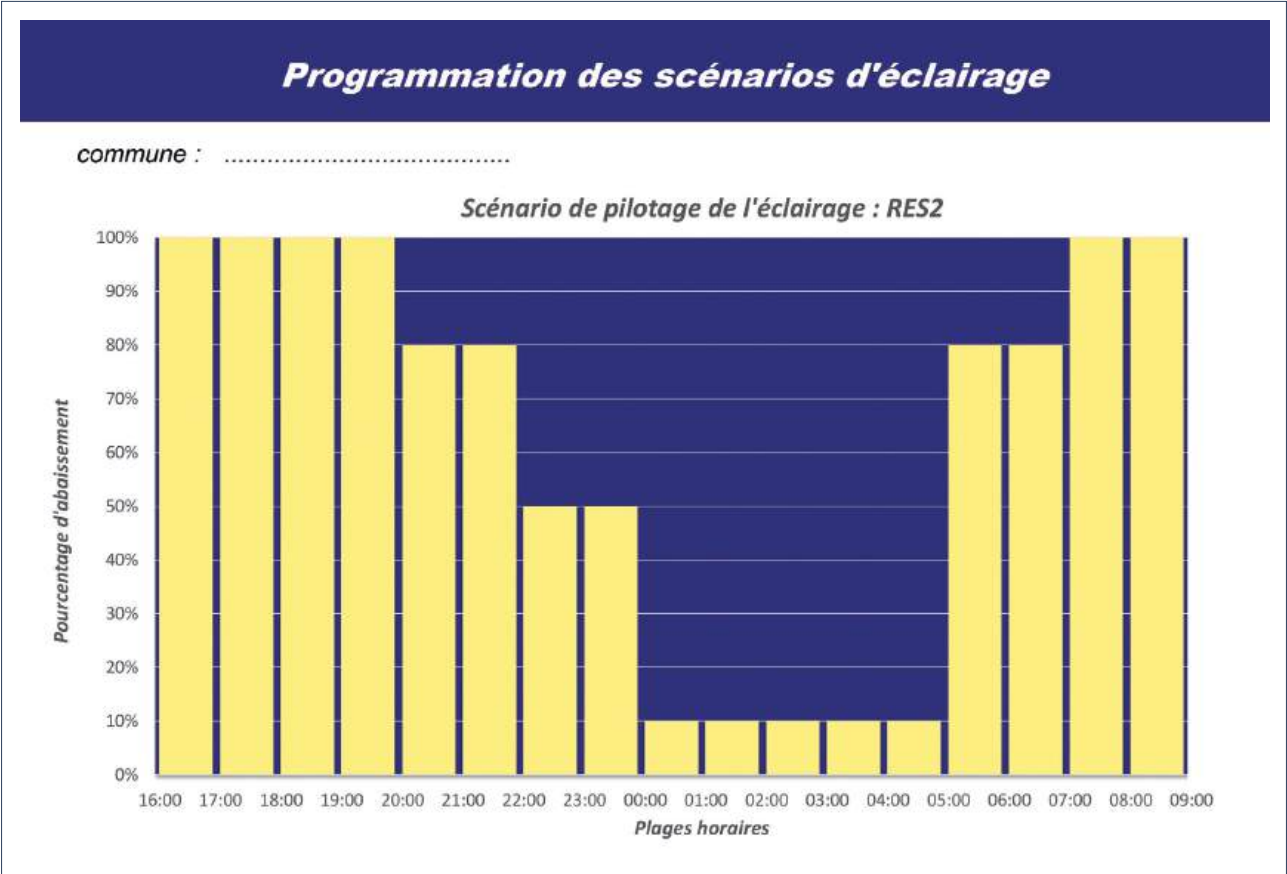


Figure 2 : Exemple d'un scénario d'abaissement (profil nocturne : six phases distinctes de l'allumage nocturne à l'extinction matinale).

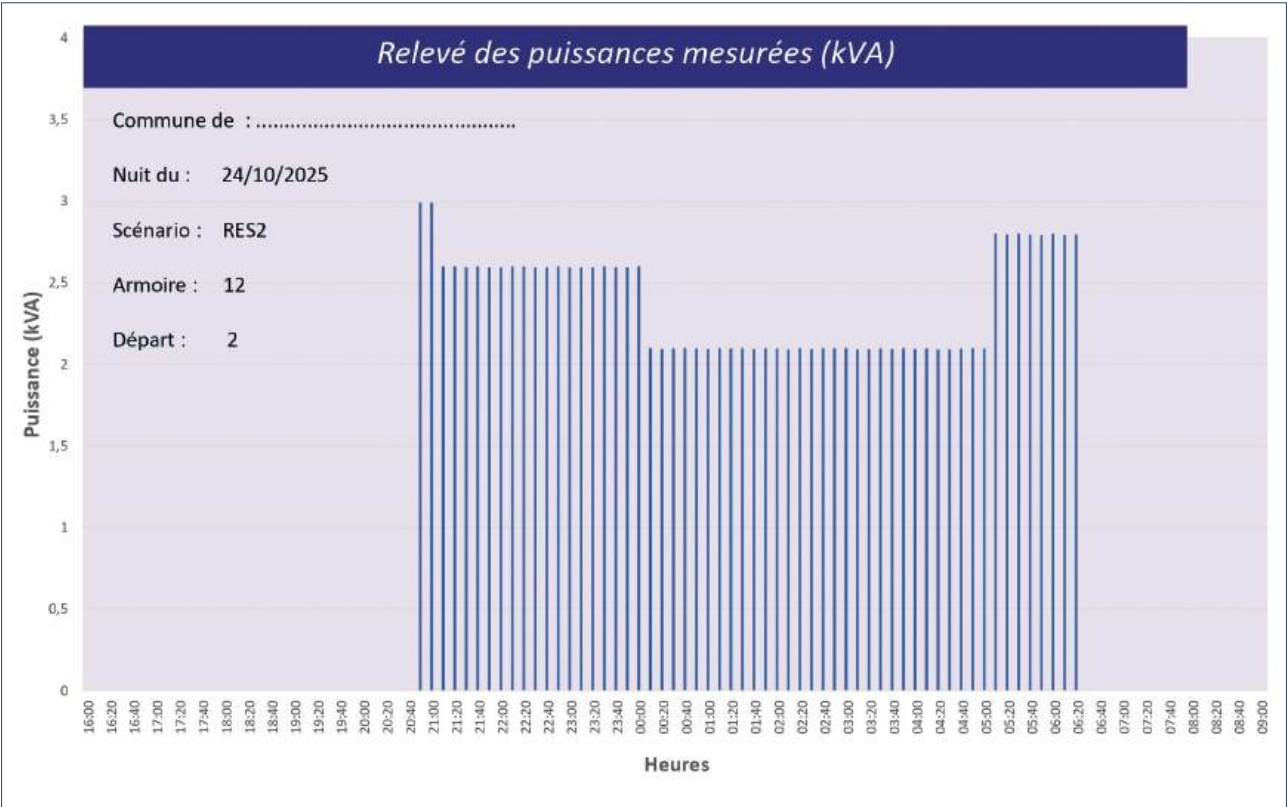


Figure 3 : Reporting des mesures de puissances sur une nuit complète (en kVA).

1.1 Rappel de la chronologie d'un projet de rénovation d'un parc d'éclairage public

Les collectivités ont pris la mesure du besoin de rénovation de leurs parcs anciens et énergivores, notamment en raison des coûts de l'énergie (sensiblement accentués depuis la crise énergétique de 2022) et du poids financier que représente pour elles la gestion de l'éclairage public. Si la part de LED est en constante augmentation², ces parcs sont encore majoritairement équipés de lampes « à décharge » de forte puissance et à la durée de vie limitée. De plus, elles sont difficilement modulables et

n'autorisent pas le mode de fonctionnement on/off du fait de leur technologie. La rénovation de ces parcs à grande échelle et la généralisation des LED sont donc une opportunité pour étudier l'intérêt d'y associer les outils d'aide à la maintenance s'ils ne sont pas déjà mis en œuvre (GMAO), mais aussi les outils d'aide au pilotage et au suivi des performances à distance tels que la télégestion.

Le présent chapitre rappelle les différentes étapes du processus de rénovation d'un parc d'éclairage depuis la phase de diagnostic jusqu'à la concrétisation des travaux et leur évaluation.

LA GESTION DE LA MAINTENANCE ASSISTÉE PAR ORDINATEUR (GMAO)

La GMAO (gestion de la maintenance assistée par ordinateur) appliquée à l'éclairage public est un logiciel et/ou une application permettant de planifier, évaluer, optimiser les opérations de maintenance des équipements d'éclairage public.

Elle facilite la gestion technique, administrative et financière des interventions de maintenance (préventives, curatives, correctives), en autorisant une vision centralisée et actualisée de l'état du parc d'éclairage, des déclarations de pannes, une traçabilité des réparations effectuées, des opérateurs intervenus...

Fonctionnalités principales :

- inventaire du parc : géolocalisation et fiches techniques des équipements ;
- signalement et suivi des pannes : souvent via des applications mobiles ou des portails usagers ;
- planification des interventions préventives ;
- historique des opérations : traçabilité des actions menées et des coûts associés ;
- indicateurs de performance (temps de réparation, disponibilité du parc d'éclairage, taux de panne, etc.) ;
- interface avec d'autres systèmes : SIG (systèmes d'information géographique), logiciels de comptabilité, ou supervision d'éclairage intelligent ;
- édition des bilans d'exploitation (reporting, suivi des indicateurs de performance...).

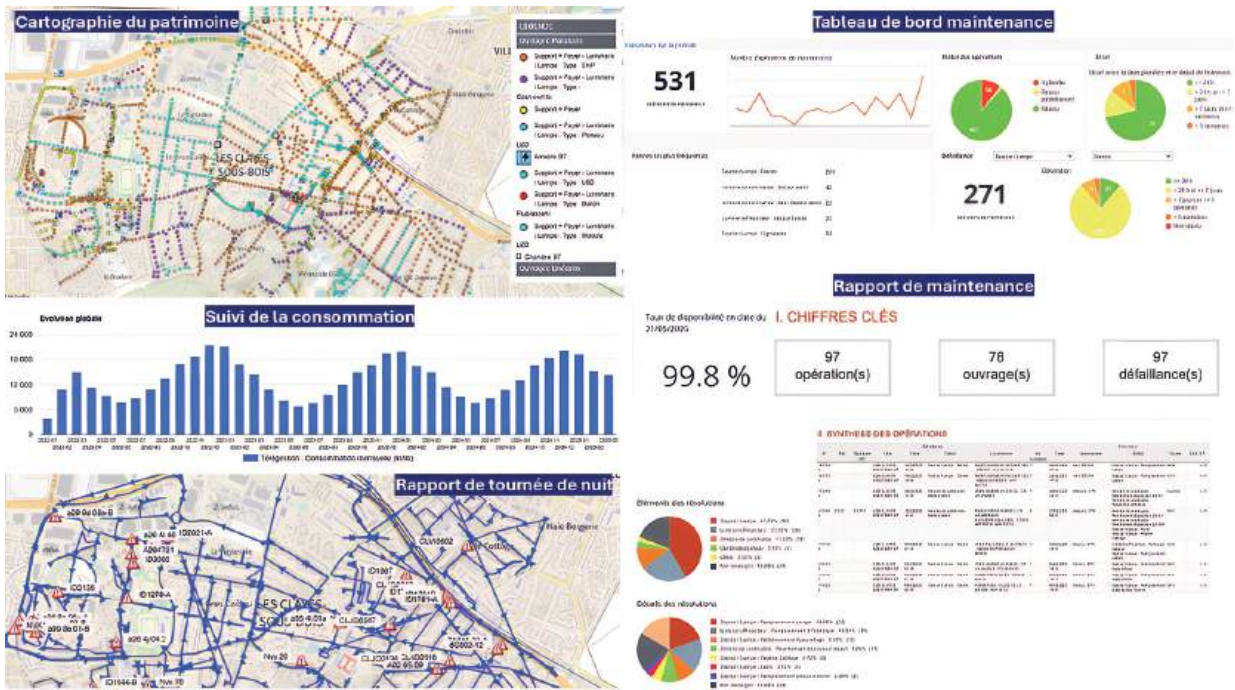


Figure 4 : Illustration d'exports issus d'une plateforme de GMAO.

2. Enquête « Les chiffres de l'éclairage » menée par l'Association française de l'éclairage (mars 2025) : afe-eclairage.fr



Figure 5 : Base de données géolocalisées des points lumineux – Typologie des lampes existantes.

Audit du parc d'éclairage public

Cette phase initiale s'attache à bien recenser et analyser les performances des installations d'éclairage public. L'audit du parc d'éclairage inclut entre autres les étapes suivantes :

- un inventaire géolocalisé des points lumineux et des armoires de commande (le format des données doit être conforme au standard EclExt³ du Conseil national de l'information géolocalisée – CNIG) ;
- l'analyse des performances du parc : consommations annuelles, vétustés et non-conformités des équipements et du réseau d'alimentation (dont normes électriques et arrêté ministériel du 27 décembre 2018), performance lumineuse (niveaux et uniformité d'éclairement...), nuisances lumineuses, etc. ;
- le contrôle de la tenue mécanique des supports d'éclairage destinés à être réutilisés dans le programme de rénovation ;
- l'analyse des coûts et des interventions d'exploitation (consommations d'énergie, abonnements), mais aussi celle des coûts de maintenance (sur la base des bilans d'exploitation) ;
- toutes autres données utiles à la connaissance du parc d'éclairage public.

Planification des objectifs de la collectivité : schéma directeur d'éclairage ou schéma directeur d'aménagement lumière

Cette étape a pour objectif d'établir une stratégie concernant l'éclairage urbain de la collectivité pour les années à venir, afin de garder la maîtrise des niveaux d'éclairement (et/ou de luminance) sur le parc existant, mais aussi sur les projets futurs :

- connaissance des profils nocturnes par secteurs du territoire en fonction des pratiques urbaines, et identification des fluctuations temporelles (journalières au cours de la nuit, hebdomadaires, saisonnières...) ;

- détermination des modes et scénarios de gestion : phases d'abaissement, d'extinction avec ou sans détection de présence, etc. ;
- hiérarchisation des secteurs selon les enjeux environnementaux (trames noires, corridors de biodiversité à préserver ou à restaurer...) ;
- autres projets de déploiement de collecte de données (vidéoprotection, surveillance du trafic, bruit, qualité de l'air...) et description éventuelle d'un réseau de communication existant, déployé pour d'autres cas d'usage que l'éclairage public.

Ce schéma directeur prend souvent la terminologie de **schéma directeur d'aménagement lumière** (SDAL).

Schéma directeur de rénovation

Il s'agit de définir l'ensemble des rénovations à engager, tant en volume qu'en coûts d'investissement, et de les hiérarchiser par ordre de priorité en fonction des gains engendrés et des enveloppes budgétaires disponibles. Ce schéma s'appuie sur les étapes précédentes (diagnostic et schéma directeur d'éclairage) pour fixer les niveaux d'exigence des rénovations à engager :

- programmation des rénovations à identifier sur l'ensemble du parc en réponse aux enjeux et objectifs définis en amont, y compris pour les projets de mise en valeur du patrimoine. La technologie est au service des objectifs et répond aux besoins de la collectivité.
- Les choix techniques seront faits de manière à concrétiser les orientations établies en amont :** détection, extinction, éclairage adaptatif, à la demande, avec ou sans télégestion, etc. ;
- attention particulière à consacrer à la sécurité de l'installation, à la maintenabilité, à la simplicité d'exploitation, à l'évolutivité des équipements et à leur interopérabilité, à la durée de vie des produits, etc. ;
 - projection des économies d'énergie en application des scénarios de gestion et des puissances cibles ;

3. EclExt, standard de base de données d'éclairage extérieur : cnig.gouv.fr

- projection des économies financières liées aux dispositifs de réduction de puissance installés, aux économies de consommation, de maintenance, etc. ;
- projection des coûts d'investissement des rénovations, prise en compte de la valorisation des certificats d'économies d'énergie (CEE) et de toutes subventions éventuelles (ex. : Fonds vert). Une projection en coût global sera à privilégier ;
- planification pluriannuelle des investissements (PPI).

Marché de rénovation

Il s'agit de la phase de concrétisation du programme de rénovation, définie au préalable à travers une forme contractuelle à préciser avec un prestataire externe ou en régie :

- établissement de la stratégie de concrétisation des rénovations : marché de travaux, marché global de performance (MGP), partenariat public/privé, etc., et planification des investissements sur la base d'un cahier des charges (cahier des clauses techniques particulières – CCTP, programme fonctionnel des besoins – PFB...) ;
- concrétisation du marché de rénovation et suivi des performances et des indicateurs de référence, notamment dans le cas de marchés globaux de performance (évolution des consommations d'énergie, du niveau de service, de la performance lumineuse...) ;
- évaluation de l'efficacité des investissements, notamment à travers les bilans d'exploitation annuels et les exports d'outils tels que la GMAO.

Une analyse du cycle de vie des produits et des rénovations dans leur ensemble peut permettre d'orienter certains choix afin de réduire l'impact du projet sur l'environnement.

1.2 Intégration dans un projet Smart City

Méthodologie

En général, et surtout lorsque le territoire a engagé – ou veut engager – une démarche et une réflexion vers un projet de territoire connecté, il s'agit d'intégrer dans le projet de rénovation de l'éclairage public des objectifs de rationalisation et de mutualisation de ces installations existantes au service du projet :

- mutualiser les infrastructures passives d'éclairage public : fourreaux, chambres de tirage, postes d'alimentation, etc. ;
- identifier et inciter à la mutualisation des réseaux de communication existants de télégestion ou de monitoring urbain ;

- envisager la mutualisation des réseaux d'alimentation électrique (fourniture de l'énergie 24 h/24, transfert de données par courant porteur en ligne – CPL, etc.) ;
- réfléchir à la mutualisation des supports d'éclairage public pour y intégrer d'autres équipements, capteurs (sous réserve de vérification des impacts sur la tenue mécanique de ces supports).

Management des données urbaines

Ces projets s'accompagnent inévitablement d'une réflexion qui doit porter sur la donnée numérique et son management au sein de la collectivité, les capteurs terrain pouvant générer des volumes de données complexes à gérer (stockage, tri, partage, archivage, sécurité, conformité RGPD...) et à exploiter. Le lecteur s'appuiera sur des ouvrages de référence concernant cette partie liée à la gestion et au management des données urbaines.

Par exemple, le guide *Gestion des données : Quels outils et quelle stratégie pour les territoires ?*⁴, édité par la Banque des Territoires (2020), pose les enjeux et les objectifs relatifs à la gestion des données au sein des collectivités :

Au niveau local, l'enjeu de souveraineté publique repose sur le choix des outils qui garantissent à la collectivité qu'elle conserve la maîtrise de son territoire à travers la maîtrise de ses propres données et de celles que les acteurs privés (prestataires ou non), génèrent sur ce même territoire. Elle doit garantir que les prestataires (éditeurs de logiciels ou délégataires de service public par exemple), ne s'approprient pas les données publiques et donc la connaissance des territoires notamment en utilisant des formats informatiques dont ils seraient seuls propriétaires. Elle doit permettre à la collectivité de discuter d'égal à égal avec l'ensemble des acteurs du territoire. [...]

Ainsi, la gestion des données publiques des territoires doit selon nous :

- faire de la maîtrise des données territoriales un outil de souveraineté publique ;
- faciliter et garantir une utilisation efficace des données par la collectivité et son territoire pour atteindre leurs missions de services publics et leurs objectifs ;
- permettre des choix technologiques neutres au regard des enjeux économiques locaux, notamment dans les relations avec les délégataires et les concessionnaires ;
- intégrer un haut niveau d'exigence sur le respect du cadre juridique bien que celui-ci soit récent et en constante évolution (open data, transparence algorithmique, protection des données personnelles...) ;

4. banquedesterritoires.fr

- *favoriser et permettre l'implication citoyenne et le contrôle démocratique dans l'utilisation des données (et donc dans le pilotage des projets de territoires intelligents et de smart city) ;*
- *créer les conditions propices à l'innovation locale.*

Ces données peuvent concerner, dans les collectivités, de multiples domaines en lien avec la gestion du territoire :

- données de stationnement et de fréquentation ;
- données de circulation/trafics tous modes ;
- données environnementales, mesure des nuisances (sonores, qualité de l'air) ;
- données de consommation des flux (énergies, eau...) ;
- etc.

Toutes ces données sont riches d'informations sur l'état du territoire et permettent d'établir un « état zéro », d'identifier les zones et les services sur lesquels agir, de suivre l'impact des politiques publiques, d'objectiver le ressenti des citoyens, etc., en réponse à des enjeux urbains : transition énergétique, réduction des îlots de chaleur, diminution des nuisances urbaines, inclusivité sociale de la ville, attractivité du territoire... S'ajoutent à cela les enjeux techniques s'appuyant sur des équipements existants (vidéoprotection, supports de communication, signalisation tricolore...).



CHAPITRE 2

Les définitions à connaître

2 • LES DÉFINITIONS À CONNAÎTRE

2.1 Télégestion vs télérelève

Certains dispositifs de télérelève sont parfois assimilés, par erreur, à des systèmes télégérés, du fait de la remontée d'informations (de consommation, en général) vers une plate-forme de visualisation. C'est par exemple le cas des compteurs d'eau communicants ou du compteur électrique appelé « Linky », dont l'objectif premier est de transmettre l'information des indices de consommation des points de livraison vers une plate-forme d'exploitation de ces données. Elles sont ainsi utilisées pour informer l'exploitant en vue de facturer les consommations du client, mais aussi pour les usagers eux-mêmes, afin qu'ils puissent établir leur propre suivi.

L'architecture intègre, y compris **dans ce cas de télérelève**, des objets communicants (compteur Linky, compteur d'eau...) reliés à des concentrateurs (ex. : par courant porteur en ligne – CPL) implantés dans les postes de distribution électrique gérés par le gestionnaire du réseau d'alimentation. Les données produites sont ensuite transmises par voie hertzienne (3G⁵, 4G) vers un terminal de supervision distant pour prise en compte de la donnée de consommation dans le processus de gestion (facturation, relevés d'index, identification d'anomalies...) et de suivi.

Ces dispositifs n'ont pas vocation à être assimilés à de la télégestion puisqu'il n'y a pas de possibilité de pilotage à distance pour interférer sur le mode de fonctionnement du système ou le paramétrage de l'installation.

Cependant, depuis peu, de nouvelles fonctionnalités du compteur Linky permettent de proposer certains services supplémentaires, comme :

- la détection de consommations anormales en comparaison de seuils ou de pourcentages de tolérance prédéfinis et destinés à déclencher des alertes (ex. : paramétrage d'alertes depuis le portail Collectivités et l'espace Mesures et Services – EMS d'Enedis⁶), sans autre précision quant au dysfonctionnement potentiel. Un délai inférieur à vingt-quatre heures reste cependant nécessaire entre l'identification des anomalies et l'alerte envoyée aux clients (les données du compteur sont transmises chaque nuit au gestionnaire du réseau) ;
- une mise en œuvre d'extinctions nocturnes pouvant désormais être réalisée à distance (en passant potentiellement par l'offre du fournisseur d'énergie et sous réserve d'un branchement adapté dans l'armoire de commande). Il s'agit là d'une première esquisse de télégestion de l'éclairage public via le dispositif des compteurs Linky, aujourd'hui implantés dans la majorité des armoires d'éclairage public.

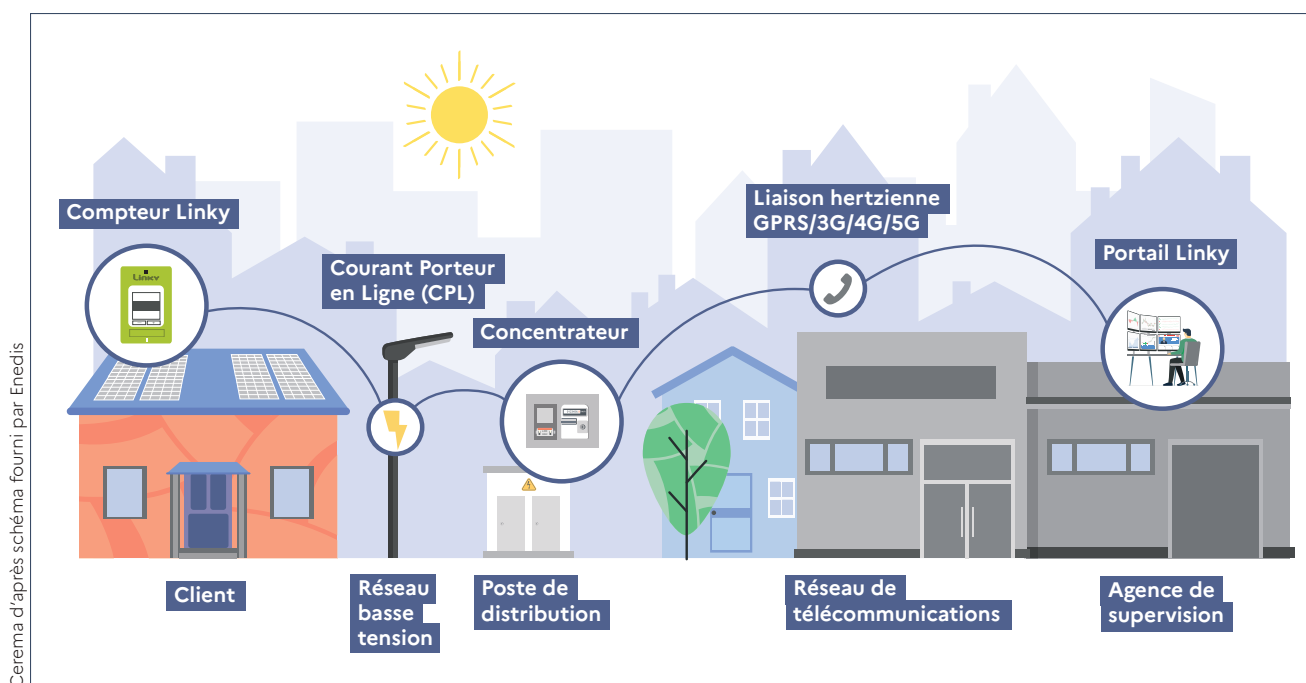


Figure 6 : Illustration du « cheminement » des données depuis le compteur Linky jusqu'à la consultation en ligne par l'opérateur et/ou l'utilisateur.

5. Les principaux opérateurs de téléphonie ont annoncé la fermeture des réseaux 2G et 3G pour, respectivement, fin 2026 et fin 2028 ([arcep.fr](https://www.arcep.fr)).

6. [enedis.fr](https://www.enedis.fr)

La télégestion favorise, quant à elle, des interventions plus précises et ciblées concernant le pilotage et le paramétrage de l'installation (variables selon une télégestion à l'armoire ou au point lumineux).

Qu'entend-on précisément par télérelève ?

Une solution de **télérelève** va permettre de récupérer certaines informations collectées par un équipement de l'installation (ex. : consommation d'énergie du luminaire) soit localement à proximité du luminaire

(ex. : solution BLE⁷), via une application, soit à distance et de manière périodique (selon un pas de temps donné), via un réseau de communication. Dans ce dernier cas, il sera cependant impossible d'interagir en mode « descendant » sur le paramétrage du profil nocturne et le mode de fonctionnement du luminaire ou d'équipements dans l'armoire de commande.

Le système de télérelève est strictement ascendant, du compteur sur le lieu de mesure (capteur) au portail de supervision déporté.



L'EXEMPLE DES COMPTEURS D'EAU

Historiquement, les compteurs d'eau communicants étaient des outils de télérelève qui sont aujourd'hui quasiment généralisés pour le suivi et la facturation des consommations d'eau.

Principe de fonctionnement

Parcours de la donnée depuis le compteur jusqu'à l'opérateur et l'utilisateur :

- les compteurs sont équipés de dispositifs communicants qui transmettent les informations de consommation suivant un pas de temps paramétré vers un concentrateur chargé de les stocker avant envoi. Elles peuvent également être « captées » par un opérateur circulant sur la voirie à proximité du compteur ;
- ces données sont ensuite transmises vers un serveur distant et subissent un certain nombre d'analyses à destination des opérateurs pour la facturation, le suivi des consommations, le repérage de surconsommations, de suspicions de fuites... et à destination des clients pour leur information via le site internet de l'opérateur ;
- elles peuvent servir également à des traitements statistiques à plus grande échelle (ex. : observatoire territorial).

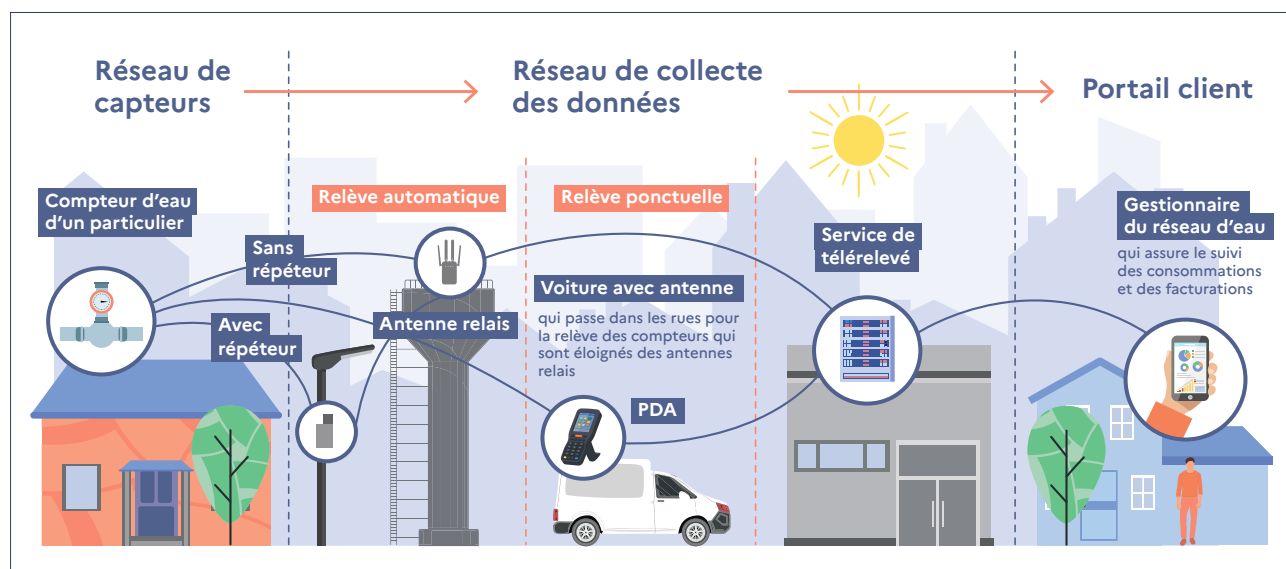


Figure 7 : Principe de la télérelève appliquée à la mesure des consommations d'eau (compteurs connectés).

7. Bluetooth Low Energy.

Qu'entend-on par télégestion ?

Comme la télérelève, la **télégestion** permet bien entendu la remontée d'informations des contrôleurs terrain (situés dans les armoires de commande et/ou au droit des points lumineux) vers le superviseur du gestionnaire. Elle offre également, en complément, la possibilité de transmission d'ordres descendants, comme le reparamétrage à distance de ces équipements. Une solution de télégestion offre la possibilité d'interroger à distance un ou plusieurs équipements de l'installation d'éclairage (consommations énergétiques, état de fonctionnement, durée d'allumage...), mais aussi d'interagir avec son mode de fonctionnement : modification du profil nocturne, allumage/extinction à distance, changement du régime d'abaissement... Cette solution peut permettre de générer des alertes (SMS, courriel...) lors de fonctionnements anormaux de certains équipements (en établissant une comparaison avec des seuils ou situations de référence).

Elle peut permettre également :

- d'optimiser l'exploitation et la maintenance en renforçant l'efficacité et la réactivité des interventions par une meilleure connaissance des causes de pannes ;

- de prioriser les investissements grâce à un retour d'information sur le fonctionnement des installations. Cette optimisation participe à limiter l'impact carbone du poste de maintenance (moins d'interventions, optimisation des parcours, suppression ou réduction du nombre de tournées de nuit...).



Le présent guide s'intéresse précisément aux solutions dites de « télégestion », qu'il est nécessaire de distinguer des solutions de « télérelève ».

Exemple d'utilisation de la télégestion : la collectivité souhaite mettre en place des profils nocturnes qui prennent en compte l'évolution des besoins de la population en fonction de fluctuations saisonnières (ex. : été vs automne/hiver). La télégestion va lui permettre de paramétrer divers scénarios de gestion selon les saisons, qui vont entraîner des durées d'allumage différentes, des amplitudes d'abaissement différenciées, une sectorisation géographique distincte des profils nocturnes... Cette fluctuation saisonnière pourra faire l'objet d'un ajustement chaque année selon les besoins de la collectivité.

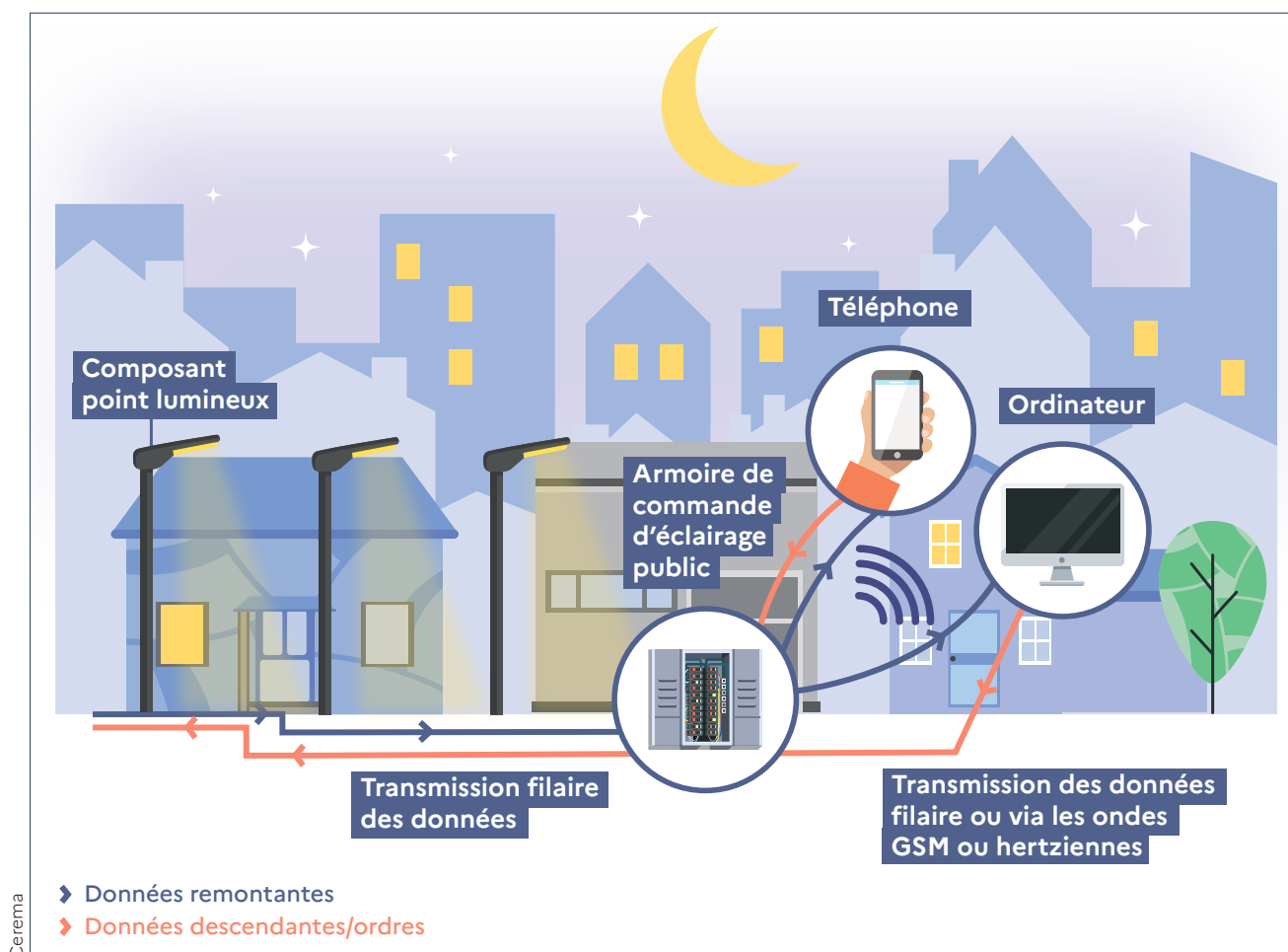


Figure 8 : Principe de la télégestion appliquée à l'éclairage public – Données montantes et descendantes.

La mise en place de coupures nocturnes est également paramétrable via la télégestion, sans intervention terrain sur les armoires de commande. Le paramétrage va aussi offrir la possibilité de mettre sous tension le réseau d'alimentation en journée (si télégestion au point lumineux), sans allumer les luminaires, pour alimenter d'autres usages tels que les caméras de vidéoprotection, les dispositifs de recharge intégrés, les capteurs implantés sur le mât, etc.

La télégestion peut répondre à d'autres besoins identifiés par les collectivités, certains étant illustrés dans les fiches « Retour d'expérience » en annexe du présent guide.



Pour la télégestion, en complément de la remontée de données depuis le luminaire et/ou l'armoire, il est possible de transmettre des données ou des ordres au point lumineux et/ou à l'armoire pour interagir sur le fonctionnement des équipements en place sur le terrain sans déplacer d'équipes de maintenance dédiées.

2.2 Intérêts potentiels de la télégestion de l'éclairage public

En amont de la réflexion, il est important de cerner les potentialités, mais aussi les limites et freins auxquels pourra être confronté le chef de projet, de manière à effectuer les choix en toute connaissance de cause. Le présent chapitre, sans objectif d'exhaustivité, tente d'identifier l'ensemble des apports potentiels ou des impacts négatifs.

Les économies d'énergie

Les économies d'énergie potentielles générées par une installation équipée d'un système de télégestion et une même installation non pilotée à distance sont difficilement évaluables, car elles dépendent des choix stratégiques de gestion qui en découleront. En revanche, la souplesse d'utilisation proposée par la télégestion rend plus facilement accessibles des scénarios qui peuvent engendrer ou augmenter le potentiel d'économies d'énergie comme :

- une souplesse de reprogrammation et/ou une augmentation des plages d'extinction et d'abaissement, l'augmentation du pourcentage de gradation, etc. ;
- une connaissance accrue des temps d'allumage avec possibilité d'ajustement et d'optimisation de ces durées (ex. : décalage par rapport au coucher du soleil civil sans intervention sur le terrain) ;
- une programmation facilitée des extinctions nocturnes et le rallumage d'urgence ;

- un meilleur contrôle des intensités d'alimentation des luminaires LED et des phases d'abaissement (contrôle à distance du bon fonctionnement des durées des plages horaires et pourcentages d'abaissement) ;
- une modularité renforcée par la programmation de scénarios cohérents avec les évolutions des profils nocturnes du territoire ;
- une plus grande réactivité face aux anomalies et pannes recensées, qui remontent vers l'opérateur et dans l'identification de surconsommations ;
- etc.

Les économies de coûts de fonctionnement

Les économies financières (sur coûts de fonctionnement) concernent majoritairement les économies d'énergie complémentaires du fait de l'optimisation des régimes d'éclairage, mais aussi les gains traduits par monétarisation des services rendus par la télégestion au regard d'une gestion classique. On pourra citer à titre d'exemple la mutualisation du réseau d'éclairage public par son maintien sous tension 24 h/24 (ce qui peut éviter d'autres investissements qui auraient été nécessaires pour une infrastructure équivalente) et les gains réels d'exploitation/maintenance.

Les gains financiers les plus souvent cités du fait de la mise en œuvre d'une télégestion des équipements d'éclairage public concernent :

- la réduction, voire la suppression du nombre de tournées de nuit de contrôle (si télégestion au point lumineux) ;
- une analyse préalable des causes de dysfonctionnements et de pannes (maintenance prévisionnelle) permettant d'optimiser les actions de maintenance (gains de temps, maintenance corrective plus ciblée...) ;
- la suppression d'un certain nombre d'interventions sur l'armoire ou les points lumineux lors d'événements festifs ou imprévus ;
- le fait d'éviter d'allumer toute une armoire pour intervenir sur un point lumineux ;
- une augmentation du niveau de service nocturne aux usagers par un suivi plus efficace, un taux de pannes mieux maîtrisé ;
- etc.

Les gains environnementaux

En termes d'impacts environnementaux, on pourra citer :

- la réduction du bilan carbone de l'exploitation de l'installation d'éclairage public du fait :
- du potentiel accru de réduction des consommations énergétiques (qui représentent un poids conséquent dans le bilan carbone d'une installation d'éclairage) ;

- de l'optimisation des actions de maintenance (ex. : ciblage plus efficace et diminution du nombre de déplacements, réduction du nombre de tournées de nuit) ;
- une plus grande modularité des équipements d'éclairage favorisant, le cas échéant, des scénarios de gestion en faveur de la préservation de la biodiversité (entre autres, extinction saisonnière ou encore évolution temporelle des niveaux d'éclairement).

Par exemple, on pourra citer :

- les « Nuits sans Lumière » sur l'île de La Réunion, où certaines communes acceptent d'éteindre leur éclairage lors de la période d'envol des pétrels de Barau,
- certains territoires qui adaptent leur éclairage à distance lors des saisons privilégiées de ponte des tortues marines,
- les communes à forte influence touristique estivale ou hivernale, qui sont elles aussi impliquées, en sectorisant et planifiant des scénarios d'éclairage cohérents avec ces fluctuations saisonnières ;
- la télégestion de certaines installations d'éclairage sportif, permettant une limitation des flux lumineux émis (ex. : mode « entraînement » ou « ½ terrain ») dans une logique de réduction des nuisances lumineuses.



La télégestion, au point lumineux notamment, permet de passer d'un modèle obsolète de gestion globale des installations d'éclairage public, selon un mode uniforme, à une gestion optimisée et modulable offrant une prise en compte des fluctuations temporelles des besoins en éclairage du territoire. Cette démarche répond aux multiples enjeux qui caractérisent l'éclairage artificiel extérieur. Elle doit cependant satisfaire un ou des besoins identifiés qui justifieront l'investissement nécessaire et les choix techniques à réaliser.

2.3 Limites potentielles de la télégestion de l'éclairage public

Le bouleversement des pratiques

La mise en place de la télégestion nécessite une forte évolution des compétences sur des thématiques moins directement liées au domaine de l'éclairage public. En effet, l'utilisation de dispositifs communicants utilisant des protocoles spécifiques, ou encore la gestion des flux d'informations pouvant remonter des équipements sur le terrain sont autant de sujets nouveaux et techniquement parfois complexes qui peuvent représenter un frein important pour les personnels gestionnaires de ces infrastructures.

Cela nécessite également une ouverture des services éclairage en direction d'autres services de la collectivité, comme la direction des systèmes d'information (DSI), mais aussi des services susceptibles d'exploiter en mutualisation les installations d'éclairage public pour alimenter et/ou supporter des capteurs pour d'autres cas d'usage que l'éclairage urbain.

Le risque de perte de maîtrise de la chaîne de gestion de l'éclairage public

Le passage à la télégestion, selon l'architecture retenue, peut présenter un certain risque pour les services gestionnaires si une des briques du système se met en défaut, car elle peut alors fortement impacter le fonctionnement du service éclairage pour les usagers. Dans le cas d'une défaillance d'un réseau de communication mutualisé pour d'autres cas d'usage (ex. : réseau LoRa sur la commune), portant la remontée des informations et les ordres descendants vers les armoires et/ou points lumineux (allumage, par exemple), cela peut remettre en cause le fonctionnement normal des installations terrain.

Il est conseillé de souscrire :

- un contrat de maintenance (potentiellement intégré à la maintenance de l'éclairage public) pour bénéficier des versions logicielles de maintenance et d'un support en cas de défaillance ;
- un contrat d'exploitation en fonction des ressources disponibles et des compétences requises.

La formation nécessaire

Après l'installation et lors du démarrage du système de télégestion, les constructeurs proposent aux acteurs concernés des formations afin de maîtriser leurs outils. Pour être bénéfiques, ces formations doivent être suivies d'une pratique régulière pour s'assurer que les services de la collectivité ont acquis une maîtrise fonctionnelle efficace.

La limitation des flux de données

Selon les architectures et les choix techniques réalisés, certaines limites peuvent être imposées aux flux de données transmissibles pouvant rendre inopérants certains cas d'usage très gourmands en volume de données. C'est par exemple le cas des flux vidéo qui ne pourront être assurés sur un réseau bas débit.

Les coûts récurrents

Ces nouveaux outils numériques modifient également les pratiques en termes de coûts en fonction de l'architecture choisie.

On a pu voir qu'au-delà des coûts d'investissement liés aux équipements à implanter dans les armoires et, le cas échéant, au droit des points lumineux, peuvent s'ajouter des coûts récurrents (souvent annuels) d'exploitation pour les accès aux services et aux fonctionnalités des plates-formes hébergées sur un cloud (ex. : SaaS – *Software as a Service*). Ces coûts d'abonnement intègrent des droits d'accès aux logiciels et plates-formes de suivi mais aussi de mise à jour des logiciels, de gestion des droits d'utilisateurs, etc.

Il faut aussi considérer les coûts liés aux transmissions de données auprès d'opérateurs, comme les coûts d'abonnements 3G, 4G et 5G.

Ces nouveaux équipements nécessitent également des coûts de maintenance au-delà de celle qui est spécifique à l'éclairage, comme tout équipement qui requiert des vérifications périodiques, des contrôles et d'autres réglages au cours de sa durée de vie.

La (cyber)sécurité du système

La cybersécurité est essentielle aux processus opérationnels, car elle a pour objectif de protéger contre le vol et la destruction de données et de systèmes informatiques.

Les capteurs IoT répartis dans l'espace public sont autant de points d'entrée possibles et donc de vulnérabilités pour la sécurité des systèmes informatiques des collectivités.

Un programme de gestion de la cybersécurité reprend les axes de réflexion suivants :

- concevoir et mettre en œuvre une architecture de sécurité efficace ;
- anticiper et neutraliser les menaces avancées ;
- sécuriser les équipements connectés (IoT) ;
- gérer les identités et les autorisations d'accès ;
- etc.

Deux règlements édités par l'Union européenne encadrent ce sujet :

- le règlement européen *Cybersecurity Act* (CSA – UE 2019/881) relatif à la certification de cybersécurité des technologies de l'information et des communications (2019)⁸ ;
- le règlement *Cyber Resilience Act* (CRA – UE 2024/2847) concernant des exigences de cybersécurité horizontales pour les produits comportant des éléments numériques (2024)⁹.

Cybersecurity Act

Objectif principal : renforcer le rôle de l'ENISA (Agence de l'Union européenne pour la cybersécurité) et établir un cadre européen de certification de cybersécurité pour les produits, services et processus des technologies de l'information et des communications (TIC).

Le *Cybersecurity Act* s'applique principalement à la certification volontaire ou obligatoire des produits et services numériques en fonction des risques identifiés et concerne les fabricants, prestataires de services et autorités de certification.

Il concerne également les organismes d'évaluation de la conformité pour délivrer des certificats de cybersécurité européens, en utilisant des méthodes d'évaluation robustes et harmonisées. Les utilisateurs finaux et donneurs d'ordres sont aussi visés afin de leur permettre d'utiliser et de choisir des produits, services et processus TIC correspondant à leurs besoins en termes de sécurité.

Le CSA a introduit des schémas de certification pour évaluer la sécurité des produits et des services numériques, mais il ne couvre pas directement les obligations de sécurité tout au long du cycle de vie des produits.

Cyber Resilience Act

Objectif principal : imposer des exigences de cybersécurité obligatoires pour tous les produits comportant des éléments numériques (matériels et logiciels) tout au long de leur cycle de vie, depuis la conception jusqu'à la fin de vie.

Le règlement concerne les fabricants et fournisseurs de produits, services et processus des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour leur donner un ensemble d'exigences de sécurité.

Le *Cyber Resilience Act* définit plusieurs niveaux de certification de cybersécurité en fonction de l'objectif de sécurité visé :

- **Niveau élémentaire :**
 - cible typiquement des objets grand public (ex. : Internet des objets – IoT),
 - peut permettre l'auto-évaluation des produits par leur fabricant (émission d'une attestation de conformité) ;

8. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/881/oj>

9. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/2847/oj>

- **Niveau substantiel :**

- cible le risque médian, qui peut par exemple intéresser les assureurs dans leur couverture du risque des services,
- repose sur une évaluation de la conformité effectuée par un organisme accrédité d'évaluation de la conformité (CAB) avec l'émission d'un certificat ;

- **Niveau élevé :**

- cible les solutions pour lesquelles il existe un risque d'attaques impliquant des compétences ou des ressources « significatives »,
- ajoute au précédent niveau l'obligation de faire effectuer, par un tiers de confiance compétent, des tests de pénétration,
- implique que la certification est délivrée par une autorité nationale de certification de cybersécurité, qui sera notamment la garante des compétences techniques nécessaires pour les tests de pénétration.

Conclusion

Le CRA, plus récent, ne remplace pas le CSA, mais le complète. Ce dernier reste le cadre de référence pour la certification de cybersécurité, tandis que le CRA impose des exigences de sécurité concrètes et obligatoires pour les produits numériques.

Par exemple, un produit certifié selon un schéma conforme au CSA peut bénéficier d'une présomption de conformité partielle avec le CRA, mais devra tout de même respecter les nouvelles obligations du CRA (signalement des vulnérabilités, sécurité par défaut, etc.).

Le lecteur pourra également se référer aux ouvrages de l'Agence nationale de la sécurité des systèmes d'information (ANSSI), parmi lesquels se trouve le guide à destination des collectivités : *Sécurité numérique des collectivités territoriales : l'essentiel de la réglementation (2020)*¹⁰.

10. cyber.gouv.fr

CHAPITRE 3

Description sommaire des solutions techniques

3 • DESCRIPTION SOMMAIRE DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Les systèmes de télégestion s'appuient sur l'architecture des installations d'éclairage pour assurer le pilotage à distance souhaité. Le présent guide propose un court descriptif de cette architecture existante, depuis l'armoire de distribution électrique en amont jusqu'au luminaire destiné à émettre la lumière artificielle sur la base d'un paramétrage prédéfini.

3.1 Rappel des systèmes d'éclairage public à prendre en charge par la télégestion

Le lecteur pourra se référer à d'autres guides techniques détaillés pour un approfondissement des connaissances concernant les installations d'éclairage public. Ces guides sont proposés, entre autres, par les organismes suivants : l'Association française de l'éclairage (AFE)¹¹, la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR)¹² et l'Agence de la transition écologique (ADEME)¹³. Les rappels ci-après ont pour but de proposer une présentation synthétique des

équipements composant une installation d'éclairage public et entrant dans le scope des équipements potentiellement à télégérer.

Une infrastructure d'éclairage public/urbain est composée (cf. figure 9) :

- d'une armoire de distribution électrique (en aval de la distribution publique) ;
- de départs électriques par des câbles d'alimentation courant de l'armoire jusqu'aux supports d'éclairage, en souterrain ou en aérien ;
- d'infrastructures passives (ex. : des fourreaux) pour héberger les câbles constituant les départs d'alimentation électrique souterrains ;
- de supports des luminaires : mâts ou consoles murales ;
- de luminaires et de sources lumineuses.

L'installation présentée ci-dessous décrit une architecture fonctionnant localement (non communicante) à partir de l'armoire, nécessitant ainsi un déplacement sur site pour toute intervention de maintenance, de modification de paramétrage ou autres.

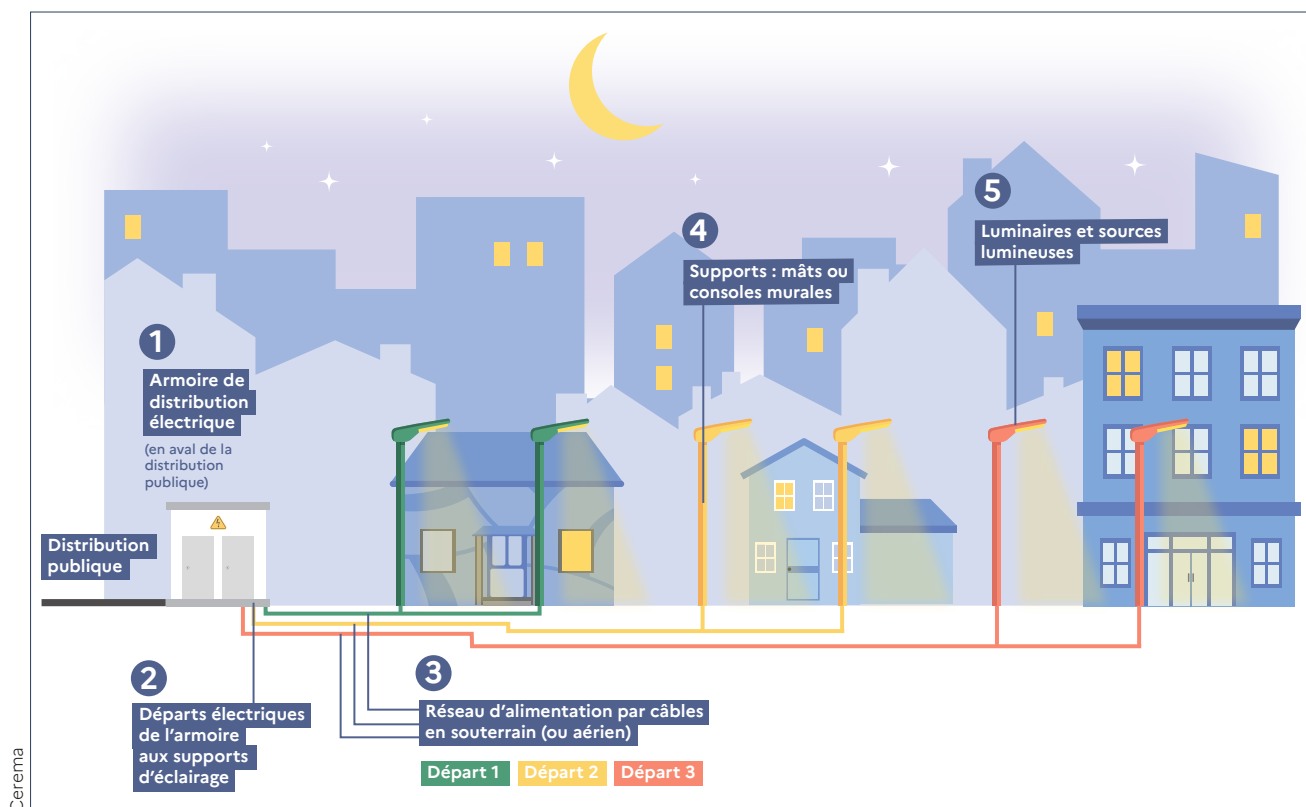


Figure 9 : Architecture type d'une installation d'éclairage public.

11. afe-eclairage.fr

12. fnccr.asso.fr

13. bibliothèque.ademe.fr

L'armoire de commande

Les principales fonctions de l'armoire de commande sont :

- d'héberger et de protéger les équipements (de sécurité électrique, de commande, de communication, compteur, contacteurs, horloge, protections...) ;
- d'assurer une limite de domanialité entre le réseau électrique de distribution publique (Enedis ou dans certains cas, selon les territoires, une entreprise locale de distribution – ELD) et le réseau électrique du réseau d'éclairage en aval ;
- de commander, en règle générale par une horloge astronomique, l'alimentation électrique de chaque départ.

Les câbles d'alimentation électrique

Les départs sont constitués de câbles (triphases ou monophasés) qui cheminent, pour les réseaux enterrés, dans les fourreaux (parfois en fond de fouille), et qui passent par des chambres de tirage jusque dans chaque support en direction d'un luminaire. Une partie du réseau d'alimentation électrique d'éclairage public est cependant encore composée de lignes aériennes. Le support (ex. : le mât) abrite, le plus souvent, des boîtes de jonction entre les câbles descendant des luminaires et les câbles d'alimentation provenant du support en amont et du support en aval.

Les câbles des différents départs ont pour fonction d'alimenter le ou les luminaires installés sur chaque support.

Les luminaires

Les fonctions du luminaire sont de produire de la lumière avec plus ou moins d'intensité selon des plages horaires paramétrables (dimming en anglais, ou abaissement) et, dans certains cas, avec une ou plusieurs températures de couleur. Le luminaire peut aussi être éteint durant une certaine plage horaire et fonctionner à la demande sur détection de présence, par exemple.

Le luminaire est constitué :

- soit d'un **réflecteur équipé d'une lampe à décharge** (ex. : sodium haute pression, iodures) avec un ballast (ferromagnétique ou électronique) ainsi que des équipements électriques d'alimentation ;
- soit **d'une, voire plusieurs platines LED** (circuit imprimé de LED associé à un driver électronique pilotant ces LED).

Un luminaire LED est composé de LED haute puissance et d'un driver. Ce dernier est un équipement électronique actif qui a plusieurs fonctions, la première et principale étant de convertir l'énergie pour alimenter les LED.



Figure 10 : Luminaires équipés de lampes dites « à décharge ».



Figure 11 : Luminaires équipés de LED.

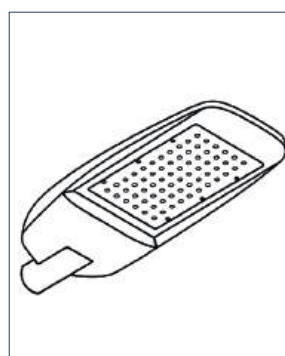


Figure 12 : Luminaire LED.

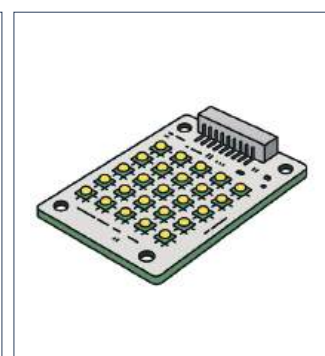


Figure 13 : Circuit imprimé de LED.



Figure 14 : Driver.

Cerema

Cerema

Cerema

Cerema

Dans la majorité des cas, le driver est agencé dans le luminaire au plus près du plateau LED.

Il dispose de plusieurs interfaces :

- **interface électrique**, avec une entrée en 230 V et une sortie en 12 ou 24 V pour l'alimentation des LED ;
- **interface communication**, qui est assurée :
 - soit par le protocole **DALI (Digital Addressable Lighting Interface)** : un protocole de communication sur une paire de câbles cuivre. Les fonctionnalités disponibles varient en fonction des drivers,
 - soit par **modulation** analogique (0-10 V) : elle permet de piloter l'intensité d'éclairage du plateau LED.

Le protocole DALI offre de nombreuses fonctions de modulation de l'éclairage (scénario de variation nocturne, allumage sur détection...) dont l'accès doit être vérifié auprès des fabricants des drivers.

Les drivers récents proposent des fonctions de communication hertziennes (type NFC ou Bluetooth) pour le paramétrage, la configuration et le diagnostic à destination des mainteneurs.

Ces interfaces sont opérationnelles sur de courtes distances (quelques centimètres pour le NFC, plusieurs mètres pour le Bluetooth), les interventions doivent donc s'effectuer sur site à proximité des luminaires.



DURÉE DE VIE DES ÉQUIPEMENTS

La durée de vie des nœuds de télégestion est actuellement estimée à 15 ans (si on se réfère à l'unité fonctionnelle prise dans le calcul des fiches profil environnemental produit – PEP des nœuds de communication au droit des points lumineux). Cela signifie qu'au cours de la vie d'un luminaire (évaluée à plus de 25 ans), il sera nécessaire de remplacer au moins une fois les nœuds de télégestion. Au-delà de l'aspect lié à l'intervention de remplacement (fournitures et main-d'œuvre), cela pose la question de la compatibilité future et de l'interopérabilité des équipements, y compris à long terme, lorsque les nœuds de communication arriveront en fin de vie.



DÉFINITION DE DALI

DALI (*Digital Addressable Lighting Interface*) est un protocole ouvert et standard (défini par la norme NF EN IEC 62386) développé et soutenu par de nombreux constructeurs de ballasts électroniques, qui rend possible la gestion d'une installation d'éclairage par l'intermédiaire d'un bus de communication à deux fils. Tous les luminaires pourront alors avoir une adresse spécifique pour être contrôlés indépendamment selon les besoins.

L'association DALIAG (*Digital Addressable Lighting Interface Activity Group*) est chargée de la promotion et de la coordination des activités. La norme DALI (version 2) garantit l'interchangeabilité des produits des différents constructeurs.

La technologie numérique utilisée par DALI-2 permet :

- de contrôler individuellement jusqu'à 64 luminaires adressables, pouvant être regroupés pour constituer jusqu'à 16 groupes ;
- de commander précisément l'intensité lumineuse par une gradation de 0,1 % à 100 % du flux lumineux par courbe logarithmique (en comparaison de la version analogique dénommée 0-10 V) ;
- de mémoriser 16 ambiances d'éclairement (scénarios de commande et de gestion) ;
- de connaître l'état de l'installation : remontées individuelles d'état des sources lumineuses.

Le système DALI permet entre autres, par l'intermédiaire d'un contrôleur, la mise en marche, l'arrêt, le réglage du niveau d'éclairement, le traitement des défauts éventuels. Dans un contexte où, historiquement, tous les luminaires sur une même alimentation s'allumaient uniformément, le protocole DALI, via son réseau filaire Bus indépendant et complémentaire de l'alimentation électrique, peut discriminer les allumages/extinctions par unité ou groupe de luminaires.

La version 2 du protocole DALI offre plus de fonctionnalités et une interopérabilité renforcée comparée à la version initiale ainsi que des protocoles de tests plus stricts. La certification des produits est garantie par un organisme agréé dont les protocoles de tests sont supervisés par l'association internationale *Digital Illumination Interface Alliance* (DiiA) et non plus seulement par les fabricants.

La certification D4i (*Device Type 4 Interoperability*) (cf. § 3.8) doit permettre de garantir une interopérabilité maximale entre les équipements amenés à échanger entre eux : luminaire LED, capteurs (détecteur de présence, de niveau sonore, d'humidité...) et nœuds de communication (cf. chapitre *Les standards de connecteurs existants*).

3.2 Familles et architectures possibles de télégestion

En éclairage public, le dispositif de télégestion peut s'appliquer au choix :

- **à la gestion à distance de l'armoire** sans intervention possible au point lumineux (télégestion dite « à l'armoire ») ;
- **à la gestion à distance de chaque point lumineux** de manière individuelle (télégestion dite « au point lumineux ») ;
- **à la gestion à distance mixte de l'armoire et des points lumineux** selon les enjeux et besoins sectorisés.

Parmi les solutions de pilotage et de paramétrage d'une installation d'éclairage, il existe aujourd'hui des solutions « locales » permettant une communication (ex. : BLE) avec les équipements (armoire, luminaire) en se situant dans un périmètre proche des points lumineux.

Ces solutions ne peuvent être considérées comme appartenant à un système télégeré (car elles n'affranchissent pas d'un déplacement sur site), mais peuvent représenter une option de pilotage performante selon les besoins des gestionnaires.

3.3 Logigramme décisionnel

Le recours à un système de télégestion doit satisfaire un ou plusieurs besoins identifiés par la collectivité pour répondre à des enjeux inhérents au territoire et pouvant évoluer selon les secteurs de ce dernier.



DES SOLUTIONS LOCALES DE GESTION DE PROXIMITÉ

Le pilotage de proximité (exemple d'une solution par connexion Bluetooth)

La connexion aux équipements (armoire de commande, luminaire) passe, dans ce cas, par une connexion locale de proximité (quelques dizaines de mètres maximum) via un smartphone, une



Arcom-CityOne

Figure 15 : Application de pilotage d'un luminaire par Bluetooth.

tablette ou un ordinateur suffisamment proche avec, par exemple, une connectivité de type Bluetooth. Le logiciel de pilotage est alors une application installée directement sur le support numérique. Il sera ainsi possible, à proximité du luminaire (et sans connexion filaire), de modifier le paramétrage d'abaissement des flux sortants (amplitude horaire ou pourcentage de la plage d'abaissement) ou d'autres caractéristiques.

Ces solutions sont globalement similaires aux solutions classiques de télégestion quant à leurs fonctionnalités, le confort de l'accès à distance en moins, et avec quelques limitations, notamment sur les potentialités de remontées de données. Elles ne dispensent pas d'un déplacement sur le site par un opérateur de maintenance.

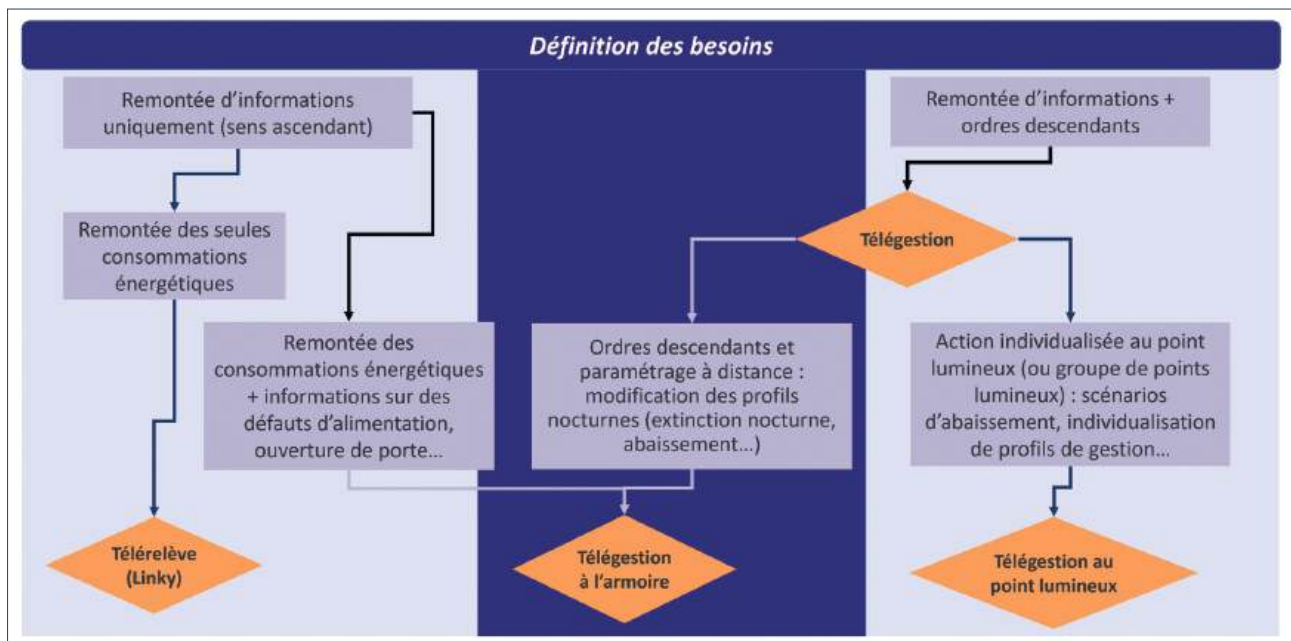


Figure 16 : Logigramme décisionnel pour définir la typologie de télégestion.

Cerema

Il s'agit en premier lieu de faire un choix entre :

- un besoin limité à de la télérelève pour un suivi des consommations, par exemple (cf. chapitre *Télégestion vs télérelève*) ;
- un besoin de transmissions d'ordres descendants, en direction des armoires (pour une gestion plus globale

des départs électriques et de l'ensemble des points lumineux en aval) ;

- un besoin plus clairement identifié de transmissions d'ordres descendants en direction des luminaires pour une gestion discriminée au point lumineux et une optimisation des scénarios d'éclairage.

Télégestion à l'armoire ou au point lumineux

Ce tableau (liste non exhaustive) permet d'orienter le choix du chef de projet en fonction des besoins qu'il aura pu définir. **Exemples d'actions descendantes** pouvant interférer dans le choix d'une télégestion à l'armoire ou au point lumineux :

Définition des besoins	Télégestion à l'armoire	Télégestion au point lumineux
Extinction/allumage d'une armoire à distance lors d'évènements festifs ou décision d'extinction quotidienne sur plage horaire à programmer	OUI	NON
Modification à distance de la plage d'extinction paramétrée	OUI	OUI
Mise en place et gestion d'un dispositif de rallumage d'urgence d'un éclairage public au cours d'une phase d'extinction nocturne de cet éclairage	OUI	OUI
Modification à distance d'un pourcentage d'abaissement sur plage horaire	NON	OUI
Retour d'information sur les consommations énergétiques globales d'un ensemble alimenté par une même armoire	OUI	NON
Retour d'information sur les consommations énergétiques d'un luminaire ou sur son état de fonctionnement	NON	OUI
Modification du pourcentage d'abaissement d'une partie des luminaires sur un départ électrique	NON	OUI
Alimentation d'équipements urbains non dédiés à l'éclairage public (nécessitant l'alimentation 24 h/24 du réseau d'éclairage public)	NON	OUI
Évolution du paramétrage d'un éclairage fonctionnant avec détecteur de présence (si gestion différenciée de luminaires sur un même départ électrique)	NON	OUI
Uniformisation du moment d'allumage et d'extinction des installations d'éclairage sur des territoires étendus	OUI	NON
Planification de scénarios d'allumage/extinction d'éclairage différents selon les secteurs géographiques	OUI	OUI

Figure 17 : Cas d'usage et solutions de télégestion.

Télégestion à l'armoire

La télégestion à l'armoire consiste à transmettre à distance l'ordre d'allumer ou d'éteindre l'éclairage public au niveau de l'armoire :

- la journée, les départs ne sont pas alimentés électriquement : l'éclairage est éteint ;
- la nuit, les départs sont alimentés électriquement : l'éclairage est allumé.

En général, hors télégestion, ces allumages ou extinctions se commandent suivant différentes techniques :

- une horloge astronomique implantée dans l'armoire de commande ;
- un calendrier programmé ;

- une commande transmise par le système central ;
- une commande transmise par un automate suivant des données mesurées ou des capteurs (ex. : luxmètre donnant la luminosité ambiante), etc.

Aussi, dans les armoires, les équipements de télégestion sont souvent constitués de plusieurs capteurs actionneurs autour d'une unité de traitement de type automate industriel ou équivalent.



Figure 18 : Module de pilotage et de télégestion d'armoire.

Les principales fonctions de l'unité de traitement sont :

- d'activer l'alimentation du ou des départs électriques ;
- de vérifier la présence de tension et/ou de courant sur chaque départ ;
- de vérifier l'environnement de l'armoire : état de la porte, présence d'eau, température, etc. ;
- d'héberger des calendriers d'allumage/extinction ;
- de communiquer avec une horloge astronomique installée dans l'armoire, ou d'en héberger une ;
- de collecter les mesures de capteurs de luminosité pour activer/éteindre l'éclairage ;
- de collecter des mesures d'autres capteurs (cosPHI¹⁴, tension d'alimentation...) ;
- de fournir des interfaces et des fonctions de communication (modem, prise RJ45...) ;
- de fournir des fonctions de pilotage manuel ;
- de fournir des fonctions de métrologie, comme la mesure de la consommation électrique.

Les données produites localement sont qualifiées soit :

- **en défaut** : problème technique d'un organe ;
- **en alarme** : détection d'un changement d'état d'un organe qui est considéré comme critique pour atteindre les objectifs fonctionnels ;
- **en évènement** : détection d'un changement d'état d'un organe qui n'est pas considéré comme critique ;
- **en mesure** : métrologie, etc.



Figure 20 : Unité de télégestion à l'armoire.



Figure 19 : Concentrateur intégré dans l'armoire.

Une fois programmée, cette unité de traitement peut être complètement autonome (elle ne transmet pas d'information et n'en reçoit pas). Seuls des techniciens spécialistes peuvent interagir avec elle.

Elle peut aussi être connectée à un système central et devenir « télégérée ». Toutes les données produites par l'unité de traitement sont alors transmises au système central : les défauts et les pannes, la consommation des installations, la température dans l'armoire, les intrusions ou les actes de vandalisme, les courbes de charge...

Il est aussi possible, à partir du logiciel centralisé, de reprogrammer les calendriers, commander l'allumage/extinction manuellement ou automatiquement (ex. : pour accompagner un évènement festif), ou encore de changer les algorithmes ou seuils de prise en compte des mesures de capteurs.

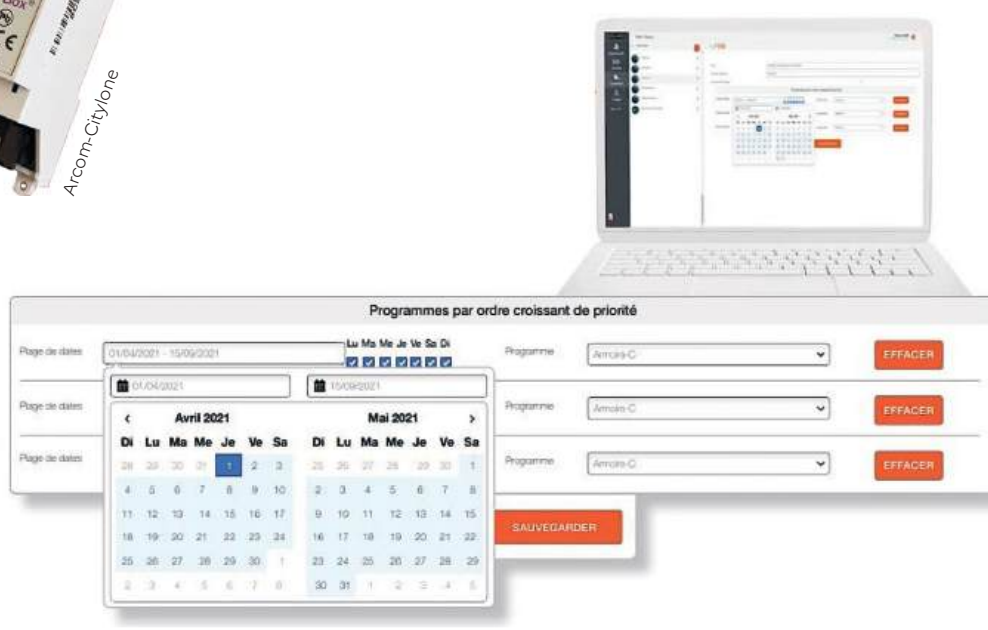


Figure 21 : Exemple d'interface de saisie d'un profil nocturne. Saisie calendrier des plages horaires et des pourcentages d'abaissement par l'opérateur.

14. En courant alternatif, le rapport entre la puissance active et la puissance apparente s'appelle le facteur de puissance et s'exprime par le **cosinus phi**, nombre compris entre 0 et 1 qui définit le déphasage entre la tension (V) et le courant (I). Une valeur trop basse peut impacter la capacité de transmission du réseau électrique et engendrer des pertes énergétiques en ligne plus importantes.



L'EXEMPLE DE LA SOLUTION D'ALLUMAGE DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC « À LA DEMANDE »



Photon Group

Figure 22 : Application « J'allume ma rue ».

Ce dispositif nécessite donc l'installation d'équipements tels que des horloges connectées, au-delà du seul accès à l'application.

La solution de commande par des utilisateurs riverains s'appuie sur une application smartphone qui représente l'interface pour les usagers, mais qui nécessite toutefois la mise en place d'une télégestion à l'armoire des installations d'éclairage public, telle que décrite précédemment avec des fonctionnalités équivalentes, gérées au niveau des services administrateurs de la collectivité :

- l'utilisateur, géolocalisé via son smartphone, envoie un ordre d'allumage au système de contrôle implanté dans l'armoire de commande couvrant la zone dans laquelle il se situe (via un bouton d'allumage modélisé dans l'appli). Les modalités d'allumage sont paramétrées par la collectivité suivant une sectorisation calée sur la couverture de chaque armoire pilotée ;
- passé un délai de temporisation (également défini par le gestionnaire), l'armoire sollicitée procède à l'extinction des départs électriques concernés ;
- une interface réservée aux gestionnaires permet d'accéder à l'ensemble des données de consommation, de durée d'allumage... mais aussi de reparamétrer si besoin le dispositif, ce qui assimile ce dernier à un système de télégestion à l'armoire.



Photon Group

Figure 23 : Horloge astronomique communicante.

Télégestion au niveau des supports et luminaires

La télégestion au point lumineux consiste à gérer chaque luminaire de façon unitaire ou par groupe de luminaires et à s'affranchir de la « logique » du réseau d'alimentation électrique (un départ électrique alimente de manière indifférenciée l'ensemble des luminaires en aval).

Pour ce faire, un équipement de télégestion est nécessaire sur chaque luminaire ou support. Cet équipement est appelé « nœud de télégestion ». Il peut être autonome, mais le plus souvent, il dispose d'un réseau de communication pour remonter des mesures ou des alarmes et recevoir des commandes et/ou des paramétrages.



LACROIX MAGICWORLD

Figure 24 : Nœud de communication.



Bouygues Énergies & Services

Figure 25 : Nœud de télégestion d'un point lumineux.

Grâce à ces nœuds de télégestion, il est possible de gérer chaque point lumineux individuellement ou par groupe.

Deux cas de figure peuvent se présenter avec l'utilisation de nœuds de télégestion :

- soit les départs électriques depuis l'armoire de commande sont alimentés en permanence, le nœud fonctionne alors 24 h/24. Il déclenche l'allumage ou l'extinction du luminaire en application d'un scénario paramétré (ex. : transmis via le protocole DALI). Le luminaire peut donc être éteint (ex. : période diurne) alors que le réseau électrique sur lequel il est implanté est sous tension ;
- soit il y a un pilotage à l'armoire, les départs électriques ne sont alimentés que la nuit (heure d'allumage et d'extinction de l'éclairage). Les nœuds et les luminaires ne fonctionnent que durant ces plages. En journée, ils sont éteints faute d'alimentation électrique.

Ainsi, grâce à l'utilisation de nœuds de télégestion qui permettent de maintenir éteints les luminaires en présence de courant sur l'alimentation, il est possible d'avoir une alimentation permanente (l'allumage/extinction ne se fait plus au droit de l'armoire) en pied

de support d'éclairage. L'ajout de nouveaux usages urbains (en période diurne notamment) sur le support d'éclairage (capteurs, sonorisation, vidéoprotection...) est ainsi envisageable.

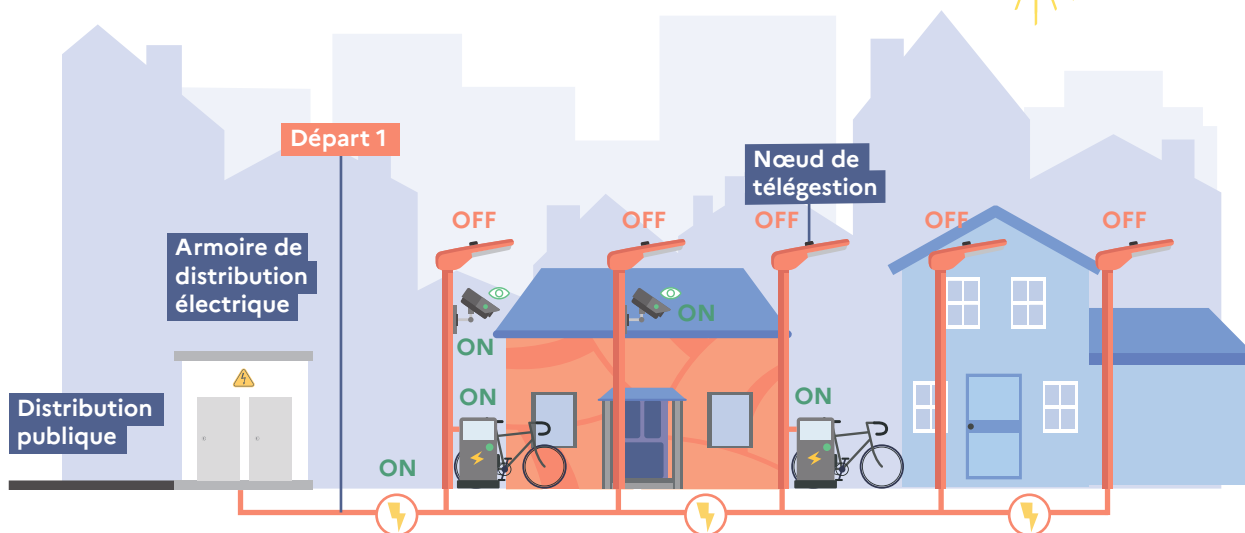


Figure 26 : Scénario d'éclairage historique sans télégestion.

Scénario avec télégestion

Jour

Le réseau est alimenté mais les luminaires restent éteints.
Les autres équipements sont alimentés (recharge, vélos électriques, caméras...).



Nuit

Le réseau est alimenté et seuls les luminaires ciblés sont allumés.

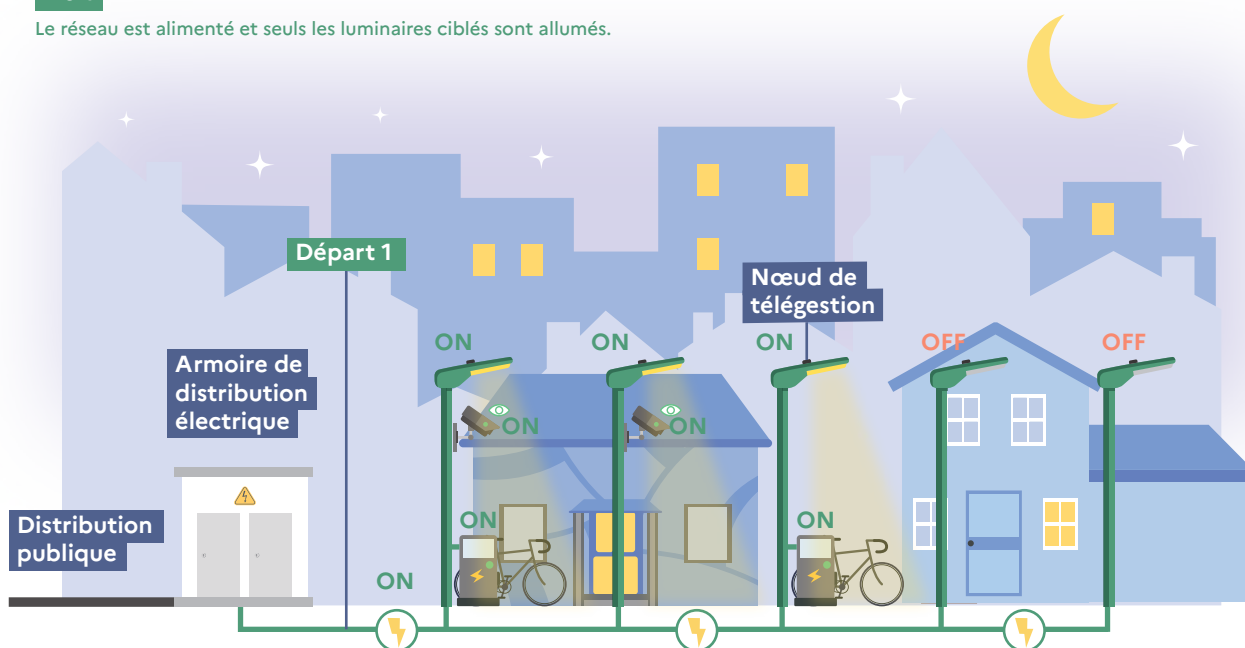


Figure 27 : Scénario d'éclairage différencié avec télégestion.

Télégestion mixte à l'armoire et au niveau des supports et luminaires

Les besoins en termes de gestion des installations d'éclairage public peuvent varier selon la localisation et les quartiers dans lesquels sont situés les points lumineux. Ainsi, les modes de gestion pourront changer entre le cœur de ville, lieu de vie nocturne active avec des variations saisonnières potentielles, et les autres zones : par exemple, les secteurs commerciaux, dont le profil d'activités nocturnes peut être différent, tout comme les secteurs résidentiels, souvent peu animés en période nocturne, ou encore les zones urbaines à proximité d'espaces naturels à enjeux de préservation ou restauration de la biodiversité.

Les solutions de télégestion pourront donc varier selon les besoins et les profils nocturnes des quartiers avec, dans certains cas, des équipements spécifiques (écoles, enceintes sportives, cinémas, théâtres...) qui pourront nécessiter des gestions différenciées ponctuellement.

La collectivité aura ainsi la possibilité de combiner, sur l'ensemble de son territoire et en fonction des enjeux et des besoins identifiés, les solutions techniques adaptées à ses besoins, voire d'éviter, dans certains secteurs, le recours à la télégestion si cette dernière se révèle sans réelle plus-value.



LES DIFFÉRENCES NOTABLES, PARMIS D'AUTRES, ENTRE LA TÉLÉGESTION AU POINT LUMINEUX ET LA TÉLÉGESTION À L'ARMOIRE

La télégestion au point lumineux permet la remontée individuelle des défauts pour chacun des luminaires. Ainsi, il est possible de savoir si l'un d'eux est en panne, information essentielle afin d'éviter certaines, voire toutes les tournées de nuit pour vérifier l'état des luminaires (cela n'affranchit pas le gestionnaire ou son prestataire de visites régulières de contrôle des installations d'éclairage).

La vérification du bon fonctionnement ou la modification à distance de la gradation de l'intensité lumineuse par luminaire ou groupe de luminaires (pourcentage, plage horaire) n'est possible que par télégestion au point lumineux. La télégestion à l'armoire ne permet pas d'intervenir sur les équipements de gradation de chaque luminaire.

Le maintien de l'alimentation en période diurne sur le réseau d'éclairage public pour alimenter d'autres équipements urbains n'est possible que dans le cas de télégestion au point lumineux, les ordres d'allumage/extinction étant reçus de manière numérique. Les luminaires peuvent alors être éteints, y compris si le réseau reste alimenté.

Les potentialités de la télégestion à l'armoire permettent une remontée d'informations centralisées dans l'armoire de commande :

La télégestion à l'armoire ne remonte que le défaut en amont sur le départ électrique et ne donne pas d'information individuelle pour chaque luminaire situé en aval. Les informations touchant à la consommation énergétique seront ainsi mutualisées pour un ensemble de points lumineux situés en aval du point de comptage. Elles peuvent toutefois, en deçà ou au-delà d'un seuil paramétré, identifier et alerter sur des consommations anormales.

Des informations concernant l'armoire de commande peuvent être remontées (ouverture intempestive de la porte, température intérieure...).

Les informations peuvent être individualisées pour chaque départ électrique.

La coupure nocturne ou la modification des horaires de coupure de l'ensemble des points lumineux rattachés à une même armoire peut être réalisée à distance dans cette configuration.

3.4 Éléments composant un dispositif de télégestion

Un système de télégestion est composé de trois strates indispensables :

- la première au sein des installations terrain : armoires de commande et points lumineux ;
- la seconde pour structurer ou utiliser, si existant, un réseau de communication pour faire remonter
- ou descendre les données ou les ordres aux équipements terrain ;
- la troisième, la couche dite « logicielle », sur un terminal distant pour le traitement et l’interfaçage avec l’opérateur en charge du suivi et du contrôle via une plate-forme logicielle.

NIVEAU 1 : ÉQUIPEMENTS TERRAIN	NIVEAU 2 : RÉSEAU DE COMMUNICATION	NIVEAU 3 : COUCHE LOGICIELLE POUR PILOTAGE/SUIVI
Sur le point lumineux et/ou l’armoire	Réseaux filaires et/ou hertziens	Poste de supervision/contrôle
Capteurs, détecteurs, actionneurs, unité centrale de télégestion (pour le traitement et la transmission des données) implantés sur l’installation d’éclairage public	Un ou plusieurs réseaux de (télé)communication	Une suite logicielle accessible via une interface de type plate-forme web de contrôle-commande centralisée pour l’affichage des données (tableau de bord) et la transmission des ordres descendants

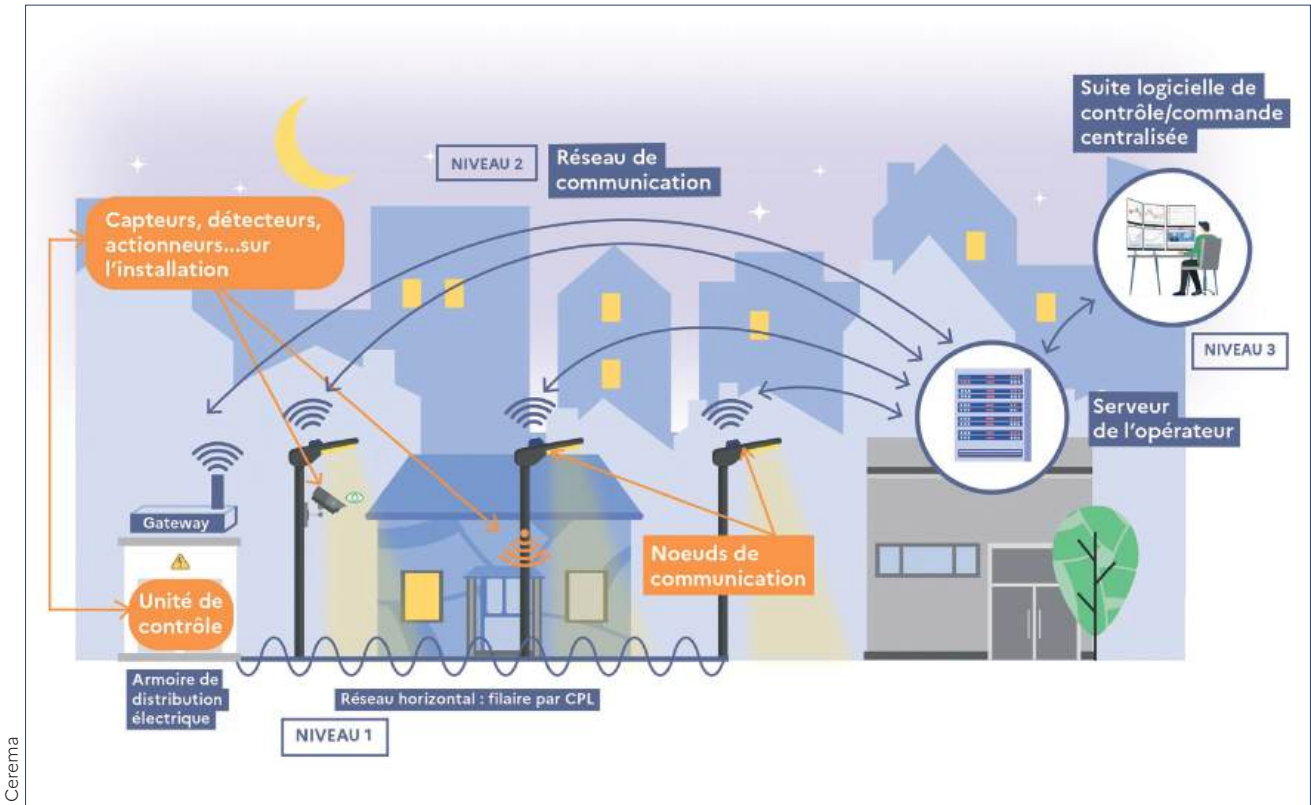


Figure 28 : Organisation d’un système de télégestion.

L’ensemble des équipements et des composants cités est détaillé page suivante.

TYPOLOGIE DES COMPOSANTS	DÉFINITION ET RÔLE
Sur le point lumineux et/ou l'armoire – Équipements terrain	
Les capteurs et actionneurs	Ces composants sont au plus près des équipements qu'ils surveillent ou commandent.
Les capteurs	- mesurer des grandeurs physiques : luminosité extérieure, courant électrique, environnement (bruit, qualité de l'air...) ; - constater l'état d'une fonction ou d'un équipement : par exemple, porte ouverte (armoire), état alimenté ou non d'un départ électrique, état d'un luminaire allumé ou éteint...
Les détecteurs (de présence)	détecter la présence d'utilisateurs : par infrarouge (<i>Passive Infrared Sensor</i> – PIR), image vidéo, etc., le plus souvent par interprétation d'une mesure/observation pour en déduire la présence ou non d'un usager. Remarque : capteurs et détecteurs sont souvent un même équipement.
Les actionneurs	activer/désactiver une fonction : allumer ou éteindre un luminaire, alimenter ou non un départ, etc.
Les unités centrales de télégestion (automate ou RTU – <i>Remote Terminal Unit</i>)	L'unité centrale (ou unité de contrôle) est l'équipement dans l'armoire de commande qui assure la liaison entre l'ensemble des équipements terrain (ex. : capteurs et actionneurs) et le terminal de l'opérateur à distance : - enregistrer des commandes transmises par l'opérateur et les activer (ex. : activer un actionneur pour mise en tension d'un départ électrique) ; - traiter par algorithmes les données collectées (ex. : par les capteurs) puis les transmettre au superviseur ; - assurer des fonctions de contrôle local (ouverture de porte d'armoire, surveillance de départs électriques ou de rupture d'alimentation...).
Les nœuds de communication	Le nœud de communication permet la télégestion de l'éclairage public en effectuant un contrôle du point lumineux par courant porteur, communication hertzienne ou autres : - communiquer entre les luminaires et le système de contrôle-commande (unité centrale), l'opérateur de gestion (ex. : maintenance), des équipements à proximité ou encore d'autres nœuds ; - assurer une fonction de stockage de données, comme les profils de gestion des luminaires (ex. : plages horaires d'allumage/extinction/gradation) ou des informations émanant du driver (ex. : consommation, état de fonctionnement des LED, etc.) ou d'autres capteurs environnants ; - assurer une fonction de pilotage du luminaire en exécutant les ordres reçus depuis le superviseur, comme l'allumage ou l'extinction d'un luminaire (en application des profils de gestion ou par ordre spécifique dérogoatoire).
Les réseaux de transmission des données et des ordres (ascendant/descendant)	
Les réseaux de transmission des données et des ordres (ascendant/descendant)	Ils peuvent être fonctionnellement classés en deux catégories : - les réseaux horizontaux qui permettent aux capteurs, actionneurs et unités de traitement de communiquer entre eux sur le terrain ; - les réseaux verticaux qui permettent aux capteurs, détecteurs et actionneurs de communiquer avec le système central de contrôle-commande (superviseur).
L'interface de suivi et de contrôle à distance	
Le système de contrôle-commande	Il s'agit d'un ou plusieurs logiciels : - qui traitent les données remontant des capteurs et des détecteurs pour une analyse en vue de l'affichage sur un tableau de bord (<i>dashboard</i>) des calculs d'indicateurs ou l'affichage de l'état d'un équipement, par exemple ; - qui transmettent les informations et les ordres notamment vers les actionneurs (ordres descendants) pour concrétiser une action sur certains équipements du parc d'éclairage (allumage ou extinction de luminaires, modification d'un pourcentage d'abaissement ou d'une plage horaire...). Ces logiciels sont hébergés soit sur un cloud et accessibles via des plates-formes web, soit en local sur un serveur de l'organisme gestionnaire dans le cas de solutions dites « on-premise » (cf. chapitre <i>Le choix d'architecture</i>).

3.5 Capteurs et détecteurs

Les détecteurs de présence

Les principaux capteurs utilisés, comme les détecteurs de présence, ont pour fonction de surveiller une zone afin de déterminer la présence d'au moins un usager. Cette information sera utilisée pour transmettre un scénario de fonctionnement dédié comme de

la gradation (ex. : augmentation du niveau d'éclairage lorsque l'éclairage est en veille), ou encore un ordre d'allumage ou d'extinction de l'éclairage. Un dispositif de pilotage est associé au détecteur et installé soit en pied de mât, soit dans le luminaire. Un dispositif de détection peut venir s'ajouter à des scénarios d'abaissement de puissance en appliquant les « consignes basses » et « consignes hautes » sur le scénario en cours. Les consignes hautes peuvent varier selon les phases.

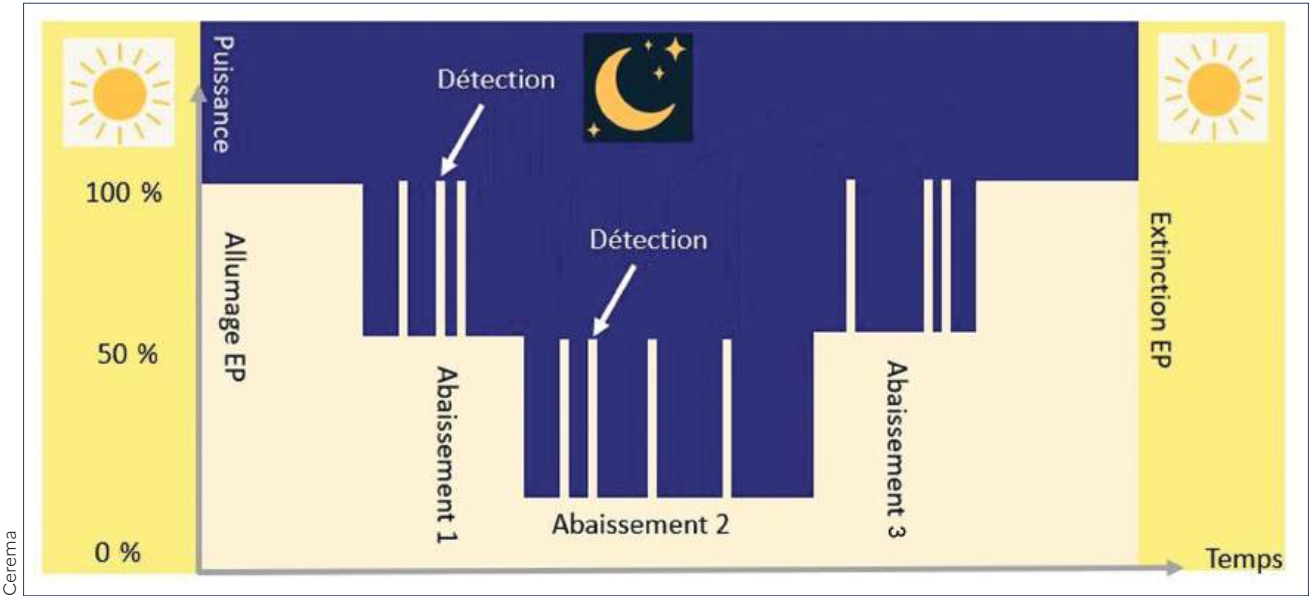


Figure 29 : Schéma d'un profil nocturne associant abaissement de puissance et détection de présence.

Il existe différentes technologies utilisables pour ce type de capteurs :



Figure 30 : Solutions de capteurs pour détection de présence.

- **les détecteurs à infrarouge passif ou capteurs PIR** (*passive infrared*, pyroélectriques ou à mouvement infrarouge) : utilisés comme des capteurs de mouvement et des détecteurs de variations de température dans la scène de référence qui sont interprétées comme une présence d'utilisateur ;
- **les radars (Doppler)** : utilisés comme des capteurs de mouvement, ils mesurent le retour d'écho d'un signal micro-ondes directionnel émis depuis le capteur et réfléchi par une cible, permettant de mesurer sa vitesse et de discriminer les typologies d'utilisateurs (piétons, cycles, voitures, par exemple) ;
- **les vidéos** :
 - **infrarouges** : une caméra infrarouge analyse les images obtenues et les compare à une image de référence afin de détecter le mouvement d'une masse émettrice de chaleur,
 - **classiques** : une caméra analyse les images obtenues et les compare afin de détecter les mouvements. Certains capteurs peuvent discriminer les usagers détectés (piétons, cycles, véhicules légers...). Cette solution nécessite le maintien de l'éclairage urbain pour assurer l'éclairage nécessaire au fonctionnement des caméras.

Dans l'absolu, n'importe quel type de capteur urbain peut être utilisé (ex. : des boucles magnétiques de comptage de trafic, des solutions basées sur l'utilisation du LiDAR 3D¹⁵ actuellement testées). Cela dépend de l'information pertinente et nécessaire qui peut être prise en considération en amont pour intervenir dans la décision du scénario d'éclairage (allumage, extinction, gradation...), en fonction du contexte et des enjeux relatifs à la zone à éclairer.

L'architecture du système déployé a un impact direct sur son fonctionnement, ses performances, sa maintenabilité et son coût.

Exemples d'utilisation

Ci-dessous sont présentés deux exemples schématisés de typologies d'architecture que l'on peut mettre en place avec des capteurs tels que des détecteurs de présence.

Exemple 1 – Capteur/détecteur par luminaire

Chaque luminaire fonctionne individuellement, assure sa propre détection et son propre allumage, ce qui peut générer des décalages d'allumage entre les luminaires d'une même rue. Le nœud de communication n'est alors pas indispensable, à moins d'avoir à gérer l'harmonisation des allumages/extinctions pour que tous les luminaires soient coordonnés via une communication locale (ex. : le premier luminaire qui détecte un usager en informe les autres pour un allumage coordonné d'un groupe de luminaires). Ce schéma n'est donc pas à rattacher aux configurations de télégestion si les communications ne se font qu'en local sans remontée vers un superviseur.

Exemple 2 – Mutualisation de capteurs pour plusieurs luminaires

Dans ce cas de figure, une communication entre les nœuds de télégestion est nécessaire. Le capteur ayant opéré la détection doit informer les autres luminaires de la zone. Les instructions émises par les capteurs sont relayées par les nœuds sur l'ensemble de l'installation.

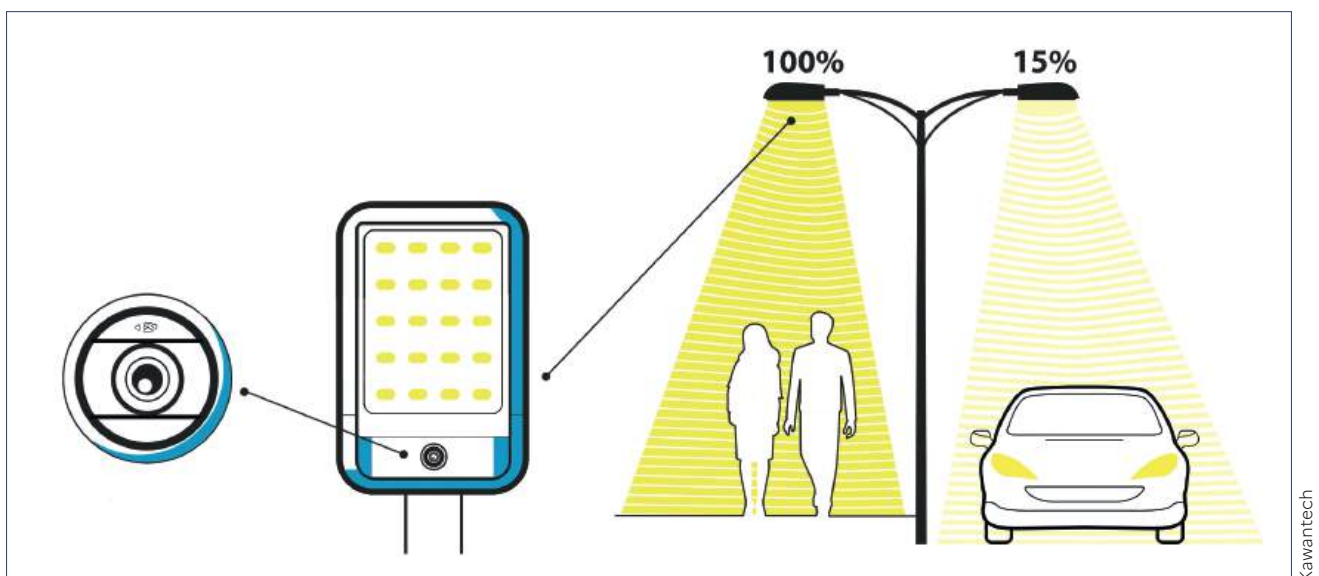
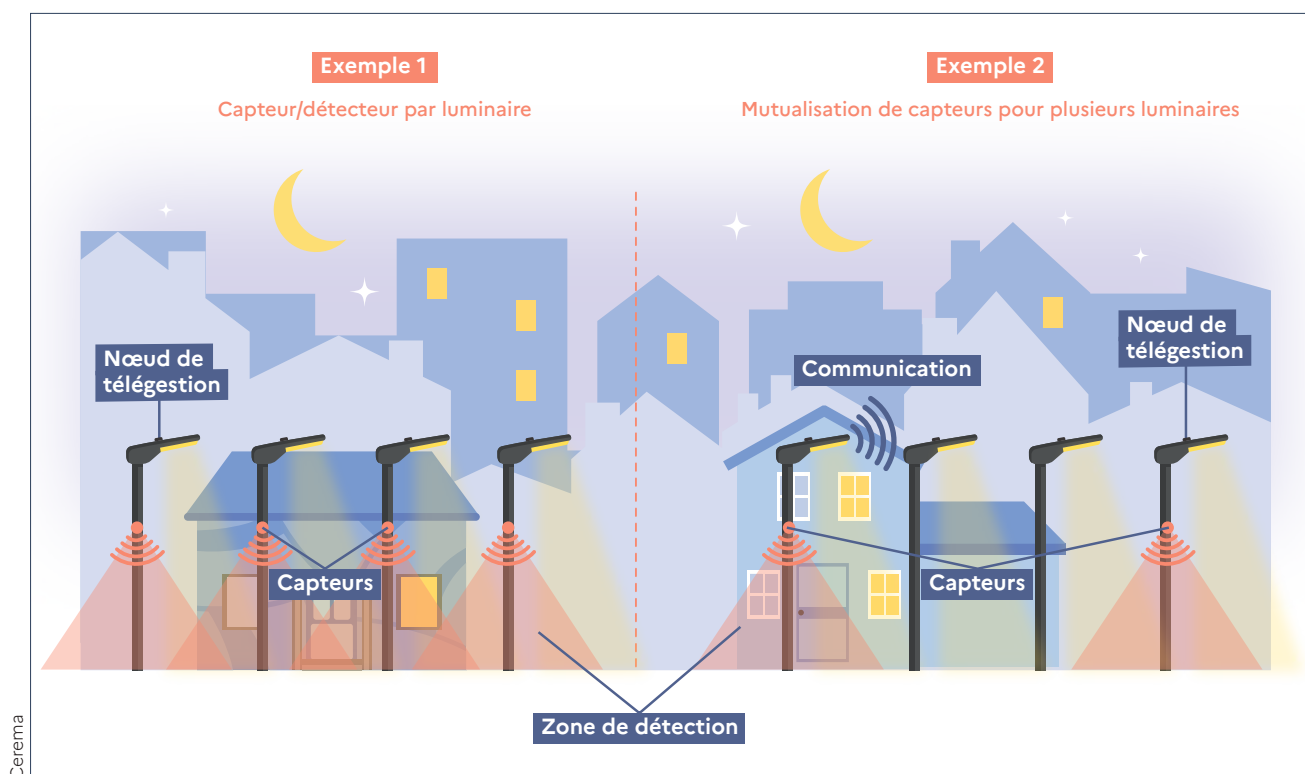


Figure 31 : Capteur optique de type caméra basse définition associée à un ordinateur, le tout intégré dans le luminaire.

15. Grâce au scanner LiDAR, les mesures de distances sont transformées et combinées en nuages de points 3D permettant de construire une cartographie 3D de l'environnement dans lequel évolue le scanner.



Cerema

Figure 32 : Schéma de deux organisations différentes d'une installation d'éclairage avec détection de présence via un détecteur par mât ou via une mutualisation de capteurs encadrant plusieurs luminaires.

Ainsi, tous les luminaires peuvent être allumés lorsqu'une détection a eu lieu sur un seul luminaire. Ce type d'installation peut être utilisé en entrée et en sortie de rue pour allumer toute la rue sur détection d'un usager. Cependant, si ce dernier se présente sur le parcours à une distance trop grande des points lumineux équipés de détecteurs, il ne sera pas détecté.

Une fonction de « *corridor* » (autrement appelée « train de lumière ») peut aussi être implémentée pour allumer un groupe de luminaires sur détection d'un seul capteur. L'ordre d'allumage est alors envoyé à un groupe de luminaires en aval du capteur avec temporisation. Un capteur situé plus en aval prend ensuite le relais pour l'allumage du groupe de luminaires suivant.

L'architecture à mettre en œuvre sera déterminée en fonction des besoins des usagers, de la configuration terrain (localisation judicieuse des détecteurs en fonction des passages des usagers, de leur typologie, de leur vitesse de déplacement, etc.) ou d'autres critères potentiels.

3.6 Nœuds communicants

Ces nœuds, implantés pour la télégestion au point lumineux, peuvent être à la fois :

- émetteurs : ils transmettent des données collectées, par exemple depuis le driver du luminaire (index de

consommation ou autre information), en direction de l'unité centrale de télégestion dans l'armoire de commande ;

- récepteurs : ils collectent une donnée ou un ordre provenant du superviseur via l'unité centrale de télégestion dans l'armoire de commande (ex. : modification d'un pourcentage d'abaissement ou d'une plage horaire d'extinction) ;
- répéteurs : ils collectent et relaient une donnée ou un ordre transmis depuis un équipement voisin (ex. : luminaire, détecteur de présence) pour transmission vers un autre équipement afin de l'acheminer vers la destination souhaitée (superviseur, luminaire cible, etc.).

Ils offrent plusieurs fonctions :

- la communication : avec le système de contrôle-commande, l'opérateur de maintenance, des équipements à proximité, d'autres nœuds implantés sur d'autres luminaires, etc. ;
- le stockage des profils de gestion comme des plages horaires d'allumage et/ou d'extinction et/ou de gradation ;
- une fonction de pilotage du luminaire (ordre descendant) par le driver en protocole numérique DALI (cf. chapitre *Les luminaires*) ou en solution analogique (0-10 V) ;
- une collecte des informations (montantes) du driver via le protocole DALI (consommation du luminaire, état de fonctionnement des LED...) ;
- une collecte des informations de capteurs environnants.

Les nœuds peuvent disposer de plusieurs interfaces :

- pour leur alimentation ;
- pour la communication avec un tiers (le système de contrôle-commande, l'opérateur de maintenance, un autre nœud...). Cette interface peut être hertzienne (*Global System for Mobile Communication* – GSM, Zigbee, Bluetooth...) ou filaire (CPL). Des limites d'inter-distances entre les nœuds de communication peuvent exister selon les technologies utilisées ;
- pour communiquer avec le driver afin de piloter le module LED (0-10 V ou protocole DALI) ;
- pour les capteurs et détecteurs reliés à l'installation (capteurs entrées/sorties de type « tout ou rien » – TOR).

Certains nœuds vissables sur le luminaire disposent d'un capteur de luminosité, permettant de paramétrer l'allumage/extinction ou une plage de gradation du luminaire en fonction de la luminosité ambiante. Chaque luminaire devient alors complètement autonome. Dans ce cas, une alimentation permanente est nécessaire, et l'homogénéité d'allumage de l'éclairage doit être contrôlée.

Ces nœuds peuvent être placés soit dans le mât sur lequel est installé le luminaire lorsque la connexion est d'ordre filaire (ex. : courant porteur en ligne – CPL), soit directement sur le luminaire lorsque la connexion est de type hertzien.

Cas n°1 – Le nœud est installé dans le mât (support) du point lumineux

Il est nécessaire que le câble d'alimentation descendant du luminaire soit équipé de paires de câbles en cuivre pour la communication DALI (appelés « câbles Bus ») avec le driver LED. Le nœud de télégestion est ensuite raccordé à ces paires de câbles pour communiquer en mode « filaire » avec le driver alimentant les LED.

Une unité de contrôle est installée dans l'armoire de commande pour communiquer avec les nœuds de télégestion dans les points lumineux en aval (suivant un mode de communication filaire ou hertzien). Elle joue le rôle de concentrateur des données remontant des points lumineux pour une transmission vers le superviseur de l'opérateur ou une transmission des ordres descendants depuis le superviseur.

Cas n°2 – Le nœud est installé sur le luminaire

Des connecteurs normalisés (cf. chapitre *Les standards de connecteurs existants*) permettent de venir le visser sur sa face supérieure (cf. figure 34 : *Nœud de télégestion implanté sur le luminaire*). Ces connecteurs sont préparés en usine par les fabricants de luminaires avec les raccordements au driver et à l'alimentation. Ils doivent être spécifiés à la commande.

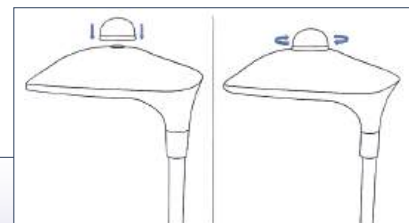


Figure 34 : Nœud de télégestion implanté sur le luminaire.

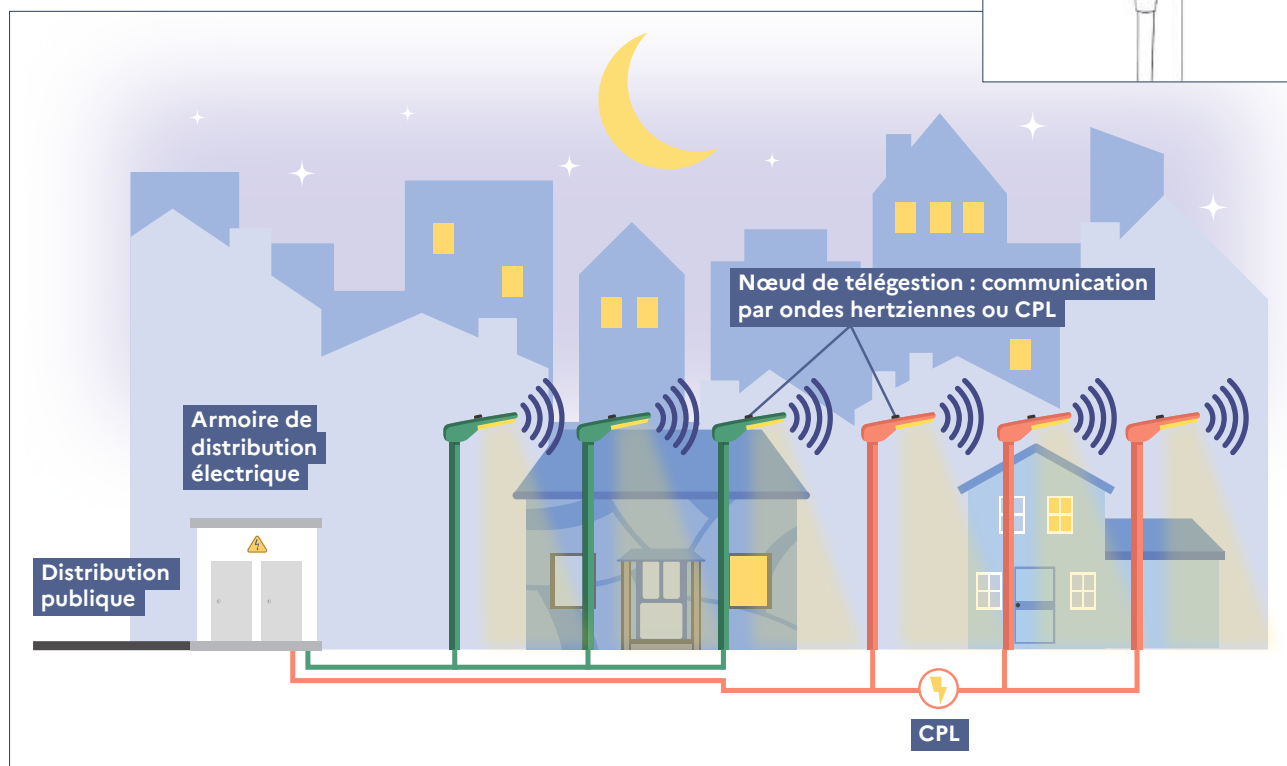


Figure 33 : Réseaux de communication hertzien (circuit vert) et par courant porteur en ligne – CPL (circuit rouge).

Les standards de connecteurs existants

Les évolutions technologiques récentes, le développement des objets connectés (dont certains sont implantés sur des supports d'éclairage) et l'intérêt de rendre « communicants » ces équipements nécessitent de garantir une interopérabilité maximale pour les maîtres d'ouvrage. En outre, ces équipements sont souvent fabriqués par des entreprises différentes, spécialisées entre autres dans le domaine de l'éclairage, de la communication, de la détection ou encore de la métrologie. Il s'est ainsi avéré nécessaire de mettre en place des certifications internationales qui autorisent et garantissent cette interopérabilité.

Le présent chapitre décrit les deux standards les plus utilisés dans le monde de l'éclairage extérieur : le standard Zhaga et le standard NEMA.

Le standard Zhaga



Zhaga est un consortium international qui regroupe un grand nombre d'entreprises du monde de l'éclairage, dont l'objectif est d'établir des spécifications qui doivent permettre de garantir l'interopérabilité des composants des luminaires LED (drivers, modules LED, systèmes de connectivité...), en provenance de différents fabricants, et destinés à être installés et à communiquer entre eux. Cela contribue à rationaliser la chaîne d'approvisionnement de l'éclairage LED et à simplifier la conception ainsi que la fabrication des luminaires LED. Zhaga continue de développer des spécifications basées sur des thèmes interdépendants, à savoir l'interopérabilité des composants, l'éclairage intelligent et connecté, et la maintenance des luminaires.

Dénommées « Books », les spécifications de Zhaga s'appliquent, pour les luminaires, aux interfaces électriques, mécaniques, optiques, thermiques et de communication.

La plus récente, appelée « Zhaga Book 18 », étend l'interopérabilité des capteurs divers, des nœuds de communication équipant les luminaires intelligents d'éclairage extérieur avec les objets connectés pouvant concerner d'autres domaines (IoT).

→ L'échange entre le module de communication et/ou le capteur et le bloc d'alimentation du luminaire est normalisé et fonctionne ainsi **indépendamment du fabricant**, dès lors que les équipements respectent le standard Zhaga Book 18 (préconisations à demander par l'acheteur sans qu'elles recouvrent un caractère obligatoire).

Cette dernière spécification Zhaga Book 18 facilite notamment la mise à niveau des luminaires LED, par exemple dans le cas de luminaires installés initialement sans module de communication et/ou sans module capteur à l'installation.



LA CERTIFICATION D4i

La certification D4i (*Device Type 4 Interoperability*) est le fruit de l'association entre le consortium Zhaga et la DiiA (*Digital Illumination Interface Alliance* – cf. chapitre *Les luminaires*) pour garantir une interopérabilité maximale entre les équipements amenés à échanger entre eux : luminaire LED, capteurs (détecteur de présence, de niveau sonore, d'humidité...) et nœuds de communication.

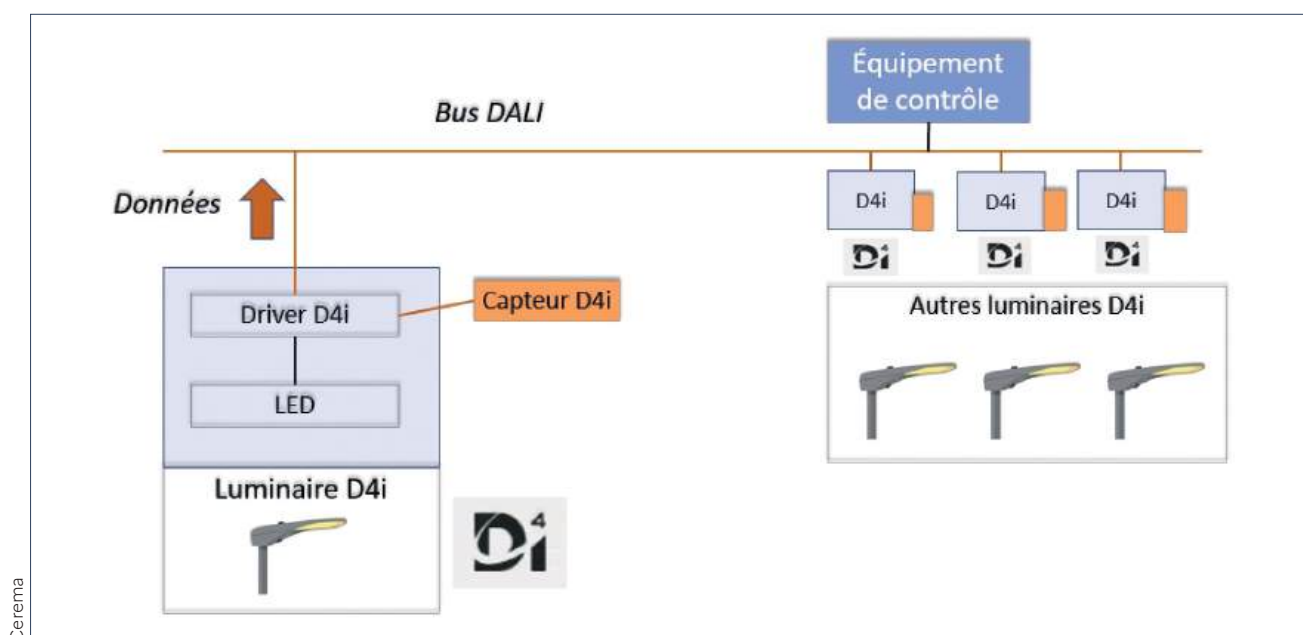


Figure 35 : Schéma du principe d'une installation d'éclairage « conforme D4i ».

Physiquement, le standard Zhaga-D4i propose l'intégration de deux « prises » ou « réservations » respectant un format de fabrication (selon les préconisations et le format Zhaga Book 18), préinstallées sur le luminaire :

- une réservation pour le nœud de communication (en général, en face supérieure).

Le nœud fait office de passerelle de communication (ex. : en GSM) pour échanger les données du capteur avec le système de contrôle-commande (cf. figure 36 : *Configuration des connecteurs Zhaga-D4i sur un luminaire LED*) ;

- une réservation pour un capteur (ex. : détecteur de présence) en face inférieure.



Le protocole DALI-2 peut être employé sans que la certification D4i soit mise en œuvre, mais l'inverse n'est pas possible. Si le protocole DALI-2 est un standard de communication, le D4i représente un ensemble spécifique de fonctionnalités, notamment en termes de contrôle, d'efficacité énergétique et de communication de données.

L'interopérabilité D4i implique que les appareils appartenant au « Device Type 4 » puissent communiquer et interagir, non seulement entre eux mais aussi avec les appareils d'autres dispositifs d'éclairage intelligent.



CONFORMITÉ À LA CERTIFICATION D4I

Le maître d'ouvrage pourra demander à ses fournisseurs les attestations nécessaires démontrant la conformité des équipements mis en œuvre au regard de la certification D4i. En règle générale, ces informations sont mentionnées sur les fiches techniques des équipements concernés (celles des luminaires notamment).



La certification D4i autorise l'affichage du logo D4i, indiquant l'interopérabilité des luminaires, des capteurs, des dispositifs de communication et d'autres équipements.

zhagastandard.org

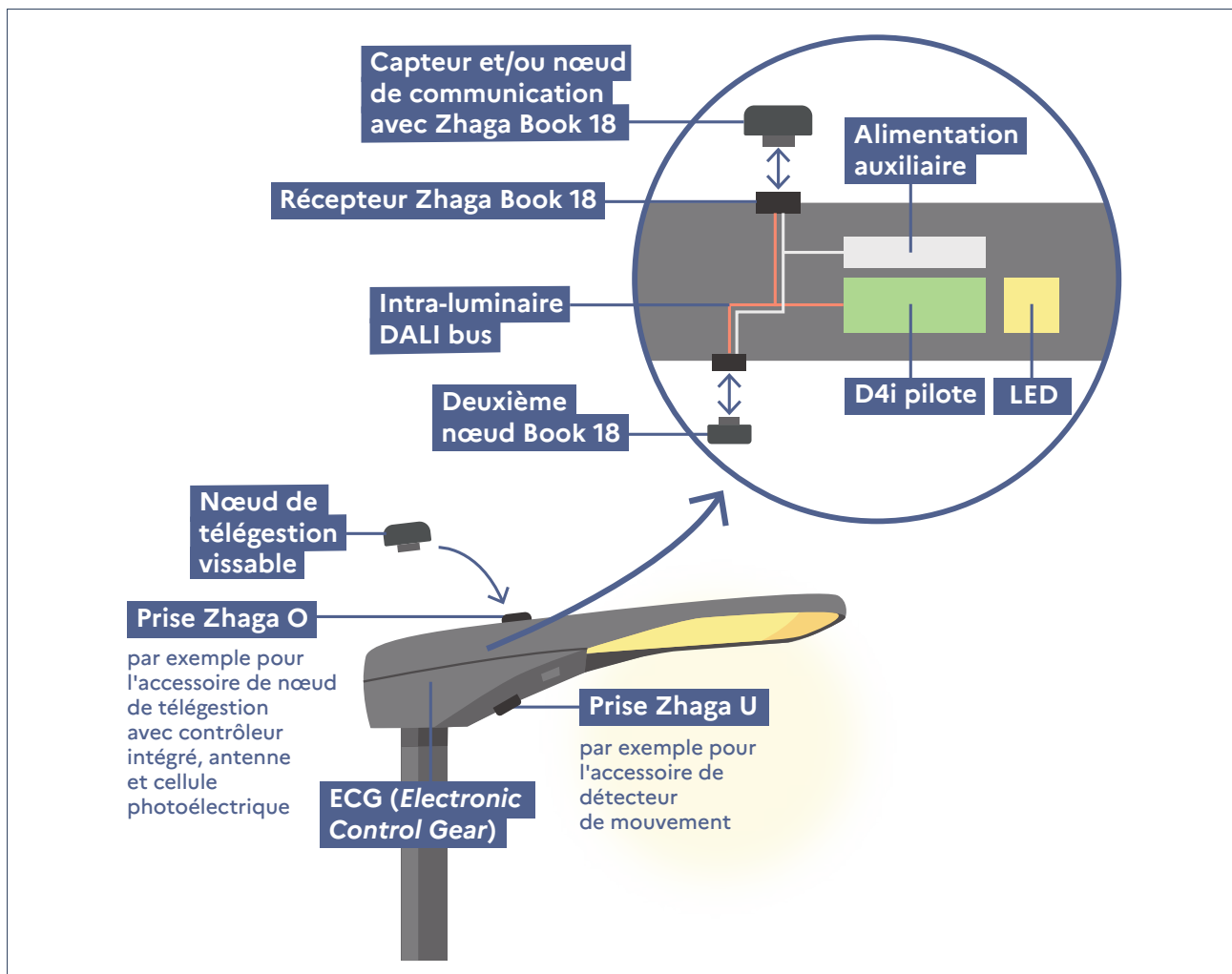


Figure 36 : Configuration des connecteurs Zhaga-D4i sur un luminaire LED.

Le standard NEMA (National Electrical Manufacturers Association)

Le standard NEMA vise à garantir **la sécurité, la performance et l'interopérabilité** des équipements électriques, notamment dans le domaine de l'éclairage.

Les connecteurs NEMA à 3, 5 ou 7 broches assurent la compatibilité des **contrôleurs d'éclairage** pour, par exemple, permettre la gestion des abaissements de puissance. Le standard NEMA est donc *a priori* plus flexible et s'adapte à différentes applications, ce qui rend en revanche plus difficile l'interopérabilité totale entre le luminaire et ses périphériques.

Dans l'architecture NEMA, le contrôleur du luminaire est directement connecté au réseau électrique et alimenté avant le luminaire, et assure une fonctionnalité de mesure électrique pour quantifier et surveiller la puissance et la consommation d'énergie.

Cette architecture peut potentiellement exposer les contrôleurs des luminaires à des phénomènes transitoires et à des surtensions électriques susceptibles de réduire leur durée de vie. En revanche, elle permet de déconnecter le luminaire du réseau d'alimentation pendant la journée, préservant ainsi la durée de vie du luminaire sur un réseau électrique sous tension 24 h/24 et 7 j/7.

3.7 Unité centrale de télégestion

Souvent appelée « automate », l'unité centrale de télégestion (ou unité de contrôle) est l'élément « charnière » entre les équipements situés dans et en aval de l'armoire de commande (ex. : luminaires, capteurs divers, contact de porte...) et le système de contrôle-commande accessible par un opérateur via un logiciel (CMS).

Les fonctionnalités principales proposées par l'unité de contrôle peuvent être réparties en trois catégories :

- 1) Recevoir des commandes et des ordres transmis par un opérateur à distance et les rendre actifs par les équipements concernés : par exemple, adapter un profil nocturne d'abaissement de puissance par la modification de la plage horaire et/ou du pourcentage d'abaissement. Cela peut concerner également un ordre de rallumage immédiat d'une partie ou de l'ensemble de l'éclairage public (ex. : bouton d'urgence) dans le cas d'un scénario d'extinction en cours.
- 2) Collecter l'ensemble des données et des mesures transmises par les différents équipements concernés (ex. : capteurs, contacteurs) pour les transmettre via un réseau de communication au superviseur centralisé (pour un affichage via l'interface logicielle : tableau de bord, reporting de consommation...).



ZHAGA OU NEMA : LEQUEL CHOISIR ?

La différence majeure entre les deux spécifications concerne notamment l'architecture d'alimentation :

- le contrôleur NEMA est directement connecté au réseau électrique et alimenté avant le luminaire ;
- la prise Zhaga est connectée à l'alimentation basse tension fournie par le driver, avec des conséquences potentielles sur l'accès et la collecte de certaines données, ainsi que sur la sécurité électrique (face à des risques de surtension, par exemple).

Les deux solutions ne sont pas forcément égales au regard des objectifs d'interopérabilité :

- l'interface NEMA, ouverte à plusieurs protocoles, apparaît plus « flexible » au détriment de l'interopérabilité maximale entre le luminaire et ses périphériques, au vu de la diversité des solutions techniques retenues par les normes ANSI qui peuvent aussi prendre en charge des solutions analogiques (type 1-10 V) ;
- les spécifications édictées via le Book 18 de Zhaga ne préconisent quant à elles qu'un seul schéma que tous les dispositifs doivent respecter.

Si les modes opératoires sont différents, les deux interfaces (si la solution Zhaga est certifiée D4i) permettent d'obtenir des informations sur les alimentations électriques, les consommations, etc.

La solution NEMA est aujourd'hui plus représentée, du fait de la norme ANSI, aux États-Unis, dans les pays américains ou encore en Australie. Pour ce qui est du consortium Zhaga, il a été initié en Europe même si, désormais, la norme Zhaga est une référence partagée dans le monde entier.

Les deux solutions peuvent également présenter des différences de coût et d'aspect esthétique.

Ces données peuvent être comparées à des seuils paramétrés et faire l'objet d'alertes (ex. : envoi de SMS) dans le cas de valeurs en deçà ou au-delà du seuil de référence.

- 3) Assurer des fonctions de contrôle en local, par exemple une ouverture intempestive de porte d'armoire, la

« surveillance » de départs électriques et d'éventuelles ruptures d'alimentation, avec transmission d'alertes le cas échéant.

L'unité centrale de télégestion dispose, de manière générale, d'une horloge astronomique intégrée paramétrable à distance.

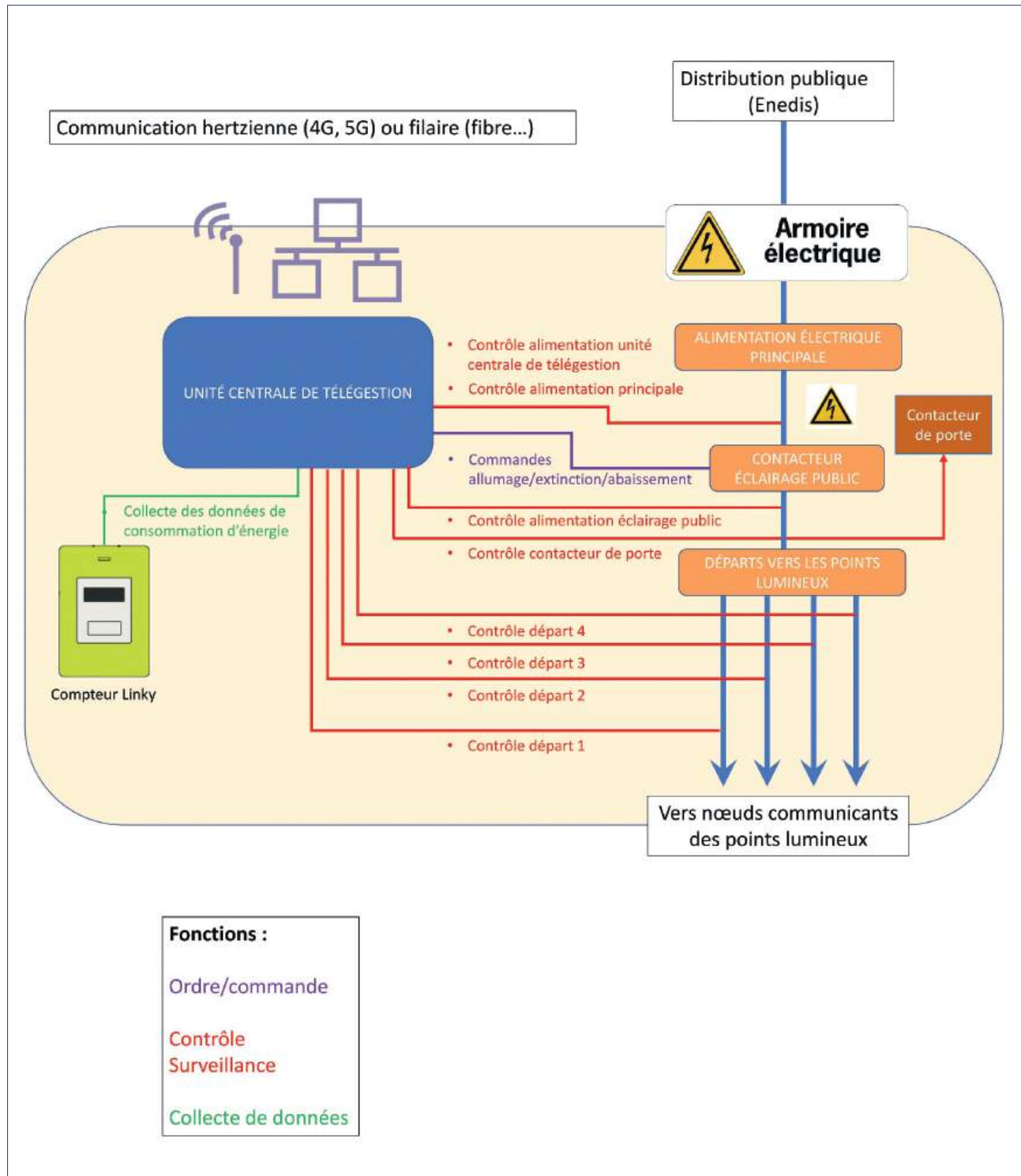


Figure 37 : Schéma du principe de connexion de l'unité centrale de télégestion dans une armoire de commande.

3.8 Réseaux de communication

Comme vu précédemment, les réseaux de communication sont classés en deux catégories selon la strate d'échanges demandée :

- **les réseaux verticaux** qui permettent aux capteurs, détecteurs et actionneurs de communiquer avec le système centralisé de contrôle-commande ;
- **les réseaux horizontaux** qui permettent aux capteurs, actionneurs et unités de traitement de communiquer entre eux sur le terrain.

Le réseau vertical

Le réseau vertical s'articule sur l'ensemble de la chaîne de traitement depuis les capteurs dans la rue jusqu'au système de commande déporté. Le réseau vertical peut concerner les équipements dans l'armoire ou des nœuds au droit des points lumineux, selon l'architecture de télégestion retenue. Il concerne tous les cas de figure de télégestion : à l'armoire, au point lumineux ou en mode mixte.

Plusieurs solutions de transport de l'information sont disponibles :

- **solutions hertziennes** : GSM (GPRS, 3G, 4G, 5G...), LoRa, Sigfox, etc., ou des réseaux hertziens existants comme le réseau RDS/FM de Radio France (voie descendante uniquement) ou le réseau Wize ;
- **solutions filaires** : connexion Ethernet (privée ou publique) sur câbles dédiés, sur réseau fibre ou courant porteur en ligne (CPL).

Les protocoles de communication transportés par ces réseaux sont divers et peuvent présenter une absence d'interopérabilité (ils sont dits « propriétaires ») lorsque l'installation est fournie clés en main par un industriel ou fabricant en mode « fermé », ne permettant pas de communication avec un équipement provenant d'un autre fournisseur. Néanmoins, des projets de normalisation favorisant l'interopérabilité sont en cours, comme le consortium TALQ.

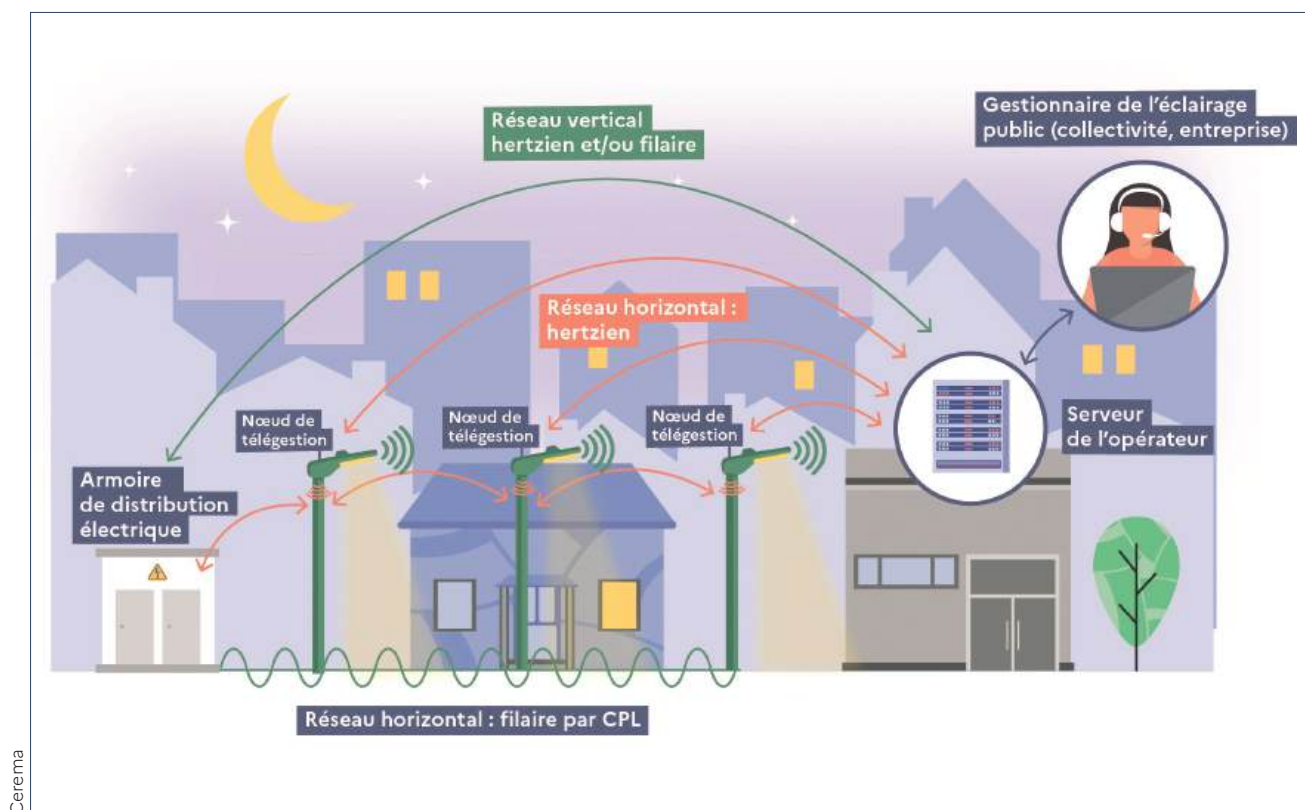


Figure 38 : Réseaux de communication verticaux.



LA CERTIFICATION TALQ

Il s'agit d'une certification proposée par un consortium industriel mondial, éditeur de spécifications, en vue de favoriser l'interopérabilité des systèmes « intelligents » déployés dans le cadre des projets Smart City. Ces spécifications concernent les logiciels de gestion centralisée (CMS) et les réseaux d'appareils extérieurs (*Outdoor Device Networks* – ODN). Les acheteurs de solutions peuvent alors exiger de leurs fournisseurs (dont ceux de l'éclairage public) le standard TALQ dans leurs appels d'offres d'applications Smart City.

La norme TALQ offre aux collectivités un large choix de systèmes interopérables et permet ainsi d'éviter la dépendance vis-à-vis d'un fournisseur lors de l'investissement dans des applications de ville intelligente, telles que l'éclairage public intelligent mais aussi la gestion des déchets ou le contrôle du trafic.

Source : talq-consortium.org



UN RAPPROCHEMENT ENTRE TALQ, ZHAGA ET DALI

L'alliance **DALI**, le consortium **TALQ** et le consortium **Zhaga**, chacun responsable de la définition de normes internationales d'éclairage afin de faciliter l'interopérabilité des systèmes et des équipements d'éclairage intelligent, ont annoncé en octobre 2024 la signature d'un accord de liaison visant à unifier les flux de données pour ces systèmes. Cette collaboration tend à offrir un meilleur choix de solutions grâce à des composants interopérables, et à améliorer la communication entre les systèmes d'éclairage extérieur.

DALI se concentre sur le développement et la gestion de spécifications de contrôle d'éclairage numérique basées sur la norme NF EN IEC 62386, donnant ainsi accès aux programmes de certifications DALI-2, D4i et DALI+, largement reconnus.

TALQ a développé et introduit une norme mondialement reconnue pour les systèmes d'éclairage extérieur, utilisant un protocole d'interface standardisé pour les réseaux hétérogènes d'appareils extérieurs. Cette norme a également été récemment élargie à d'autres applications de ville intelligente, telles que la gestion des déchets, la circulation intelligente, le stationnement et la détection environnementale. Le protocole TALQ Smart City permet l'utilisation de données cohérentes au sein des réseaux d'appareils équipant la ville intelligente et connectés aux systèmes de gestion centralisée des villes et des collectivités.

Zhaga, reconnu pour son travail de création de spécifications d'interface pour les moteurs d'éclairage LED et les modules de capteurs et de communication, assure la compatibilité entre les différents fabricants. En permettant l'interopérabilité des composants LED et leur certification, Zhaga a contribué à favoriser l'innovation et la flexibilité au sein du secteur de l'éclairage LED.

La collaboration entre ces trois organisations vise à rationaliser davantage l'échange de données, offrant une approche unifiée pour la communication et le contrôle de bout en bout des applications d'éclairage public intelligent. Ce travail conjoint prévoit une approche partagée pour parvenir à une solution de flux de données unifiée et un échange de points de vue sur les exigences et l'architecture nécessaires à ces systèmes. Cette collaboration permettra aux spécifications respectives de DALI, TALQ et Zhaga de refléter les exigences en matière de données et de contrôle des systèmes de pilotage de l'éclairage extérieur.

Source : talq-consortium.org



Les trois certifications **DALI**, **Zhaga** (ou **NEMA**) et **TALQ** concernent des éléments intervenant à différentes échelles de la chaîne globale de l'éclairage intelligent, voire de la Smart City.

Les spécifications Zhaga (ou NEMA) concernent des spécifications d'interface pour les composants utilisés dans l'éclairage LED, les capteurs et les modules de communication. Elles se concentrent sur les aspects physiques des systèmes d'éclairage, tels que les formats et les dispositifs de montage.

Les normes DALI s'emploient à permettre l'adressage et le pilotage des luminaires d'éclairage (extinction/allumage, abaissement...).

Le protocole « TALQ Smart City » définit la manière dont les systèmes d'éclairage extérieur et les autres technologies de la ville intelligente, telles que la surveillance du trafic, la gestion des déchets et les capteurs environnementaux, communiquent entre eux et avec les logiciels de gestion centralisée (CMS).

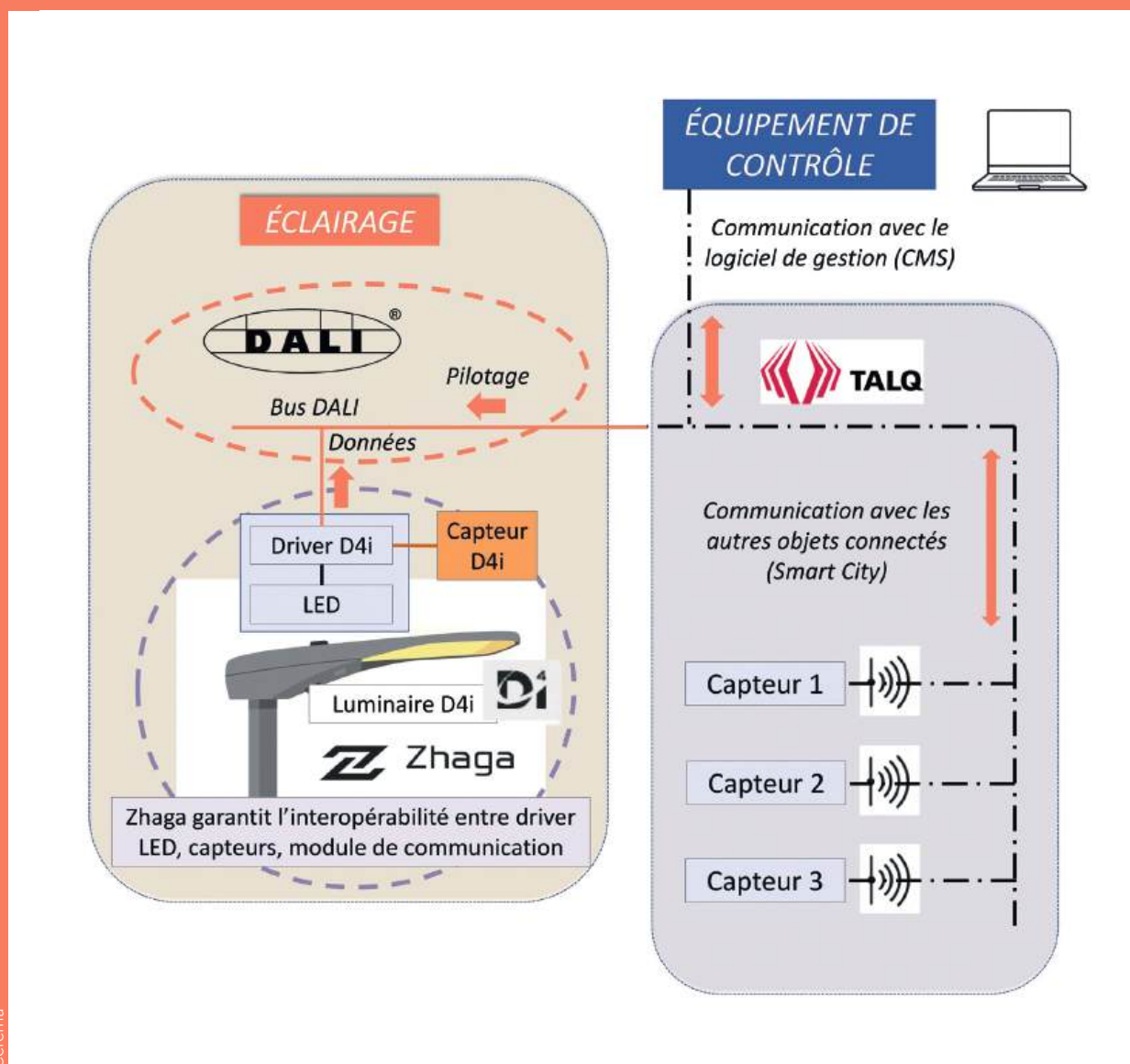


Figure 39 : Périmètre d'application des différents protocoles et certifications.

Le réseau horizontal

Le réseau horizontal offre aux équipements déployés sur site la possibilité de communiquer les uns avec les autres. Ces réseaux sont construits autour d'une

passerelle de communication, autrement appelée *gateway*, généralement placée dans l'armoire de commande et utilisée pour relier le réseau horizontal avec le réseau vertical qui permet la communication avec le système de contrôle-commande centralisé.



DÉFINITION D'UNE PASSERELLE

Une passerelle (ou *gateway* en anglais) est un point du réseau (dans l'armoire de commande, en général, en éclairage public) qui fonctionne comme une entrée vers un autre réseau et qui utilise un protocole différent. Les passerelles peuvent prendre des formes multiples – des routeurs ou des serveurs, par exemple – et peuvent réaliser des tâches très variées. Elles communiquent à la fois vers le logiciel (souvent en 3G, 4G ou 5G) et vers un ou plusieurs équipements, en utilisant l'une des nombreuses connectivités disponibles.

Pour certaines solutions radio « longue portée », les passerelles peuvent gérer jusqu'à 5 000 points d'un coup. Ce sont généralement des passerelles assez coûteuses. Pour les télégestions dites « CPL », il faut compter une passerelle par armoire, soit un ratio d'environ 1 passerelle pour 30 à 50 luminaires. Ces passerelles sont généralement comprises dans le produit installé à l'armoire. L'ajout d'un modem 2G, 3G ou 4G externe représente un supplément d'investissement.

Pour les télégestions « à carte SIM embarquée », chaque produit est une passerelle, soit un ratio d'une passerelle pour un seul équipement.

Pour les réseaux horizontaux hertziens, il arrive aussi que la passerelle ne soit pas installée dans l'armoire, mais sur un site lui assurant une couverture convenable avec le nœud à proximité. L'objectif est d'avoir une répartition homogène des nœuds sur chaque passerelle, et des chemins redondants (cf. le réseau Mesh ci-après) correctement répartis. La passerelle hertzienne est le plus souvent composée d'une antenne et d'un équipement électronique de gestion du réseau.

Quel que soit l'endroit où est installée la passerelle, elle utilisera un réseau vertical décrit plus haut pour remonter les informations au système de contrôle-commande.

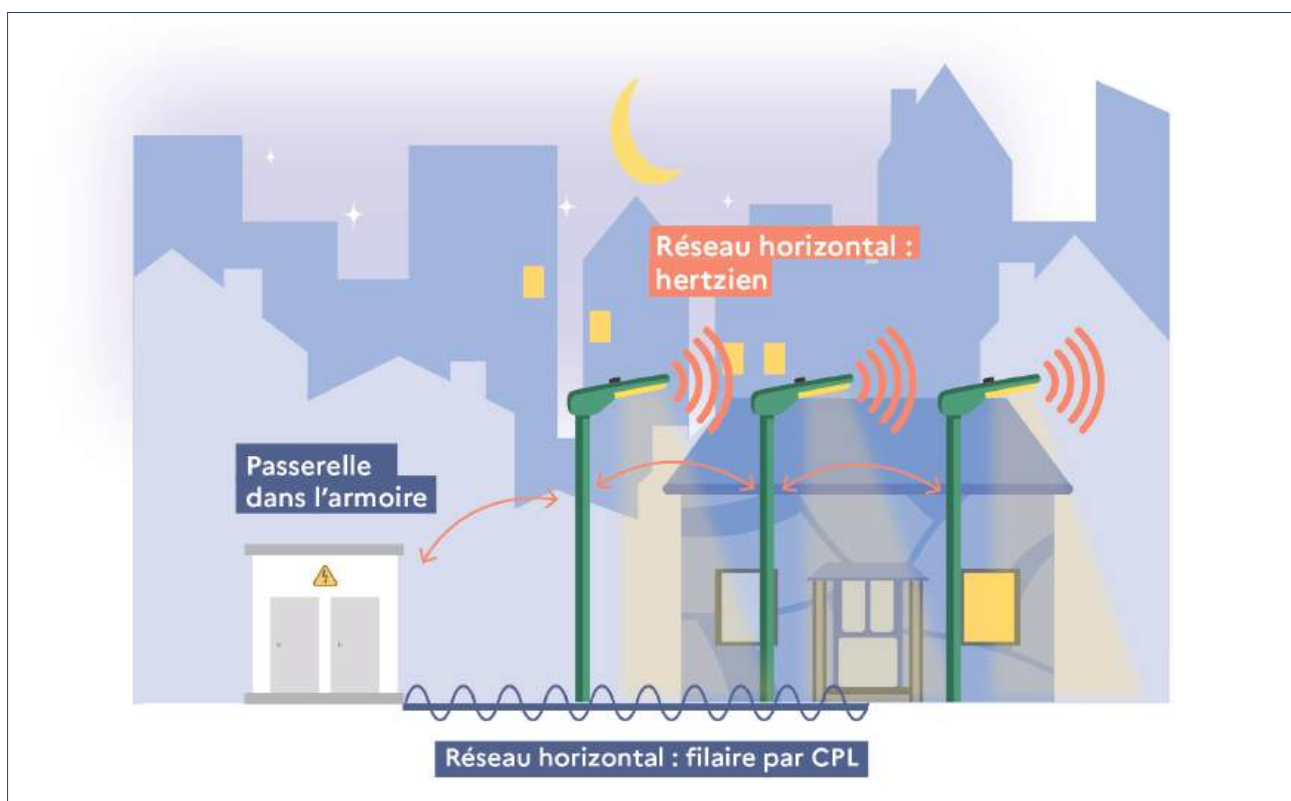


Figure 40 : Réseaux de communication horizontaux entre la passerelle et les objets connectés, soit en mode hertzien, soit en filaire.

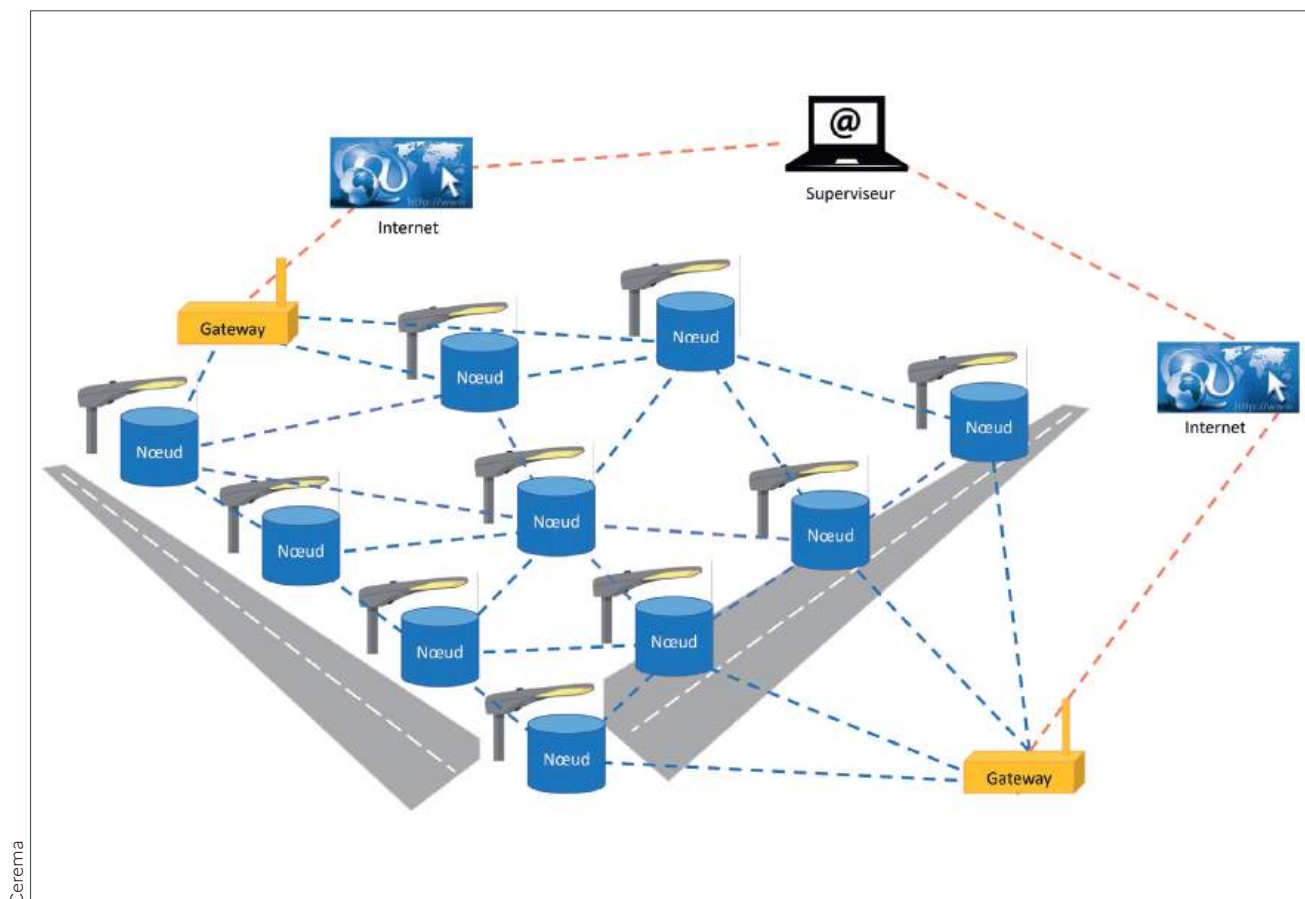


Figure 41 : Principe d'un réseau de communication Mesh ou « maillé ».

Les réseaux horizontaux hertziens utilisés pour l'éclairage public sont le plus souvent des réseaux dits « **maillés** » (ou **Mesh**). Les informations « rebondissent » de nœud en nœud jusqu'à atteindre la passerelle. Ces réseaux sont souvent « autocalibrants » (lorsqu'un nœud est en défaut, la communication passe par un autre chemin du maillage), ce qui leur confère une grande résilience.

Cas particulier des points lumineux « autonomes » équipés de panneaux photovoltaïques

Dans ce cas, en l'absence d'un réseau filaire d'alimentation électrique, les connexions entre luminaires pourront être uniquement de type hertzien. Elles pourront par exemple être utiles pour coordonner les allumages simultanés et organiser un scénario d'éclairage destiné à « suivre » l'utilisateur dans son déplacement.

Les protocoles de transmission de données

Pour la télégestion en éclairage public, dans les deux cas de réseau vertical et/ou horizontal, les réseaux de communication sont principalement en bas débit. Dans le cas d'un déploiement multimédia (ex. : vidéo), il est nécessaire de recourir à des réseaux haut débit (ex. : fibre, CPL).

Plusieurs types de protocoles de transport d'information peuvent être utilisés, selon les besoins et les configurations du réseau :

- **Transmission hertzienne** : Zigbee, Bluetooth, LoRa...

Le choix de la technologie de transmission dépend de sa capacité à transporter une masse plus ou moins grande de données ainsi que de la vitesse et de la distance de transmission, à mettre en regard du besoin utilisateur.

On peut distinguer plusieurs familles, notamment en fonction de la portée d'utilisation :

APPELLATION	DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE DE COMMUNICATION	RÉFÉRENCES/MARQUES
LAN <i>Local Area Network</i>	Réseau informatique physique et/ou virtuel. Il permet d'interconnecter par Wi-Fi des terminaux. Il permet l'échange de volumes importants de données (plusieurs centaines de Mb/s) sur des distances courtes (< 100 m).	
PAN <i>Personal Area Network</i>	Réseau de proximité destiné à couvrir de petites zones telles que les maisons privées ou les espaces de travail individuels. La connexion peut être filaire ou sans fil. Il concerne plutôt des besoins limités en volume de données. • NFC : 400 kb/s – portée < 1 m • Bluetooth : 2 Mb/s – portée < 50 m • Zigbee : < 250 kb/s – portée < 100 m <i>Les valeurs de débits et portées sont données à titre indicatif.</i>	   
LPWAN <i>Low-Power Wide-Area Network</i>	Réseau employé dans l'Internet des objets (<i>Internet of Things</i> ou IoT) s'appuyant soit sur les réseaux cellulaires (3G/4G), soit sur les réseaux non cellulaires. Il s'agit d'une topologie de réseau qui répond à la spécificité de nombreuses applications urbaines autour d'un grand nombre d'objets connectés, dotés chacun d'une longue portée (quelques kilomètres) et traitant par intermittence de petites quantités d'information (bas débit), tout en maintenant une faible consommation électrique. Le réseau LTE offre la capacité de débit la plus élevée. La consommation énergétique liée à ces technologies de communication représentera un critère de décision, notamment pour les objets connectés difficiles d'accès pour lesquels la durée de vie des batteries sera un enjeu majeur. • LoRa/Sigfox : < 100 kb/s – longue portée • LTE-M : 1 Mb/s – longue portée • NB-IoT : < 150 kb/s – longue portée • 4G+ (LTE-A) : > 300 Mb/s <i>Les valeurs de débits et portées sont données à titre indicatif.</i>	Non cellulaires :   Cellulaires (extension du réseau 3G/4G) :  
Autres solutions de transmission	Le protocole radio RDS (<i>Radio Data System</i>) est un service de transmission de données numériques s'appuyant sur le signal audio de la bande FM. Présent dans la majorité des véhicules, il permet par exemple l'identification de la station de radio, du titre et de l'artiste en cours de diffusion, ou la recherche de la meilleure fréquence disponible en passant par le réglage automatique de l'heure. Ce protocole radio « unidirectionnel » est utilisé par certaines sociétés fournisseurs de solutions de télégestion souhaitant s'appuyer sur un réseau radio existant.	
Transmission par satellite	L'IoT par satellite offre la possibilité de couvrir des zones qui ne sont atteintes par aucune autre technologie, de compléter d'autres réseaux lorsque leur couverture n'est pas totale, et de prolonger la couverture d'autres réseaux. La solution satellite propose d'éviter de construire sa propre infrastructure sur place, chantier qui peut s'avérer coûteux et qui nécessite une maintenance et une sécurisation sur la durée.	

- **Transmission filaire :**
 - **CPL (courant porteur en ligne) :** mode de communication utilisant le réseau électrique existant pour injecter un signal, allant de l'armoire (via un « module CPL ») jusqu'à chaque luminaire (dans le cas d'une télégestion au point lumineux). Il existe à des fréquences différentes, selon la solution retenue. La bande passante disponible est très variable (de quelques Kb/s à plusieurs dizaines de Mb/s) ;
 - **fibre :** s'il est disponible à proximité des installations d'éclairage, ce réseau présente la plus forte capacité de transfert de données (> 100 Mb/s). Il ne couvre cependant qu'exceptionnellement l'ensemble du linéaire de transmission nécessaire et requiert alors des connexions à d'autres réseaux existants ou à créer (via des passerelles).

D'autres modes de communication filaires existent mais ne sont pas adaptés à la configuration terrain de pilotage de l'éclairage public, nécessitant des communications sur des distances pouvant être importantes. La connexion filaire (ex. : Ethernet) via un câble type RJ45, telle qu'on peut la retrouver dans les résidences privées, ne peut être transposée au domaine de l'éclairage public.

3.9 Système de contrôle-commande

C'est le cœur du système de télégestion. Au sommet de son architecture, la plate-forme logicielle reçoit les données des capteurs et des équipements terrain, les traite, effectue des analyses et les rend accessibles à un opérateur via un tableau de bord paramétrable. Elle permet également la transmission d'actions et d'ordres descendants par un utilisateur autorisé via un module dédié.

L'interface utilisateur (ex. : supervision sur ordinateur, application smartphone) donne la possibilité aux opérateurs de surveiller les données en quasi temps réel, de visualiser des rapports, d'être alertés, de contrôler à distance les équipements et de prendre des décisions si nécessaire via une interface adaptée.

Les fonctionnalités du système de contrôle-commande

La partie logicielle, installée sur un serveur (local ou via un cloud) est accessible par les utilisateurs, soit depuis leur bureau sur un PC, soit sur le terrain avec une tablette ou un smartphone, via une connexion internet (4G, Wi-Fi ou autres).

Selon la définition du consortium TALQ (cf. chapitre *Le réseau vertical*), cette partie logicielle, aussi appelée CMS (*Central Management System*), peut offrir diverses fonctionnalités selon l'éditeur et selon les produits qui y sont connectés :

- le contrôle ;
- la remontée de données ;
- la remontée d'alertes.

Le contrôle

Les régimes d'allumage/extinction, d'abaissement, etc., sont implémentés via l'interface de programmation calendrier et/ou via des commandes dites « temps réel » avec prise en charge d'un mode de fonctionnement en « horloge astronomique » pour tenir compte de la localisation de l'équipement et de la date.

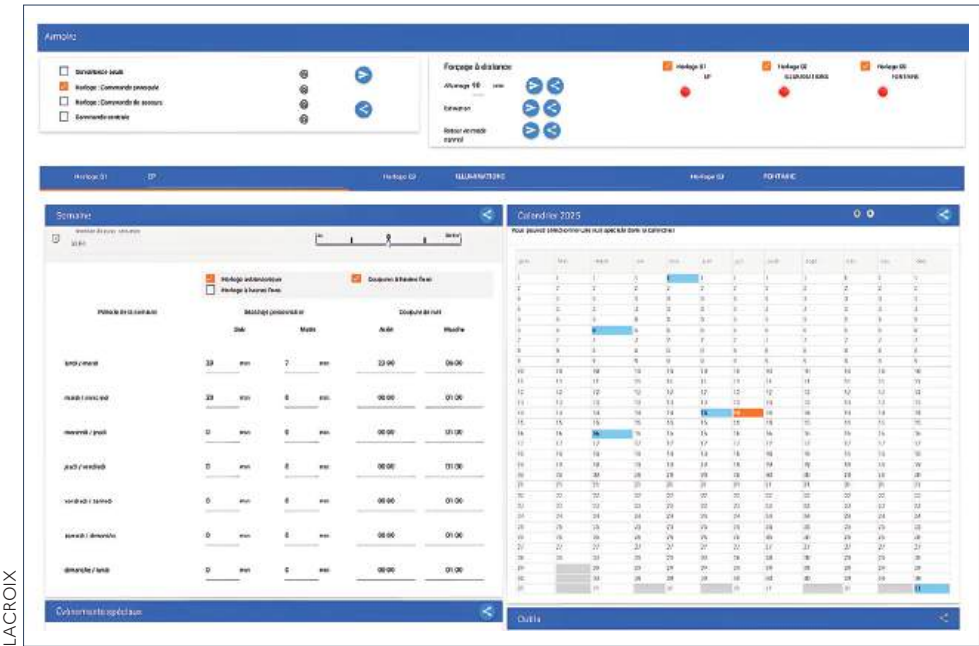


Figure 42 : Module de paramétrage d'une armoire de commande via l'interface d'une plate-forme web.



Figure 43 : Module de paramétrage d'un profil nocturne depuis une application sur smartphone.

Les fonctions de commande les plus fréquemment implémentées concernent :

- l'ajustement de la gradation, ou abaissement de puissance, qui permet de moduler la puissance consommée de certains types d'équipements. C'est notamment le cas des lanternes LED, utilisant majoritairement le protocole DALI, qui acceptent des commandes de gradation allant de 1 à 100 % de la puissance nominale. Si l'abaissement est géré analogiquement (réglage 0-10 V), la fourchette d'abaissement se situe entre 10 % et 100 %. Cette gradation peut être appliquée à l'unité ou sur un groupe de luminaires ;
- le paramétrage et la mise en œuvre d'une plage d'extinction en cœur de nuit ;
- le paramétrage de la détection de présence, couplée à la gradation et/ou à l'extinction, qui permet d'ajuster l'éclairage à des mouvements dans une zone, et de maximiser les économies d'énergie le reste du temps ;
- le maintien de l'alimentation électrique 24 h/24, permis par certaines solutions de télégestion, fonctionnant sur le principe d'un ordre de coupure de chaque point lumineux concerné avec, toutefois,

le réseau d'éclairage public qui peut rester sous tension permanente. Il est ainsi possible d'utiliser le réseau à d'autres fins : alimentation d'objets tels que caméras, panneaux d'information, radars pédagogiques, etc. ;

- des fonctionnalités spécifiques développées pour répondre aux besoins des utilisateurs : par exemple, le bouton « rallumage d'urgence » à disposition d'utilisateurs identifiés (pompiers, forces de l'ordre...) sert à rallumer, via une application, des secteurs éteints d'une commune ou, comme décrit dans le chapitre Télégestion à l'armoire, la fonctionnalité de l'éclairage « à la demande ».

La remontée des données

On pourra citer la relève des compteurs d'énergie (voire de sous-compteurs) à l'armoire ou au point lumineux, la vérification du bon fonctionnement des régimes d'abaissement (par visualisation des courbes de charge), la remontée de divers indicateurs (courant, température, etc.) représentatifs du fonctionnement des installations.

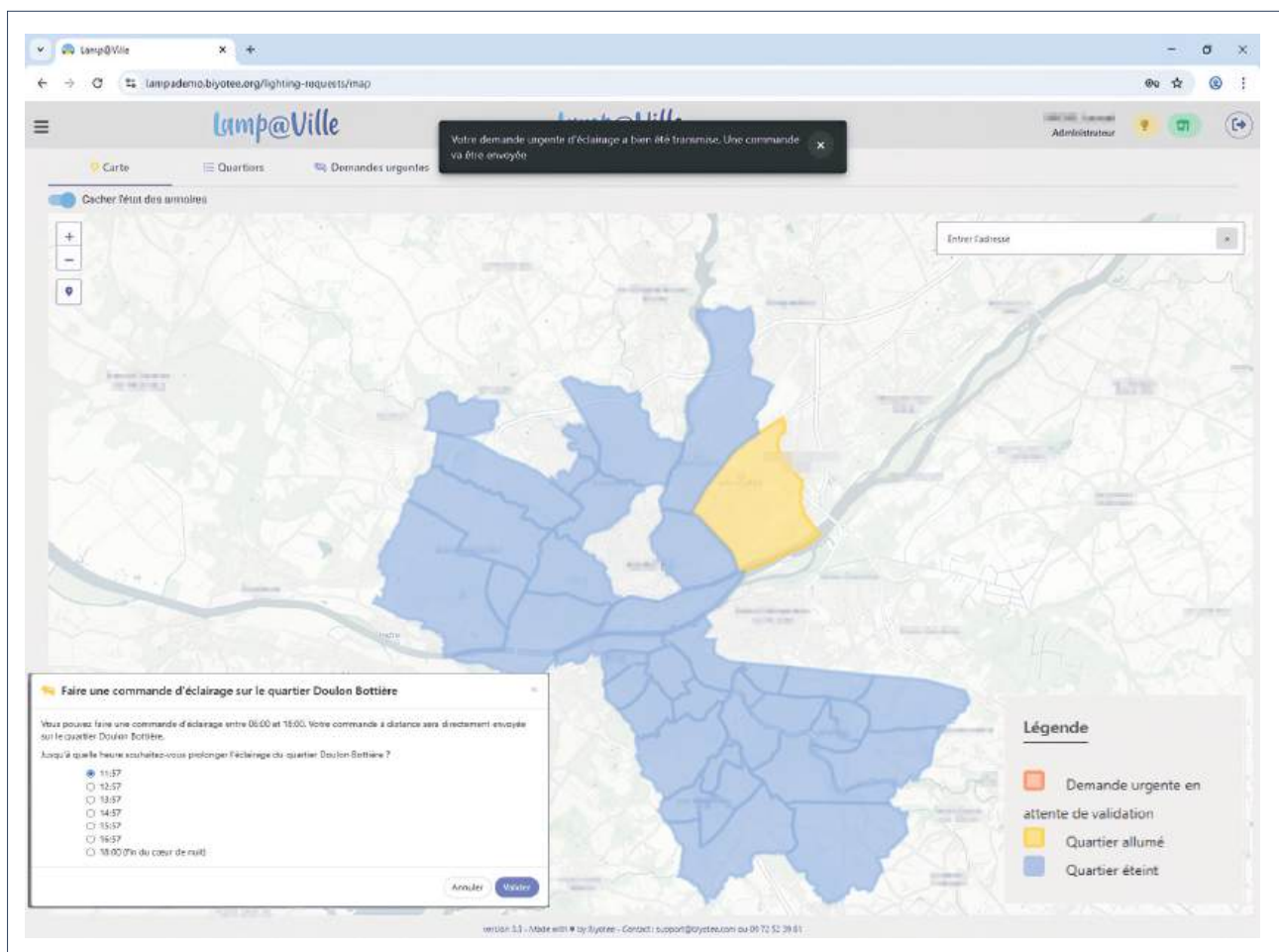
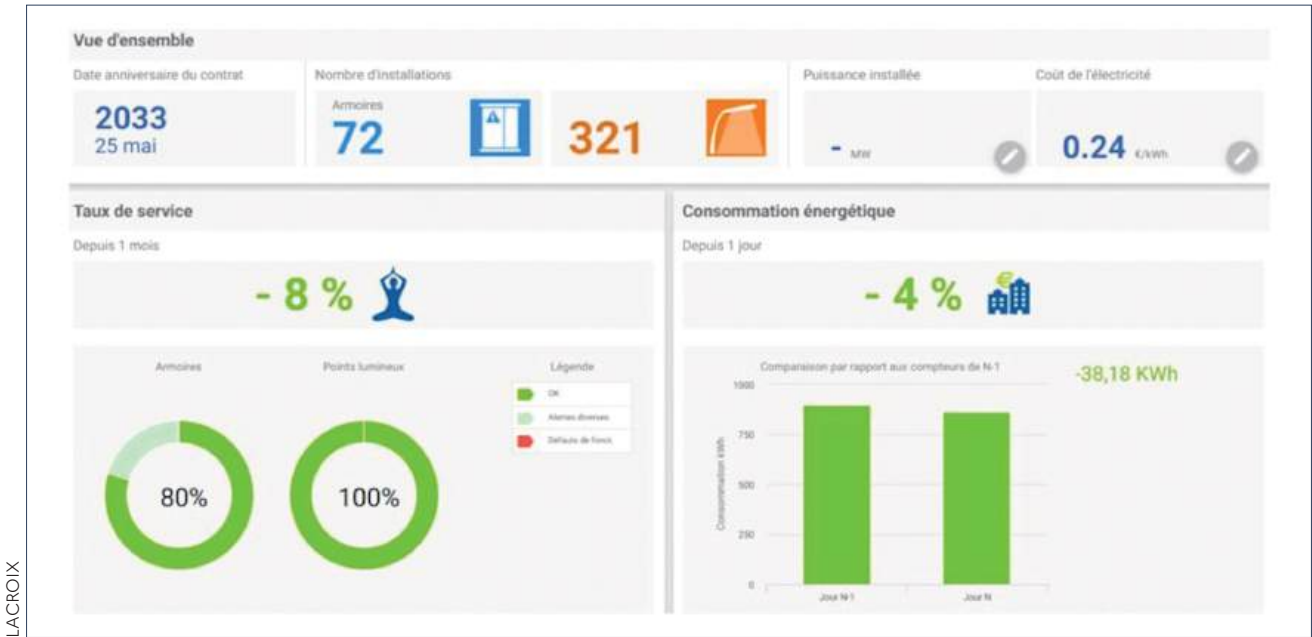
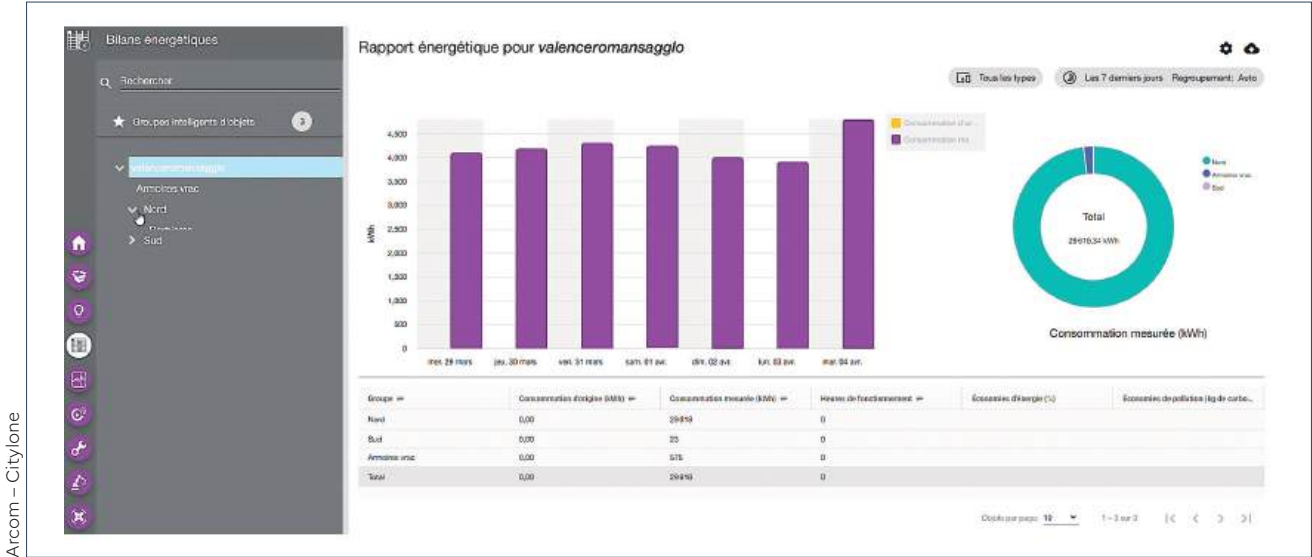


Figure 44 : Illustration d'une interface pour effectuer une demande de rallumage d'urgence d'un secteur éteint.



La remontée d'alertes

Pour les armoires, cela peut concerner les pertes d'alimentation d'un ou de plusieurs départs électriques, les coupures générales d'alimentation ou de certains équipements (ex. : unité de contrôle centralisée), les ouvertures intempestives de portes d'armoires de commande, ou tout autre état identifié comme anormal par comparaison de données remontées avec des seuils d'alerte paramétrés (surconsommation, température anormale, niveau d'eau trop haut dans les postes enterrés, etc.).

Pour les points lumineux, cela concerne essentiellement les pannes de luminaires, les consommations anormales, l'état des capteurs de présence ou de tout autre équipement connexe raccordé.

Le choix des logiciels

Le logiciel est une brique cruciale pour l'exploitant. C'est l'outil qui sera utilisé au quotidien et il conviendra de choisir celui qui saura le mieux répondre à l'usage attendu.

Le choix du logiciel conditionne également celui des équipements à déployer : en effet, tous les logiciels ne sont pas nécessairement ouverts et interopérables. Certains ne savent communiquer qu'avec une liste réduite d'équipements, parfois uniquement ceux fournis par l'entreprise qui est à la fois éditeur et fournisseur de produits.

Dans un objectif d'interopérabilité optimale, la solution logicielle devra pouvoir communiquer avec les équipements existants ou à installer, sans remettre en question l'utilisation de ces équipements. Si elle n'existe pas déjà,

il sera peut-être nécessaire de développer une API pour permettre la communication entre deux applicatifs (ex. : CMS télégestion et logiciel de GMAO).

Le choix d'architecture

Le service est habituellement fourni **clés en main**, ou **SaaS** (*Software as a Service*), la plupart du temps dans le cadre d'un hébergement mutualisé (la solution logicielle est proposée à plusieurs clients mais hébergée sur un seul site) et accessible via un cloud. Le coût est alors généralement récurrent (via un abonnement), soit forfaitaire, soit proportionnel au nombre d'objets télégérés. Il peut parfois être prépayé sur une durée définie (un an, cinq ans, dix ans...). Il inclut les régulières mises à jour du logiciel par le fournisseur de la solution CMS.

Le service peut aussi être installé sur l'infrastructure de la collectivité, on parle de **on-premise**. Le coût est alors plus élevé : il est souvent composé d'un coût initial fixe, des coûts de licences précédemment évoqués, et de forfaits de support. À ces frais, il faut ajouter le coût de l'hébergement ainsi que celui de l'exploitation et la maintenance du serveur.



Une **API** (*Application Programming Interface* ou interface de programmation d'application) est une interface logicielle qui offre la possibilité de « connecter » un logiciel ou un service à un autre logiciel ou service. Elle permet de rendre certaines fonctionnalités ou données existantes disponibles pour d'autres applications.

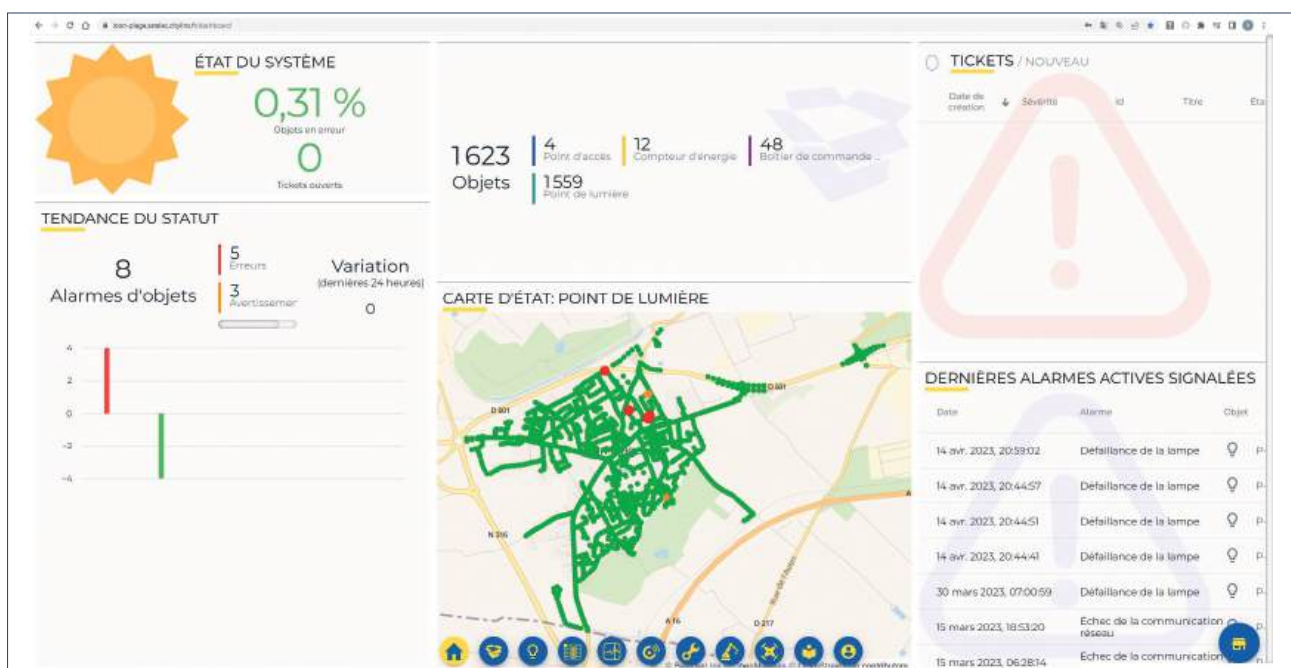


Figure 48 : Exemple d'interface de remontées de dysfonctionnements.

D'un marché de travaux à un marché de services numériques, une évolution des enjeux

L'arrivée du numérique dans les métiers de l'éclairage public et l'utilisation de connectivités diverses soulèvent un certain nombre de questions sur la sécurité informatique et l'adoption du numérique.

Il conviendra de retenir des solutions et des architectures adaptées à la criticité du service, et d'étudier les options de redondance, de sécurisation et de chiffrement des données, adaptées au niveau de risque estimé. Un accompagnement et des préconisations par la DSI de la collectivité sont indispensables, tant en amont du projet que pendant la réalisation et l'exploitation.

L'arrivée de services connectés transforme également les marchés publics qui, au-delà de la fourniture et de l'installation de matériels, peuvent nécessiter, comme dans le cas des marchés globaux de performance (MGP), un suivi de certains indicateurs performanciers. Ils pourront être extraits des reportings réalisés depuis les outils de télégestion (suivi des consommations, adéquation des profils nocturnes, taux de pannes...). Il conviendra alors de garantir la performance de ces services connectés par des indicateurs (disponibilité, délai de remise en service...) et de prévoir les coûts associés à un maintien en fonctionnement du service sur de longues durées.

3.10 Impact environnemental des solutions d'éclairage intelligent – approche « numérique responsable »

La loi du 15 novembre 2021 visant à réduire l'empreinte environnementale du numérique (REEN) prévoit que : *Les communes de plus de 50 000 habitants définissent, au plus tard le 1^{er} janvier 2025, une **stratégie numérique responsable** qui indique notamment les objectifs de réduction de l'empreinte environnementale du numérique et les mesures mises en place pour les atteindre.*

La collectivité devra en outre faire le bilan annuel de cette stratégie.

Les solutions numériques, s'appuyant entre autres sur l'Internet des objets, permettent en théorie de réduire les consommations (eau, électricité, déplacement...), mais elles-mêmes ont un impact pour leur mise en œuvre et leur fonctionnement. Pour évaluer les services rendus par ces solutions numériques au regard de leurs impacts négatifs, il est nécessaire de disposer d'une méthode d'analyse réutilisable sur de multiples cas d'usage. Le Cerema a testé une méthode adaptée de **l'analyse coûts-bénéfices**, qui permet de réaliser un bilan non seulement environnemental, mais aussi économique, des solutions numériques. Cette méthode a été déployée pour être adaptée à l'usage des collectivités de taille moyenne.

Pour en savoir plus : smart-city.cerema.fr¹⁶



L'ANALYSE COÛTS-BÉNÉFICES APPLIQUÉE À LA TÉLÉGESTION DE L'ÉCLAIRAGE PUBLIC DE LA COMMUNE DE MARCOUSSIS (ESSONNE – 8 100 HAB.)

Contexte : modernisation du parc d'éclairage public en 2019 via un marché global de performance (rénovation de 1564 luminaires en LED avec un objectif d'économies d'énergie fixé contractuellement à 72 %) et un programme de modulation de l'éclairage, avec apport d'une solution de télégestion au point lumineux pour définir des scénarios d'éclairage sectorisés sur la commune.

Objectif de l'analyse coûts-bénéfices de la solution : comparaison de deux situations intégrant un parc d'éclairage public rénové, l'une avec l'installation de télégestion au point lumineux, et l'autre sans télégestion (simulation).

Impacts positifs de la solution de télégestion mise en œuvre (non liés à la rénovation LED) :

- une optimisation très fine des scénarios d'éclairage au regard des objectifs initiaux du MGP a permis un gain supplémentaire de 58 GWh/an et un dépassement des objectifs contractuels d'économies d'énergie (82 % réalisés) ;
- les tournées de nuit mensuelles, destinées à identifier les dysfonctionnements et les pannes, ont été supprimées ;
- les réglages d'optimisation se font sans interventions sur site (ce qui est très utile notamment lors des confinements pour une adaptation des scénarios) ;
- des travaux de génie civil ont été évités du fait du maintien sous tension du réseau EP 24 h/24.

Les ajustements de scénarios d'éclairage réalisés via la télégestion ont permis de maintenir le service nocturne pour les citoyens, y compris à la suite de la crise de l'énergie survenue durant l'automne 2022, alors que de nombreuses communes ont dû instaurer des extinctions nocturnes et participent à la réduction des nuisances lumineuses.

En raison des impacts positifs précités, la transposition de la réduction des émissions de CO₂ a permis d'éviter, en projection sur quinze ans, **45,5 t éqCO₂**, pour un impact négatif (fabrication des équipements, consommation, recyclage...) de l'ordre de **13,2 t éqCO₂** sur quinze ans, soit un solde de **32,3 t éqCO₂ effacées** grâce à la solution de télégestion mise en œuvre.

16. Étude cofinancée par l'Agence nationale de cohésion des territoires (ANCT) et la Banque des Territoires.

CONCLUSION

Le présent guide s'est fixé comme objectif d'aider les acteurs de l'éclairage public à évaluer, concevoir et déployer des systèmes de télégestion adaptés à leurs besoins, dans une logique de sobriété énergétique et d'efficacité opérationnelle, en essayant de clarifier les bénéfices, limites et conditions de réussite de ces systèmes. Il s'appuie sur une base méthodologique simple et des exemples concrets de cas d'usage, notamment pour éclairer les choix stratégiques et techniques, en tenant compte des enjeux environnementaux, économiques et organisationnels.

Il décrit entre autres les fonctions potentielles de la télégestion, telles que le pilotage à distance, l'optimisation énergétique, l'adaptation, la sectorisation et la modulation de l'éclairage selon les usages, les remontées d'informations de suivis et de contrôles, ou encore l'optimisation de la maintenance. Les socles techniques des solutions à disposition sont également décrits, qu'il s'agisse des équipements terrain (capteurs, nœud de communication, concentrateurs...), des topologies de réseaux de transmission des données ou encore des solutions logicielles nécessaires. Le guide met en avant les différents protocoles et les certifications existantes, principalement destinés à renforcer l'interopérabilité des systèmes mis en œuvre.

En conclusion, la télégestion est un levier fort pour moderniser l'éclairage public et lui apporter toute la flexibilité nécessaire pour répondre au mieux aux enjeux du territoire, à condition qu'elle satisfasse des besoins réels et soit intégrée à une stratégie globale. Cette dernière doit notamment intégrer une montée en compétences face aux nouvelles pratiques et technologies mises en œuvre, pour garantir une bonne gestion et une sécurisation des données collectées, assurer la continuité de service en cas de défaillance (notamment du réseau de communication) ou encore l'articulation avec d'autres services urbains.



ANNEXES

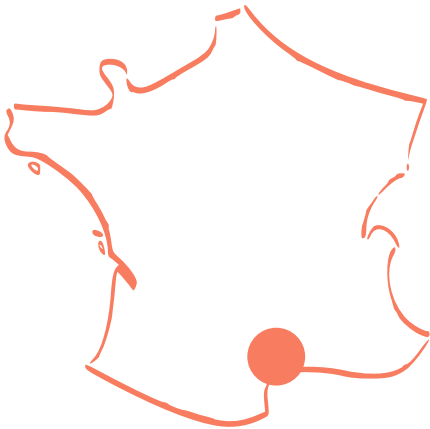
Fiches « Retour d'expérience »

MONTPELLIER
MÉDITERRANÉE
MÉTROPOLE
(34)



FICHE 1 • RETOUR D'EXPÉRIENCE
Télégestion d'installations d'éclairage public

MONTPELLIER MÉDITERRANÉE MÉTROPOLE



Coordination des allumages / extinctions
de l'éclairage public pour l'ensemble
des armoires de commandes de la métropole



Ville de Montpellier

CONTEXTE TERRITORIAL

Nombre d'habitants (2022)	Montpellier : 307101 habitants
	Montpellier Métropole : 516657 habitants
Statut	Métropole (31 communes)
Secteur ciblé	Ensemble de la Métropole
Territoire	Territoire étendu, très urbain (Montpellier) et quelques communes rurales
Maintenance	En régie pour Montpellier, externalisée pour les autres communes

OBJECTIFS / ENJEUX
DE LA TÉLÉGESTION

Le besoin initial de la collectivité	Initialement, la collectivité disposait d'un allumage centralisé depuis un Lumandar, relayant par fil pilote l'ordre d'allumage à toutes les armoires de Montpellier.
	La télégestion à l'armoire vient sécuriser le processus (ordre envoyé par une armoire « maître » vers les cinq cents autres), tout en conservant la centralisation et l'allumage en fonction de la luminosité → Gain de l'ordre de 4 % des consommations annuelles..
	Ce système, implanté à Montpellier depuis quelques années, sera déployé sur les trente autres communes de la métropole (avec un équipement différent mais une fonction identique).

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Ses objectifs en fonction de secteurs et/ou de gestion périodique différenciée ou autres	Le premier objectif est de gérer les changements d'horaires d'extinction à distance et de manière simultanée. Par ailleurs, des besoins spécifiques et ponctuels de télégestion uniquement au point lumineux sont identifiés sur des sites à piloter à distance (lieux d'évènements festifs, parcs et jardins...), car le pilotage à l'armoire ne convient pas étant donné l'architecture du réseau d'alimentation. Cela permet d'éviter de nombreux A/R sur le terrain lors de ces évènements.
Modalités de suivi ? d'évaluation ?	Le suivi des consommations est plutôt réalisé via la remontée des informations depuis les compteurs Linky équipant la quasi-totalité des armoires de commande. L'information par la télégestion à l'armoire permet le contrôle d'éventuels dysfonctionnements sur des départs électriques. La souscription à l'interface « Alerte » au sein de l'espace Mesures et services (EMS) d'Enedis (https://www.enedis.fr/jaccede-mon-portail-collectivites), suffit à la collectivité qui ne souhaite pas mettre en place une télégestion au point lumineux généralisée, jugée trop coûteuse.
Bonifications d'exploitation	

DESCRIPTION TECHNIQUE

Type de télégestion	La télégestion à l'armoire est en cours de généralisation sur toutes les communes de la métropole. Les onze communes qui pratiquent l'extinction nocturne seront équipées prioritairement pour rendre la gestion de ces coupures plus aisée à distance. Quelques secteurs sont équipés de pilotage au point lumineux pour répondre à un besoin spécifique (évènements festifs).
Typologie du réseau de communication	À Montpellier, la communication s'effectue essentiellement par CPL du fait d'un réseau souterrain en bon état entre les armoires et les points lumineux. Le réseau utilisé pour la remontée d'informations depuis les armoires ainsi que pour la transmission des ordres d'allumage depuis l'armoire centrale est de type 3G. Un réseau propriétaire LoRa existe sur la commune, mais n'est pas utilisé pour l'éclairage public. Pour les trente communes autour, les communications descendantes sont assurées par ondes radio FM et les communications remontantes par réseau Sigfox.
Système retenu	Solution Tegis Lighting Plus de LACROIX à Montpellier. Solution RDS-LIGHT de Biyotee pour les trente autres communes (essentiellement pour une meilleure adaptation à l'encombrement dans les armoires).

SUITE ET ÉVOLUTION DU PROJET

Intégration projet Smart City ?	Pas de souhait d'ouvrir ou d'associer la télégestion de l'éclairage public à un système plus large intégrant d'autres cas d'usage (trafic, qualité de l'air, eau...). Mutualisation d'un réseau de communication (ex. : réseau LoRa) qui peut risquer la mise en défaut totale de tout l'éclairage public, sans maîtrise par le service dédié. Volonté de ne pas proposer l'alimentation 24 h/24 du réseau d'éclairage public pour l'alimentation d'autres équipements.
Déploiement complémentaire ?	La possibilité de proposer des recharges d'équipements la nuit (ex. : batteries) pour un fonctionnement diurne, comme pour les caméras de vidéoprotection, est actuellement étudiée.

DONNÉES CLÉS

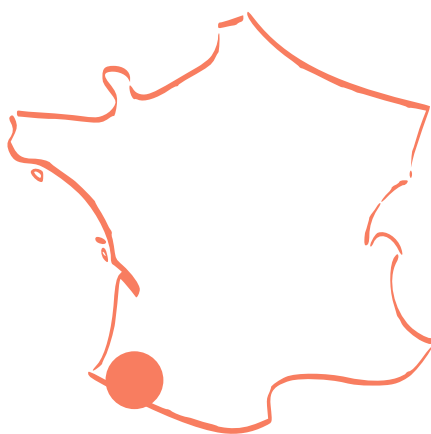
Durée de mise en œuvre / calendrier	Fin du déploiement en 2025 pour les 1 500 armoires de la métropole.
Montant d'investissement	
Montant d'abonnement (y compris plate-forme de gestion)	Les communications entre armoires (remontées d'informations, ordres descendants) représentent un coût mensuel de l'ordre de 800 €.
Données consommations	
Scénarios mis en œuvre	
Autres	

AVIS DU RESPONSABLE ÉCLAIRAGE

Les plus / avantages	Les moins / limites
- réponse au besoin de gestion centralisée des allumages / extinctions ; - maîtrise des temps d'allumage (< 4 000 h en 2022) et adaptation à la luminosité locale ; - réduction du nombre d'interventions terrain pour l'adaptation des horaires (événements festifs...) ; - suivi suffisant des départs électriques pour un retour sur le fonctionnement des installations.	- généralisation de la télégestion au point lumineux inutile, car les modifications de régime restent exceptionnelles ; - risque de multiplication des interventions (modifications de régimes...) du fait de la souplesse du système. C'est encore plus prégnant pour la télégestion au point lumineux ; - dépendance à trois opérateurs de communication (GSM, bande FM, Sigfox).

PAU
(64)

PAU Capitale humaine



FICHE 2 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

Télégestion d'installations d'éclairage public

VILLE DE PAU PAU AGGLOMÉRATION

Optimisation de la gestion des installations d'éclairage public adossée à un programme de rénovation ambitieux dans l'objectif de maintenir le service aux citoyens en assurant la maîtrise énergétique et financière



Ville de Pau

CONTEXTE TERRITORIAL

Nombre d'habitants	78 620 habitants (2022)
Statut	Pau, principale commune de l'aire urbaine de la communauté d'agglomération Pau Béarn Pyrénées (166 794 habitants)
Secteur ciblé	Ensemble de la commune
Territoire	Territoire resserré
Maintenance	Régie municipale

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Le besoin initial de la collectivité

Les aménagements prévus surviennent dans un contexte de rénovation globale du parc d'éclairage en LED.

Il est essentiel, pour la commune, d'anticiper la croissance des coûts énergétiques (objectif de division par deux de la facture d'électricité) et des signalements de pannes par les citoyens.

Elle affirme sa volonté de maintenir l'éclairage en service, en couplant un pilotage intelligent de l'ensemble avec une intégration des outils « modernes ».

La commune s'inscrit dans une perspective de mutualisation du réseau d'éclairage public et l'alimentation 24 h/24 de services tiers.

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Ses objectifs en fonction de secteurs et/ou de gestion périodique différenciée ou autres	La gestion est différenciée en scénarios statiques ou dynamiques. La télégestion est étendue sur l'ensemble de la commune, avec des besoins d'adaptabilité de certains scénarios en fonction d'évènements, de contextes et tout au long de l'année. Depuis 2023, un déploiement généralisé de la détection est réalisé pour les lotissements et les voiries de desserte.
Modalités de suivi ? D'évaluation ?	Une intégration des courbes de charge des compteurs Linky sur les points de livraison d'éclairage public est réalisée pour les bilans énergétiques mesurés et comparés aux modélisations prospectives.
Bonifications d'exploitation	Le signalement automatisé des pannes vers la GMAO interfacée avec la télégestion offre un gain de temps conséquent aux équipes d'intervention, et un accroissement des économies d'énergie : → 50 % d'économies d'énergie du fait des rénovations avec des luminaires LED ; → + 20 % d'économies supplémentaires, soit 70 % avec le couplage d'un pilotage en télégestion ; → + 42 % d'économies supplémentaires, soit 92 % grâce au couplage d'un pilotage associé avec de la détection. Des économies importantes en génie civil sont réalisées grâce à un maillage réseau différent des réseaux électriques pour une gestion supervisée par ensembles.

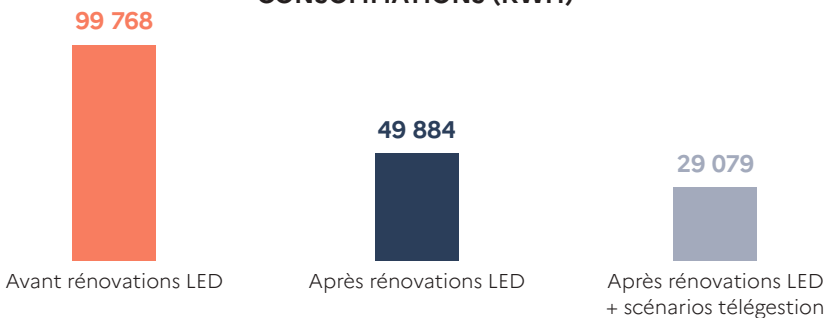
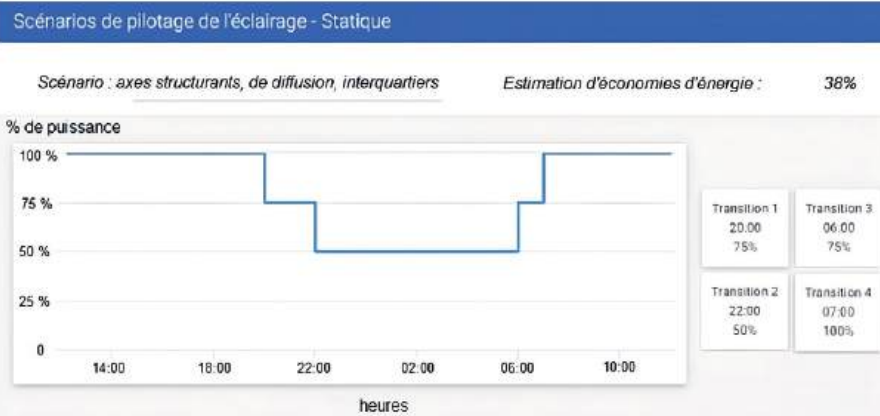
DESCRIPTION TECHNIQUE

Type de télégestion	Il s'agit d'un déploiement au point lumineux.
Typologie du réseau de communication	GPRS ou fibre du cloud jusqu'à l'armoire. CPL de l'armoire au point lumineux (réseau LoRa en détection). DALI du nœud communicant au driver du luminaire.
Système retenu	Dispositif Tegis Lighting Plus de LACROIX.

SUITE ET ÉVOLUTION DU PROJET

Intégration projet Smart City ?	Mutualisation du réseau EP pour d'autres usages grâce à l'alimentation 24h/24 des points lumineux pilotable à distance.
Déploiement complémentaire ?	La possibilité de proposer des recharges d'équipements la nuit pour un fonctionnement diurne, par exemple pour les caméras de vidéoprotection, est en cours d'étude. Le déploiement sur les zones d'activités économiques (ZAE) de l'agglomération (compétence transférée) et l'intégration dans l'interface du pilotage des points lumineux par détection sont actuellement en cours.

DONNÉES CLÉS

Durée de mise en œuvre / calendrier	2016 : début des premières rénovations en LED. 2028 : fin du programme.																				
Montant d'investissement	Patrimoine à rénover : 9 000 PL et 300 armoires . Investissement global : 10,5 M€ (lissage PPI 2020-2028). Montant d'investissement pour la télégestion : environ 450 k€/an (4 ans d'abonnement compris) • soit environ 25 % de l'investissement annuel de rénovation de l'éclairage public ; • soit 31 % du coût global sur 25 ans (renouvellement tous les 10 ans).																				
Montant d'abonnement (y compris plate-forme de gestion)	35 % du coût global sur 25 ans (renouvellement tous les 4 ans).																				
Données consommations	Gains énergétiques : écart de 20 % supplémentaires par rapport à la rénovation en luminaires LED selon le scénario. Exemple : consommations selon trois scénarios de gestion (typologie de voies : axes structurants, de diffusion, interquartiers) : CONSUMMATIONS (KWH) <table><thead><tr><th>Scénario</th><th>Consommation (KWH)</th></tr></thead><tbody><tr><td>Avant rénovations LED</td><td>99 768</td></tr><tr><td>Après rénovations LED</td><td>49 884</td></tr><tr><td>Après rénovations LED + scénarios télégestion</td><td>29 079</td></tr></tbody></table>	Scénario	Consommation (KWH)	Avant rénovations LED	99 768	Après rénovations LED	49 884	Après rénovations LED + scénarios télégestion	29 079												
Scénario	Consommation (KWH)																				
Avant rénovations LED	99 768																				
Après rénovations LED	49 884																				
Après rénovations LED + scénarios télégestion	29 079																				
Scénarios mis en œuvre	Il existe de nombreux scénarios selon les secteurs et les évolutions des besoins (ex. : illuminations de Noël, skatepark et extinction d'été, axes structurants, de diffusion et interquartiers). Exemple : Scénario statique d'abaissement en cours de nuit (typologie de voies : axes structurants, de diffusion, interquartiers) : Scénarios de pilotage de l'éclairage - Statique Scénario : axes structurants, de diffusion, interquartiers Estimation d'économies d'énergie : 38% <table><thead><tr><th>Transition</th><th>Début</th><th>Fin</th><th>Niveau de puissance</th></tr></thead><tbody><tr><td>Transition 1</td><td>20:00</td><td>06:00</td><td>75%</td></tr><tr><td>Transition 2</td><td>22:00</td><td>07:00</td><td>50%</td></tr><tr><td>Transition 3</td><td>06:00</td><td>07:00</td><td>75%</td></tr><tr><td>Transition 4</td><td>07:00</td><td>10:00</td><td>100%</td></tr></tbody></table>	Transition	Début	Fin	Niveau de puissance	Transition 1	20:00	06:00	75%	Transition 2	22:00	07:00	50%	Transition 3	06:00	07:00	75%	Transition 4	07:00	10:00	100%
Transition	Début	Fin	Niveau de puissance																		
Transition 1	20:00	06:00	75%																		
Transition 2	22:00	07:00	50%																		
Transition 3	06:00	07:00	75%																		
Transition 4	07:00	10:00	100%																		
Autres																					

AVIS DU RESPONSABLE ÉCLAIRAGE	
Les plus / avantages	Les moins / limites
• bonifications multiples sur l'exploitation du réseau ; • efficacité énergétique et maintenance ; • maillage d'ensemble de points lumineux par zones de cohérence sans contrainte du maillage électrique ; • économies d'énergies supérieures aux extinctions nocturnes.	• part d'abonnement non négligeable à inclure dans les coûts globaux d'exploitation ; • identification et formation des ressources humaines indispensables pour s'approprier le système et l'exploiter au quotidien.

TERRITOIRE D'ÉNERGIE DU FINISTÈRE (29)

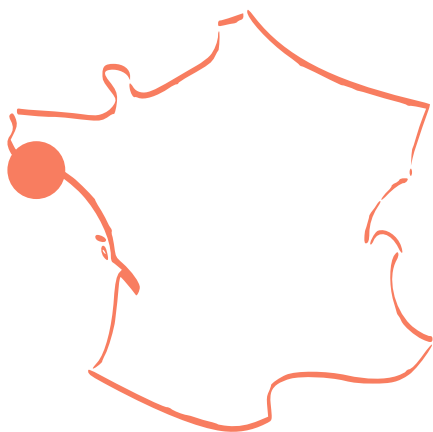


FICHE 3 • RETOUR D'EXPÉRIENCE

Télégestion d'installations d'éclairage public

TERRITOIRE D'ÉNERGIE DU FINISTÈRE

Coordination des allumages / extinctions de l'éclairage public pour l'ensemble des armoires d'un territoire à l'échelle d'un département.
Objectif de mutualisation des moyens et du réseau privé pour d'autres cas d'usage que l'éclairage public



CONTEXTE TERRITORIAL

Nombre d'habitants	50 000 habitants
Statut	Communauté de communes du Pays d'Iroise (CCPI) (19 communes) + l'île d'Ouessant + 3 communes qui jouxtent la CCPI
Secteur ciblé	Communes qui ont délégué leur compétence au SDEF
Territoire	Territoire mixte : rural et urbain
Maintenance	Assurée par les entreprises titulaires des marchés attribués par le SDEF



SDEF

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Le besoin initial de la collectivité

Le Syndicat départemental d'énergie et d'équipement du Finistère (SDEF) propose aux communes un service de télégestion basé sur des horloges connectées. Ainsi, le fait d'ajuster les horaires de fonctionnement de l'éclairage public en fonction des conditions climatiques, de la luminosité et des besoins d'éclairage adaptés à chaque zone permet d'économiser l'énergie, de préserver la trame noire, tout en assurant la sécurité des habitants et des usagers de l'espace public.

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Ses objectifs en fonction de secteurs et/ou de gestion périodique différenciée ou autres	L'objectif est de se servir d'un réseau IoT pour différents services publics proposés par la collectivité, en mutualisant les coûts d'investissement et de fonctionnement afin de gagner en efficacité et de réduire les coûts pour les collectivités.
Modalités de suivi ? d'évaluation ?	Les modalités de suivi sont établies en concertation avec chaque collectivité et le SDEF utilise le logiciel MUSE pour gérer l'ensemble du Parc.
Bonifications d'exploitation	

DESCRIPTION TECHNIQUE

Type de télégestion	Le SDEF préconise prioritairement un fonctionnement à l'armoire, tout en n'excluant pas un fonctionnement au point lumineux. En effet, le réseau LoRa a ses limites (bas débit) lors du transfert des trames (paramétrages des profils de gestion) : une multiplication du nombre de trames à chaque luminaire nécessite alors un réseau GSM plus adapté.
Typologie du réseau de communication	Création par le SDEF d'un réseau propriétaire LoRa mutualisé pour d'autres applications possibles grâce à ce réseau (relevé de la température et de l'air dans les bâtiments, niveau de remplissage de conteneurs à déchets par apport volontaire, relevé des compteurs d'eau, etc.).
Systèmes retenus	Horloges connectées de type SLBox de la marque Citylone. Également testées : horloges AS5 de la marque COMETA.

SUITE ET ÉVOLUTION DU PROJET

Intégration projet Smart City ?	Intégration au projet Smart-City du SDEF : la télégestion de l'éclairage public est l'un des cas d'usage proposé dans le dispositif « Finistère Smart Connect » (sdef.fr) aux côtés du suivi de consommation énergétique des bâtiments, de la qualité de l'air intérieur (CO ₂), de l'optimisation de la collecte des déchets, de la télérelève des compteurs d'eau et de la gestion du stationnement. Des cas d'usages supplémentaires sont à l'étude : suivi de paramètres météorologiques et environnementaux, comptage de flux de circulation...
Déploiement complémentaire ?	Le déploiement est en cours sur cinq EPCI, dont deux sont équipés (500 armoires) et trois autres restent à réaliser.

DONNÉES CLÉS

Durée de mise en œuvre / calendrier	Mise en œuvre : depuis novembre 2021.
Montant d'investissement	375 000 € HT pour les 400 horloges (phase test initiale).
Montant d'abonnement (y compris plate-forme de gestion)	Les coûts d'exploitation sont répartis entre les partenaires et permettent de financer l'infrastructure radio, le cœur de réseau et la plate-forme. Ces coûts d'exploitation mutualisés entre le SDEF, les EPCI et les communes permettent d'activer plusieurs cas d'usages. Il n'y a donc pas d'abonnement spécifique au service.
Données consommations	
Scénarios mis en œuvre	Déploiement pilote sur l'ensemble des armoires de commande de l'EPCI (environ 400 armoires) en tant que territoire « pilote ». Objectif : tester en situation réelle la télégestion de l'éclairage public avant d'engager des déploiements supplémentaires.
Autres	

AVIS DU RESPONSABLE ÉCLAIRAGE

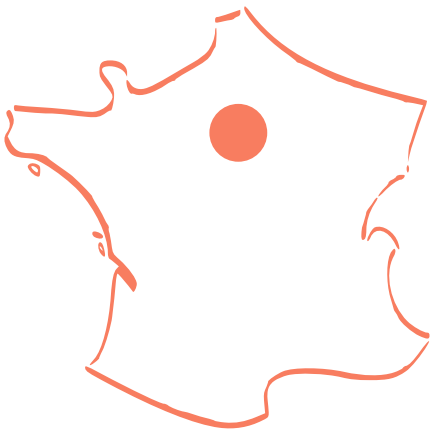
Les plus / avantages	Les moins / limites
• service plus réactif et adapté aux demandes des élus pour modifier les horaires ; • mise à disposition de données de consommation et de fonctionnement du réseau ; • centralisation de l'ensemble des données remontantes et descendantes sur un même système d'information ; • montée en compétence des équipes et des prestataires dans des domaines très différents : numérique, informatique, radio, en plus du volet technique de l'éclairage public.	Il est nécessaire de lever des obstacles techniques tout au long du projet, comme pour tout projet « pilote ».

MARCOUSSIS
(91)



FICHE 4 • RETOUR D'EXPÉRIENCE
Télégestion d'installations d'éclairage public

VILLE DE MARCOUSSIS



Accompagnement de la rénovation du parc d'éclairage public d'une gestion pilotée à distance des scénarios d'éclairage et de la maintenance en vue d'une optimisation des performances et des économies d'énergie.



Commune de Marcoussis

CONTEXTE TERRITORIAL

Nombre d'habitants	8 597 habitants (2022)
Statut	Commune faisant partie de la communauté d'agglomération Paris-Saclay
Secteur ciblé	Ensemble de la commune
Territoire	Commune « isolée » (réf. INSEE) entourée d'espaces agricoles avec secteurs d'activités Située en Île-de-France à 30 km de Paris
Maintenance	Assurée par une entreprise titulaire du marché global de performance attribué par la commune (2018)

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Le besoin initial de la collectivité	Grâce à la télégestion, la commune a souhaité renouveler entièrement son patrimoine d'éclairage public. Les avantages de ce programme de rénovation sont nombreux. Il vise notamment à réduire drastiquement les pannes et signalements, ou encore à diminuer les consommations énergétiques de façon significative. L'objectif est la modernisation de la gestion communale de son patrimoine, en s'appuyant sur des outils numériques efficaces.
--------------------------------------	---

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Ses objectifs en fonction de secteurs et/ou de gestion périodique différenciée ou autres	L'objectif est d'envisager des scénarios d'abaissement paramétrés selon les typologies de voies. Il s'agit ensuite d'optimiser ces scénarios selon les besoins des usagers et la temporalité de ces besoins.
Modalités de suivi ? d'évaluation ?	Des bilans d'exploitation sont réalisés à partir des exports des indicateurs de suivi paramétrés dans le logiciel (<i>dashboard</i>).
Bonifications d'exploitation	L'optimisation des scénarios d'éclairage (plages et pourcentage d'abaissement) a permis un dépassement de l'objectif d'économies d'énergie de 58 000 kWh/an supplémentaire au regard des scénarios initiaux.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Type de télégestion	Il s'agit d'un déploiement d'une télégestion au point lumineux.
Typologie du réseau de communication	Communication filaire en CPL de l'armoire aux points lumineux.
Système retenu	Dispositif Tegis Lighting Plus de LACROIX (nœuds de communication au point lumineux, modules CPL et unités de contrôle dans l'armoire) – accès plate-forme LX Connect.

SUITE ET ÉVOLUTION DU PROJET

Intégration projet Smart City ?	Mutualisation du réseau LoRa pour d'autres cas d'usage à l'étude.
Déploiement complémentaire ?	400 points lumineux rénovés avant le projet global à mettre à niveau.

DONNÉES CLÉS

Durée de mise en œuvre / calendrier	2018 : rénovation LED et mise en place de la télégestion étalée sur 3 mois.
Montant d'investissement	1 075 000 € HT, dont 257 000 € HT pour la télégestion.
Montant d'abonnement (y compris plate-forme de gestion)	Inclus dans le marché (prestation G0 – gestion administrative du marché) et sur toute sa durée (12 ans).
Données consommations	Baisse de 82 % des consommations d'énergie (– 466 GWh). Les économies d'énergie sont estimées à 10 % supplémentaires du fait de la télégestion par rapport à la rénovation des luminaires en LED prise séparément.
Scénarios mis en œuvre	Télégestion au point lumineux et paramétrage sectoriel des phases d'abaissement selon les typologies de voies. Extinction des parcs et jardins aux horaires réglementaires liés à la fermeture des parcs.
Autres	

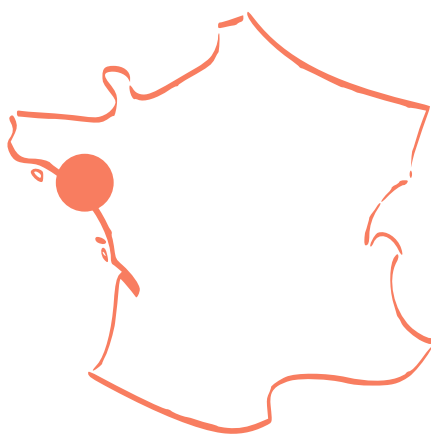
AVIS DU RESPONSABLE ÉCLAIRAGE

Les plus / avantages	Les moins / limites
• gains supplémentaires sur les consommations d'énergie par optimisation des scénarios de gestion des points lumineux ; • réduction des interventions terrain du fait du pilotage à distance et souplesse de gestion ; • suppression des tournées de nuit mensuelles ; • mise en tension du réseau 24/24 pour alimenter des bornes d'accès sans création d'infrastructures supplémentaires ; • commune qui a pu conserver l'éclairage public allumé lors de la crise énergétique de 2022, grâce aux économies réalisées et à la souplesse de gestion.	En moyenne, sur dix pannes annuelles nécessitant une intervention de maintenance, deux sont dues aux équipements de télégestion et/ou du réseau de communication dédié.

**SAINT-BREVIN
LES-PINS
(44)**

FICHE 5 • RETOUR D'EXPÉRIENCE
Télégestion d'installations d'éclairage public
**VILLE DE
SAINT-BREVIN-LES-PINS**

Pilotage à distance des armoires pour mieux s'adapter notamment aux événements touristiques (activités culturelles, marchés nocturnes...) dans un contexte de fortes fluctuations saisonnières de fréquentation


CONTEXTE TERRITORIAL

Nombre d'habitants	14 645 habitants (2022)
Statut	Station balnéaire de près de 15 000 habitants multipliant par trois sa population en été
Secteur ciblé	Partie ouest de la ville Programmation spécifique pour les deux centres-villes (lieux d'activités touristiques)
Territoire	Ville littorale, composée de deux centres-villes sur une distance de près de 8 km de long • Urbaine côté ouest de la « Route bleue » (D213) • Rurale côté est
Maintenance	En interne, via régie éclairage public.



T. Guiot / Service communication - Ville de Saint-Brevin-les-Pins

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION
Le besoin initial de la collectivité

Dans un premier temps, l'objectif était de programmer une mise au noir dans le cadre d'économies d'énergie, étant donné le contexte conjoncturel sur le coût de l'électricité.

Après réalisation de 50 % d'économies par modification des plages horaires de fonctionnement, la ville a souhaité piloter de manière aisée ses armoires, notamment pour s'adapter aux événements touristiques (activités culturelles, marchés nocturnes...).

Le pilotage des armoires par logiciel permet un gain de temps sur la programmation des horloges et ne nécessite pas une habilitation électrique (ouverture des armoires) pour les agents.

OBJECTIFS / ENJEUX DE LA TÉLÉGESTION

Ses objectifs en fonction de secteurs et/ou de gestion périodique différenciée ou autres	La ville se compose de plusieurs secteurs correspondant aux quartiers d'habitation historiques ; un découpage fin s'est fait à l'armoire pour les centres-villes de Saint-Brevin-les-Pins et l'Océan. Toute l'année, les extinctions sont programmées à 23 h jusqu'à 5 h du matin, sauf l'été où les centres-villes sont dotés d'un programme spécifique d'extinction à 1 h 30 sans rallumage.
Modalités de suivi ? D'évaluation ?	Il est possible de renseigner les informations Enedis (PDL – point de livraison) et le type d'abonnement pour une gestion analytique des armoires, et de s'en servir pour effectuer un suivi sur la performance énergétique par télégestion (analyse des consommations) – option non utilisée pour le moment.
Bonifications d'exploitation	En cas de nécessité, l'application permet de procéder, sur place ou à distance, à une commande forcée, permettant ainsi d'arrêter ou d'allumer un éclairage à l'armoire/secteur. La présence d'un opérateur sur site reste cependant une sécurité.

DESCRIPTION TECHNIQUE

Type de télégestion	La gestion se fait par armoire via des horloges sur une soixantaine d'armoires (65 équipées sur 95 au total). L'application Luce Connect permet de sectoriser une ville par quartiers, en spécifiant pour chacun d'entre eux le régime d'éclairage choisi. Les armoires sont localisées par GPS et indiquées dans le logiciel.
Typologie du réseau de communication	Fonctionnement via un réseau LoRa.
Système retenu	Horloges type Radiolite XP420. Plate-forme d'accès : BHBox ou application web / smartphone Luce Connect (BH Technologie).

SUITE ET ÉVOLUTION DU PROJET

Intégration projet Smart CITY ?	Objectif : maîtriser le logiciel de télégestion dans un premier temps.
Déploiement complémentaire ?	À terme, il s'agirait d'équiper l'ensemble des quatre-vingt-quinze armoires.

DONNÉES CLÉS

Durée de mise en œuvre / calendrier	Installation du système durant 1 an.
Montant d'investissement	60 000 € TTC environ.
Montant d'abonnement (y compris plate-forme de gestion)	10 000 € : coût de communication pour 5 ans.
Données consommations	• 2023 : 727 064 kWh / 187 666 € TTC • 2022 : 912 384 kWh / 173 150 € TTC • 2021 : 1 001 641 kWh / 185 472 € TTC
Scénarios mis en œuvre	Scénario « centres villes » pour activité touristique nocturne différente du reste de la ville (période estivale).
Autres	

AVIS DU RESPONSABLE ÉCLAIRAGE

Les plus / avantages	Les moins / limites
C'est un outil pratique qui permet un pilotage et une surveillance à distance.	La coupure et l'allumage s'effectuent à distance sans surveillance terrain.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME, *Rénover l'éclairage extérieur*, 2021 (librairie.ademe.fr).

AFE, *Guide AFE des bonnes pratiques pour les installations d'éclairage extérieur*, 2023 (afe-eclairage.fr).

AFE, *Enquête : les chiffres de l'éclairage public*, 2025 (afe-eclairage.fr).

ANSSI, *Sécurité numérique des collectivités territoriales : l'essentiel de la réglementation*, 2020 (cyber.gouv.fr).

Banque des Territoires, *Gestion des données : quels outils et quelle stratégie pour les territoires ?*, 2023 (banquedesterritoires.fr).

Cerema, *Le programme Numérique Responsable : une méthode pour faire le bilan environnemental, économique et social du numérique*, ANCT, Banque des Territoires, 2024 (smart-city.cerema.fr).

CNIG, *Géostandard d'éclairage extérieur EclExt*, 2022 (cnig.gouv.fr).

Enedis, *L'espace Mesures et Services : le dispositif qui favorise la transition énergétique des collectivités locales*, 2024 (enedis.fr).

FNCCR, *Guide pratique de l'éclairage public intelligent*, 2020 (fnccr.asso.fr).

Ministère de la Transition écologique, *Guide de préconisations pour l'installation de points de recharge pour véhicules électriques sur un dispositif d'éclairage public*, 2018 (ecologie.gouv.fr).

Union européenne, *Règlement européen « Cyber resilience Act » concernant des exigences de cybersécurité horizontales pour les produits comportant des éléments numériques*, 2024 (eur-lex.europa.eu).

Union européenne, *Règlement européen « Cybersecurity Act » relatif à la certification de cybersécurité des technologies de l'information et des communications*, 2019 (eur-lex.europa.eu).

GLOSSAIRE

ADEME : Agence de la transition écologique (ademe.fr).

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) : technologie d'accès à Internet haut débit qui utilise les lignes téléphoniques en cuivre traditionnelles pour transmettre des données numériques.

AFE : Association française de l'éclairage (afe-eclairage.fr).

AMO : assistant à maîtrise d'ouvrage.

BLE (Bluetooth Low Energy) : le Bluetooth représente une technologie de connexion sans fil à courte portée, permettant de relier des appareils numériques entre eux. Il peut être utilisé avec différents périphériques comme un téléphone, un ordinateur, etc. Ce protocole de communication sans fil est conçu pour connecter automatiquement les appareils avec rapidité et sans aucun câble.

Le *Bluetooth Low Energy* est une variante du Bluetooth qui permet d'envoyer de faibles quantités de données avec une faible consommation énergétique. Cette spécificité technique permet entre autres d'allonger considérablement l'autonomie des objets connectés en réduisant leur temps d'activité.

BT : basse tension (tension comprise entre 50 V et 1 000 V) (source : norme NF C 18-510).

BUS : sur une ligne DALI, nommée « Bus DALI », tous les appareils d'éclairage peuvent avoir une adresse spécifique pour être contrôlés séparément. Les instructions d'action sont acceptées et exécutées par le dispositif de contrôle via le bus qui les relie.

CEE : le certificat d'économie d'énergie (CEE) est un dispositif français mis en place pour encourager les économies d'énergie. Il a été introduit pour inciter les fournisseurs d'énergie ou les « obligés » (électricité, gaz, chaleur, froid, fioul domestique) à promouvoir des actions d'économies d'énergie auprès des consommateurs, qu'il s'agisse de particuliers, de collectivités ou d'entreprises. Pour chaque action d'économies d'énergie réalisée, un certain nombre de certificats est émis. Ces derniers sont ensuite échangés entre les acteurs du marché. Un certificat correspond à une quantité standardisée d'énergie économisée, exprimée en kilowattheures cumulés et actualisés (aussi abrégés kWh cumac). Le dispositif des CEE est encadré par la loi et supervisé par les pouvoirs publics. Les obligations en matière d'économies d'énergie sont périodiquement révisées pour s'aligner sur les objectifs nationaux et européens en matière de transition énergétique.

CMS : *Central Management System* ou système de gestion centralisée.

Le CMS représente la partie logicielle et d'interfaçage avec l'opérateur à distance. Il a en charge le traitement et l'affichage des données remontées par les capteurs terrain via des tableaux de bord (consommations énergétiques, alertes de dépassements de seuils...), des modules de gestion du patrimoine, voire un interfaçage avec l'outil de GMAO. Il permet également à l'opérateur de réaliser l'ensemble des opérations de paramétrage des équipements d'éclairage (profils d'éclairage, phases et pourcentages d'abaissement, seuils d'alerte...) ainsi que des actions de commande « exceptionnelles », comme le rallumage à distance d'un secteur dont le scénario normal de fonctionnement était l'extinction.

CNIG : le Conseil national de l'information géographique (CNIG) est une instance consultative française qui joue un rôle clé dans la coordination et la promotion des politiques publiques en matière d'information géographique. Il a pour mission de conseiller les pouvoirs publics sur les questions relatives à l'information géographique, de favoriser la concertation entre les différents acteurs du domaine, et de contribuer à la diffusion et à l'utilisation des données géographiques et de standards de données, comme le standard EclExt dédié aux points lumineux d'éclairage public.

CPL : la communication par courant porteur en ligne (CPL) permet de construire un réseau informatique sur le réseau électrique d'une habitation, mais aussi d'une installation d'éclairage public. Ce protocole peut, à faible coût, compléter ou parfois concurrencer d'autres protocoles de communication dits « universels », tels que le Wi-Fi ou le Bluetooth. Il est opérant sur basse et moyenne tension.

DALI Protocole (*Digital Addressable Lighting Interface*) : l'interface d'éclairage adressable numérique est un protocole ouvert, qui permet une interopérabilité entre des équipements de marques différentes qui doivent respecter les spécificités indiquées dans la norme internationale NF EN IEC 62386 ainsi que dans celles rédigées par le DiiA pour garantir une bonne communication.

DiiA (*Digital Illumination Interface Alliance*) : cette alliance est un consortium mondial ouvert d'entreprises d'éclairage. Son objectif principal est de développer le marché des solutions de contrôle d'éclairage basées sur le protocole DALI.

Dimming (ou gradation) : il s'agit d'une action de réduction de l'émission de flux lumineux d'un luminaire. Elle entraîne, par conséquent, une diminution du niveau d'éclairement, induisant une réduction des consommations énergétiques en fonction du taux d'abaissement et de la plage horaire dédiée.

Driver : ce dispositif régule et fournit le courant et la tension d'alimentation aux sources lumineuses LED.

DSI : la direction des systèmes d'information (DSI) est la direction responsable du système d'information d'une entreprise ou d'une collectivité.

EP : éclairage public.

EPCI : les établissements publics de coopération intercommunale (EPCI) sont des structures administratives permettant à plusieurs communes d'exercer des compétences en commun (source : INSEE).

FNCCR (fnccr.asso.fr) : la Fédération nationale des collectivités concédantes et régies (FNCCR) est une association de collectivités territoriales spécialisées dans les services publics locaux en réseau :

- énergie : distribution d'électricité, de gaz, de chaleur, maîtrise de la demande d'énergie, énergies renouvelables, éclairage public, stations de charge de véhicules électriques et gaz, etc. ;
- cycle de l'eau : distribution d'eau potable, assainissement des eaux usées, assainissement non collectif, GEMAPI, etc. ;
- numérique : communications électroniques à haut débit et très haut débit, mutualisation informatique et e-administration ;
- déchets : gestion et valorisation des déchets (biométhane, entre autres).

Gateway : une gateway (ou passerelle) est un dispositif matériel ou logiciel qui assure la liaison entre deux réseaux utilisant des protocoles différents, afin de permettre la communication et le transfert de données entre eux. Une passerelle IoT collecte les données transmises par les objets (via des protocoles comme LoRa, Zigbee, Sigfox, Bluetooth, etc.) et les transmet à un réseau IP (souvent via Wi-Fi, Ethernet ou 4G) vers un serveur central ou cloud.

GMAO : la gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) est un outil logiciel dont l'objectif est de planifier, évaluer, optimiser les opérations de maintenance des équipements d'éclairage public. Elle facilite la gestion technique, administrative et financière des interventions de maintenance (préventives, curatives, correctives), en autorisant une vision centralisée et actualisée de l'état du parc d'éclairage, des déclarations des pannes, la traçabilité des réparations effectuées, des opérateurs intervenus, etc.

GPRS (*General Packet Radio Services*) : le GPRS représente un service de communication sans fil par paquets, qui propose aux utilisateurs de téléphones mobiles et d'ordinateurs des débits de 56 à 114 Kbp/s. Il est parfois appelé « 2.5 G » (comme le EDGE). Le GPRS est dérivé des communications GSM (*Global System for Mobile Communication*). Le GPRS a assuré la transition vers la norme EDGE (*Enhanced Data GSM Environment*) et l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*).

IoT (Internet of Things) : l'Internet des objets désigne le processus de connexion d'objets physiques à Internet, des objets du quotidien tels que les luminaires jusqu'aux dispositifs médicaux, appareils portables, appareils intelligents, compteurs ou encore feux de circulation routière dans les villes intelligentes.

LED : *Light-Emitting Diode* ou diode électroluminescente (DEL).

LNS (LoRaWAN Network Server) : il s'agit d'un composant central de l'architecture LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*) qui joue un rôle de coordination, de sécurité et de gestion du réseau, en traitant les communications entre les objets connectés LoRa et les applications. C'est l'intelligence du réseau LoRaWAN qui établit le lien entre les gateways (passerelles radio) et les serveurs d'application.

LoRa : un réseau LoRa (*Long Range*) est un type de réseau de communication sans fil conçu pour transmettre des quantités de données réduites (bas débit) sur de longues distances avec une faible consommation d'énergie. Il est particulièrement adapté aux objets connectés (IoT - *Internet of Things*).

NEMA : fondée aux États-Unis en 1926, la NEMA (National Electrical Manufacturers Association) édite des normes pour les produits électroniques. La norme ANSI C136.41 définit les caractéristiques de l'interface (ou prise) qui permet de connecter des dispositifs de télégestion externes aux luminaires.

ODN (Outdoor Device Networks) : les dispositifs dans ces réseaux sont généralement conçus pour être robustes et résistants aux intempéries, avec une longue durée de vie de la batterie ou des capacités d'alimentation autonome, comme l'énergie solaire. Ils utilisent souvent des technologies de communication sans fil pour transmettre des données à des systèmes centraux pour l'analyse et la gestion.

On-premise : ce terme signifie que les ressources informatiques sont hébergées et gérées localement par l'organisation (ex. : la collectivité) elle-même, offrant ainsi un contrôle et une personnalisation accrus, mais nécessitant également plus de ressources et d'expertise pour la gestion et la maintenance.

PIR (Passive Infrared Sensor) : ce capteur électronique mesure la lumière infrarouge (IR) rayonnante par les objets dans son champ de vision. Il est le plus souvent utilisé dans les détecteurs de mouvement. Les capteurs PIR sont également couramment utilisés dans les alarmes de sécurité ou les applications d'éclairage avec détection de présence. Ils détectent les mouvements généraux, mais ne donnent pas d'informations sur la source du mouvement.

Radar (Doppler) : les ondes envoyées par l'émetteur sont réfléchies par la cible, et les signaux de retour (ou écho-radar) sont captés et analysés par le récepteur, situé au même endroit que l'émetteur. La distance de l'objet détecté en mouvement est obtenue grâce au temps aller-retour du signal, la direction est déterminée grâce à la position angulaire de l'antenne où le signal de retour a été capté, et la vitesse de déplacement, quant à elle, est identifiée avec le décalage de fréquence du signal de retour généré selon l'effet Doppler.

RDS (Radio Data System) : le système RDS correspond à des données numériques transmises au travers des fréquences radio de la bande FM, comme le titre d'une chanson affichée sur l'autoradio d'une voiture.

Réseau Mesh (ou maillé) : dans ce réseau de communication, chaque nœud (appareil, capteur, routeur...) est capable de communiquer avec plusieurs autres nœuds et peut relayer les données jusqu'à leur destination. Les données n'ont pas besoin de passer par un seul point central : elles peuvent emprunter plusieurs chemins dans le réseau, ce qui rend le système plus résilient et plus flexible.

RGPD : le règlement général sur la protection des données (RGPD) encadre le traitement des données personnelles sur le territoire de l'Union européenne. Ce règlement européen s'inscrit dans la continuité de la Loi française Informatique et Libertés de 1978 et renforce le contrôle par les citoyens de l'utilisation qui peut être faite des données les concernant. Il harmonise les règles en Europe, en offrant un cadre juridique unique aux professionnels. Il permet de développer leurs activités numériques au sein de l'UE en se fondant sur la confiance des utilisateurs. En France, la CNIL (Commission nationale de l'informatique et des libertés) veille à son application et guide les acteurs publics et privés dans leur mise en conformité.

SaaS (Software as a Service) : dans ce modèle de distribution de logiciels, les applications sont hébergées par un fournisseur de services et mises à disposition des clients via Internet sur la base d'un abonnement. Les utilisateurs accèdent aux applications SaaS via un navigateur web, ce qui élimine le besoin d'installer et de maintenir des logiciels sur des ordinateurs locaux. Les fournisseurs gèrent les mises à jour et la maintenance du logiciel. Les applications SaaS peuvent être accessibles de n'importe où et à tout moment, tant qu'il y a une connexion internet. Les fournisseurs de SaaS investissent généralement dans des mesures de sécurité robustes pour protéger les données des utilisateurs et se conformer aux réglementations en vigueur.

SDAL : le schéma directeur d'aménagement lumière (SDAL) est un document de planification (non réglementaire) de la politique d'éclairage d'un territoire, qui définit à moyen et plus long terme les objectifs en matière d'éclairage nocturne : la hiérarchisation des niveaux d'éclairement selon les enjeux et besoins identifiés, la prise en compte des évolutions temporelles de ces besoins, la maîtrise de la dépense énergétique à travers les différents scénarios d'éclairage (dont l'extinction partielle ou totale), les ambiances nocturnes souhaitées, en intégrant la prise en compte des enjeux environnementaux et de l'impact sur le milieu vivant de l'éclairage nocturne.

SIG : un système d'information géographique (SIG) est un ensemble s'appuyant sur un logiciel destiné à visualiser des données géographiques permettant de collecter, stocker, analyser, gérer, modéliser et visualiser des données spatiales ou géographiques. Le SIG associe ainsi les données à une carte et intègre des données de localisation (grâce aux coordonnées spatiales des objets) à toutes sortes d'informations descriptives (caractéristiques, état de fonctionnement, densité...) pour aider à la prise de décision dans de nombreux domaines (aménagement du territoire, environnement, transport, urbanisme, agriculture, etc.).

Sigfox : un réseau Sigfox est un réseau de communication sans fil bas débit et basse consommation, conçu pour connecter des objets à Internet sur de longues distances en transmettant de petits volumes de données. Sigfox gère son propre réseau mondial d'antennes (opéré par Sigfox ou ses partenaires).

Smart Lighting : l'éclairage intelligent est un dispositif de gestion et de modulation d'une installation d'éclairage qui permet de mieux adapter l'éclairage aux besoins des usagers ou en fonction d'enjeux environnementaux, en comparaison de solutions « historiques » d'éclairage figées sur un seul mode de fonctionnement toute l'année.

TALQ / TALQ2 : il s'agit d'un protocole standard développé par TALQ Consortium pour permettre l'interopérabilité entre différents systèmes de gestion d'éclairage public intelligent (Smart Lighting), et plus largement des villes intelligentes (*Smart Cities*). La certification assure aux produits (logiciels CMS ou gateways) le respect du protocole TALQ2 qui garantit que :

- un CMS certifié TALQ2 peut dialoguer avec n'importe quelle gateway certifiée TALQ2, peu importe le fournisseur ;
- une collectivité peut alors changer de fournisseur sans dépendance à un système « propriétaire ».

UNB (Ultra Narrow Band) : cette technologie de communication sans fil « longue portée » utilise des bandes de fréquence très étroites pour transmettre des données, à faible consommation d'énergie, ce qui les rend efficaces pour les applications nécessitant une longue durée de vie de la batterie, comme les capteurs IoT. En utilisant des bandes de fréquence très étroites, l'UNB est moins sensible aux interférences, ce qui peut améliorer la fiabilité des communications. Cette technologie est particulièrement adaptée aux applications où les dispositifs doivent fonctionner pendant de longues périodes sans intervention humaine, tout en transmettant des données de manière fiable et efficace.

Wirepas : cette technologie de communication sans fil a été conçue pour créer des réseaux Mesh décentralisés, évolutifs et très robustes, spécifiquement adaptés à l'Internet des objets (IoT) industriel, à grande échelle. Elle permet à plusieurs milliers d'objets connectés de communiquer entre eux directement, sans infrastructure réseau centralisée (comme des routeurs ou des passerelles imposées).

Wi-SUN (Wireless Smart Ubiquitous Network) : ce standard de communication sans fil a été conçu pour les réseaux de capteurs intelligents, en particulier dans les domaines de l'énergie (compteurs intelligents), des villes intelligentes et de l'industrie.

Zhaga : il s'agit d'un consortium international de plus de 190 entreprises dans le domaine de l'éclairage, dont l'objectif est de créer un standard garantissant l'interopérabilité entre différents équipements d'éclairage provenant de fabricants divers. Pour prendre en compte le déploiement des objets IoT, Zhaga et DiiA ont créé la certification unique D4i dédiée aux luminaires intelligents et à l'IoT (Internet of Things), afin de garantir une interopérabilité des luminaires, des capteurs et d'autres nœuds de communication provenant de marques différentes.

Zigbee : c'est un protocole de communication d'équipements munis de petits émetteurs radio à faible consommation (signaux à très basse fréquence : 2,4 GHz) et basé sur la norme IEEE 802.15.4 pour les réseaux de type WPAN (*Wireless Personal Area Networks*). Il présente la particularité d'être *open source*, donc modifiable.

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1	Exemple d'un scénario d'abaissement (profil nocturne : cinq phases distinctes de l'allumage nocturne à l'extinction matinale)	14
Figure 2	Reporting des mesures de puissances sur une nuit complète (en kVA)	15
Figure 3	Panneau d'avertissement d'un danger de choc électrique	15
Figure 4	Illustration d'exports issus d'une plate-forme de GMAO (source : ROCH Service)	16
Figure 5	Base de données géolocalisées des points lumineux – Typologie des lampes existantes (source : OpenStreetMap Contributeurs)	17
Figure 6	Illustration du « cheminement » des données depuis le compteur Linky jusqu'à la consultation en ligne par l'opérateur et/ou l'utilisateur	22
Figure 7	Principe de la télérelève appliquée à la mesure des consommations d'eau (compteurs connectés)	23
Figure 8	Principe de la télégestion appliquée à l'éclairage public – Données montantes et descendantes	24
Figure 9	Architecture type d'une installation d'éclairage public	30
Figure 10	Luminaires équipés de lampes dites « à décharge » (crédit photos : Cerema)	31
Figure 11	Luminaires équipés de LED (crédit photos : Cerema)	31
Figure 12	Luminaire LED	31
Figure 13	Circuit imprimé de LED	31
Figure 14	Driver	31
Figure 15	Application de pilotage d'un luminaire par Bluetooth (source : Arcom-Citylone)	33
Figure 16	Logigramme décisionnel pour définir la typologie de télégestion	33
Figure 17	Cas d'usage et solutions de télégestion	34
Figure 18	Module de pilotage et de télégestion d'armoire (source : PYRESCOM)	34
Figure 19	Concentrateur intégré dans l'armoire (source : Bouygues Énergies & Services)	35
Figure 20	Unité de télégestion à l'armoire (source : Arcom-Citylone)	35
Figure 21	Exemple d'interface de saisie d'un profil nocturne – saisie calendaire des plages horaires et des pourcentages d'abaissement par l'opérateur (source : Eclatec)	35
Figure 22	Application « J'allume ma rue » (source : Photon Group)	36
Figure 23	Horloge astronomique communicante (source : Photon Group)	36
Figure 24	Nœud de communication (source : LACROIX)	36
Figure 25	Nœud de télégestion d'un point lumineux (source : Bouygues Énergies & Services)	36
Figure 26	Scénario d'éclairage historique sans télégestion	37

Figure 27	Scénario d'éclairage différencié avec télégestion	38
Figure 28	Organisation d'un système de télégestion	40
Figure 29	Schéma d'un profil nocturne associant abaissement de puissance et détection de présence	42
Figure 30	Solutions de capteurs pour détection de présence (source : Eclatec)	42
Figure 31	Capteur optique de type caméra basse définition associée à un ordinateur, le tout intégré dans le luminaire (source : Kawantech)	43
Figure 32	Schéma de deux organisations différentes d'une installation d'éclairage avec détection de présence via un détecteur par mât ou via une mutualisation de capteurs encadrant plusieurs luminaires	44
Figure 33	Réseaux de communication hertzien (circuit vert) et par courant porteur en ligne – CPL (circuit rouge)	45
Figure 34	Nœud de télégestion implanté sur le luminaire	45
Figure 35	Schéma du principe d'une installation d'éclairage « conforme D4i »	46
Figure 36	Configuration des connecteurs Zhaga-D4i sur un luminaire LED (source : Digital Illumination Interface Alliance)	47
Figure 37	Schéma du principe de connexion de l'unité centrale de télégestion dans une armoire de commande (source : LACROIX)	49
Figure 38	Réseaux de communication verticaux	50
Figure 39	Périmètre d'application des différents protocoles et certifications	52
Figure 40	Réseaux de communication horizontaux entre objets connectés sur le terrain, soit en mode hertzien, soit en filaire	53
Figure 41	Principe d'un réseau de communication Mesh ou « maillé »	54
Figure 42	Module de paramétrage d'une armoire de commande via l'interface d'une plate-forme web (source : LACROIX)	56
Figure 43	Module de paramétrage d'un profil nocturne depuis une application sur smartphone (source : Arcom-Citylone)	56
Figure 44	Illustration d'une interface pour effectuer une demande de rallumage d'urgence d'un secteur éteint (source : Byiotee)	57
Figure 45	Exemple de reporting de consommation d'un départ électrique (source : PYRESCOM)	58
Figure 46	Exemple de tableau de bord de suivi d'indicateurs (source : Arcom-Citylone)	58
Figure 47	Exemple de tableau de bord de suivi des indicateurs (source : LACROIX)	58
Figure 48	Exemple d'interface de remontées de dysfonctionnements (source : Arcom-Citylone)	59
Fiche 1	Crédit photo : Ville de Montpellier	64
Fiche 2	Crédit photo : Ville de Pau	67
Fiche 3	Crédit photo : SDEF	71
Fiche 4	Crédit photo : Commune de Marcoussis	74
Fiche 5	Crédit photo : T. Guiot / Ville de Saint-Brévin-les-Pins	77

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	2
Avant-propos	5
Introduction	8
Des parcs d'éclairage public en route vers une optimisation des modes de gestion	8
L'éclairage public, un équipement structurant de la « ville intelligente »	8
Objectifs du guide	10
Cibles du guide	10
CHAPITRE 1	
Méthodologie d'élaboration d'un projet de télégestion	12
1.1 - Rappel de la chronologie d'un projet de rénovation d'un parc d'éclairage public	16
Audit du parc d'éclairage public	17
Planification des objectifs de la collectivité : schéma directeur d'éclairage ou schéma directeur d'aménagement lumière	17
Schéma directeur de rénovation	17
Marché de rénovation	18
1.2 - Intégration dans un projet Smart City	18
Méthodologie	18
Management des données urbaines	18
CHAPITRE 2	
Les définitions à connaître	20
2.1 - Télégestion vs télérelève	22
Qu'entend-on précisément par télérelève ?	23
Qu'entend-on par télégestion ?	24
2.2 - Intérêts potentiels de la télégestion de l'éclairage public	25
Les économies d'énergie	25
Les économies de coûts de fonctionnement	25
Les gains environnementaux	25
2.3 - Limites potentielles de la télégestion de l'éclairage public	26
Le bouleversement des pratiques	26
Le risque de perte de maîtrise de la chaîne de gestion de l'éclairage public	26
La formation nécessaire	26
La limitation des flux de données	26
Les coûts récurrents	26
La (cyber)sécurité du système	27

CHAPITRE 3

Description sommaire des solutions techniques	29
3.1 - Rappel des systèmes d'éclairage public à prendre en charge par la télégestion	30
L'armoire de commande	31
Les câbles d'alimentation électrique	31
Les luminaires	31
3.2 - Familles et architectures possibles de télégestion	33
3.3 - Logigramme décisionnel	33
Télégestion à l'armoire ou au point lumineux	34
Télégestion à l'armoire	34
Télégestion au niveau des supports et luminaires	36
Télégestion mixte à l'armoire et au niveau des supports et luminaires	39
3.4 - Éléments composant un dispositif de télégestion	40
3.5 - Capteurs et détecteurs	42
Les détecteurs de présence	42
Exemples d'utilisation	43
3.6 - Nœuds communicants	44
Les standards de connecteurs existants	46
3.7 - Unité centrale de télégestion	48
3.8 - Réseaux de communication	50
Le réseau vertical	50
Le réseau horizontal	53
Les protocoles de transmission de données	54
3.9 - Système de contrôle-commande	56
Les fonctionnalités du système de contrôle-commande	56
Le choix des logiciels	59
Le choix d'architecture	59
D'un marché de travaux à un marché de services numériques, une évolution des enjeux	60
3.10 - Impact environnemental des solutions d'éclairage intelligent – approche « numérique responsable »	60
 Conclusion	 61
 Annexes – Fiches « Retour d'expérience »	 62
Fiche 1 - Montpellier Métropole	64
Fiche 2 - Ville de Pau – Pau Agglomération	67
Fiche 3 - Territoire d'énergie du Finistère	71
Fiche 4 - Ville de Marcoussis	74
Fiche 5 - Ville de Saint-Brevin-les-Pins	77
 Bibliographie	 80
 Glossaire	 81
 Table des illustrations	 86

Street lighting

Remote management of infrastructure

As in other utility sectors such as water distribution, where remote management has long been standard practice, public lighting operators are increasingly adopting remote management systems for their assets. This growing momentum reflects the need to address major challenges related to energy efficiency, sustainable lighting practices, and the reduction of environmental impacts. The widespread adoption of LED technology and digital solutions has significantly accelerated the development of remote management, making it an essential step towards more flexible and adaptive night-time lighting strategies. This publication is designed for professionals in the lighting sector. It provides comprehensive information on the technical solutions currently available and offers practical insights to support decision-making by outlining the potential benefits of remote management, while also highlighting its limitations and the challenges that may arise during implementation.

Alumbrado público

Telegestión de las instalaciones

Al igual que en otros ámbitos, como el del suministro de agua, donde la telegestión hace mucho tiempo que es habitual, los gestores de las redes de alumbrado público están empezando a implantar la gestión a distancia de sus instalaciones. Esta aceleración surge como respuesta a las dificultades que hay que abordar en una época de austeridad energética y lumínica y en un contexto de reducción del impacto medioambiental. La telegestión se ve impulsada especialmente por el despliegue masivo de la iluminación LED y de las soluciones digitales que se están imponiendo como una evolución necesaria hacia una mayor modularidad de los escenarios de alumbrado nocturno. Esta obra va dirigida a los principales actores del sector de la iluminación, que encontrarán toda la información útil sobre las soluciones técnicas. También proporciona datos objetivos que facilitan la toma de decisiones previstas en cuanto a la contribución potencial de la telegestión, al tiempo que alerta sobre las posibles limitaciones y obstáculos.

AGIR POUR DES TERRITOIRES ADAPTÉS AU DÉFI CLIMATIQUE

Le Cerema, référent public en aménagement, accompagne l'État, les collectivités et les entreprises pour adapter les territoires au changement climatique.

Il joue un rôle clé dans l'élaboration et la mise en œuvre de politiques publiques nationales et de projets territoriaux adaptés au climat de demain dans 6 domaines d'activité : aménagement et stratégies territoriales, bâtiment, mobilités, infrastructures de transport, environnement et risques, mer et littoral.

Avec des équipes multidisciplinaires et 27 implantations sur les territoires de l'Hexagone et des Outre-mer, le Cerema dispose d'une approche globale pour conseiller, innover et fédérer.

Centre de ressources national et public, il produit de nombreuses connaissances et études liées à ses activités. Il les diffuse par le biais de publications d'ouvrages, de formations et de journées techniques. Toutes ces données publiques sont en accès libre, pour soutenir l'innovation et les bonnes pratiques afin d'adapter les territoires au défi climatique.

Le Cerema relève des ministères chargés de l'Aménagement du territoire et de la Transition écologique.

© 2026 - Cerema

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Cerema est illicite (article L. 122-4 du Code de la propriété intellectuelle). Cette reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et L. 335-3 du CPI.

Cet ouvrage a été imprimé sur du papier issu de forêts gérées durablement (norme PEFC) et fabriqué proprement (norme ECF). L'imprimerie Dupliprint est une installation classée pour la protection de l'environnement et respecte les directives européennes en vigueur relatives à l'utilisation d'encre végétales, le recyclage des rognures de papier, le traitement des déchets dangereux par des filières agréées et la réduction des émissions de COV.

Coordination : Direction de la Stratégie et de la Communication / Pôle éditions

Conception de la maquette graphique : Farénis

Mise en page : PAO Concept – pao.concept@free.fr

Impression : Dupliprint – 733 rue Saint-Léonard – 53100 Mayenne

Photo couverture : [iStock.com/Thomas Berberich](https://iStock.com/Thomas_Berberich) (photo modifiée)

Achevé d'imprimer : septembre 2026

Dépôt légal : septembre 2026

ISSN : 2276-0164

ISBN : 978-2-37180-768-6 (pdf) - 978-2-37180-767-9 (papier)

Éditions du Cerema

Siège social : 2 rue Antoine Charial – CS 33 927 – 69426 Lyon Cedex 03

cerema.fr

ÉCLAIRAGE PUBLIC

LA TÉLÉGESTION DES INSTALLATIONS

À l'instar d'autres domaines comme la distribution de l'eau où la télégestion est répandue de longue date, les gestionnaires de parcs d'éclairage public initient le déploiement de gestion à distance de leur patrimoine. Cette accélération vient en réponse aux défis à relever à l'heure de la sobriété énergétique et lumineuse et de la réduction des impacts environnementaux. La télégestion profite notamment du déploiement massif d'éclairage en LED et de solutions numériques pour s'imposer comme une évolution nécessaire vers une modularité accrue des scénarios d'éclairage nocturne. Cet ouvrage s'adresse aux acteurs de la filière éclairage qui trouveront toutes les informations utiles sur les solutions techniques. Il fournit également des éléments factuels d'aide à la décision en amont au regard de l'apport potentiel d'une télégestion tout en alertant sur les limites et freins éventuels.



AMÉNAGEMENT & STRATÉGIES TERRITORIALES | BÂTIMENT
| MOBILITÉS | INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT |
ENVIRONNEMENT & RISQUES | MER & LITTORAL