

GUIDE
AFE - SBA

LA RÉNOVATION DE L'ÉCLAIRAGE

IOT & DIGITAL





REMERCIEMENTS

La Commission Smart Lighting

La Commission Smart Lighting est issue de la rencontre de deux associations : la Smart Buildings Alliance – SBA et l'Association Française de l'Éclairage – AFE qui ont abouti à un contrat commun sur le rôle spécial de l'éclairage dans la mutation digitale et environnementale de nos espaces de vie.



Tout au long de l'année 2019 plus de 80 membres actifs provenant d'horizons aussi divers que variés (fabricants, intégrateurs, bureaux d'études, architectes, concepteurs, utilisateurs finaux, chercheurs, universitaires) ont contribué à mettre en forme et structurer nos nombreux échanges riches et passionnés.

Ces échanges sont formalisés par trois ouvrages AFE, dans la même collection :

- IoT et Digital
- HCL, confort visuel et qualité des ambiances lumineuses
- La révolution LED

Ces ouvrages sont téléchargeables librement sur le site Internet de l'AFE :

<http://www.afe-eclairage.fr/guides-et-recommandations/guides-afe-sba---la-renovation-de-l-eclairage-82.html>

Ainsi qu'un document synthétique, dans la collection « Théma » de la SBA, disponible sous format électronique : <https://www.smartbuildingsalliance.org/ressources/publications-sba>

Ces guides n'auraient pu voir le jour sans la contribution des membres de la commission, nous remercions particulièrement :

Comité de pilotage

Charles Chirey - Enlighted | Jacques Darmon - Lux Éditions | Véronique Gerval - Tridonic | Jérôme Lutz - Trilux | Laurent Meunier - Citelum | Catherine Rambaud - Arcom / Citylone

Contributions remarquables

Christine Arzano-Daurelle - EDF | Kevin Bertin - Université de Toulouse | Laurent Canale - CNRS / Université de Toulouse | Sophie Camelio - École Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Poitiers | Didier Chapron - BETOM | Jean Jacques Ezrati | Cyril Fernbach - Sermes | Patrick Govindaraju - AXIANS | Nicolas Houel - CNRS & Nantes Métropole | Philippe Hunault - SERCE | Guillaume Ruffin - ARTELIA | Sébastien Sarrazin - EDF | Pascal Tigreat - WAGO | Stéphane Vasse - Zumtobel | Paul Verny - CEREMA

Direction de la publication : Marie-Pierre ALEXANDRE

Direction éditoriale : François DARSY

Photo page de couverture et gabarit : © Signify BrightSites-1



■ SOMMAIRE

P.6 ■

DEFINITIONS

- La digitalisation de la société
- Contexte du marché de l'IOT
- Impact de la digitalisation sur les organisations
- Pertinence de l'éclairage comme outil de digitalisation
- Désilotage et intégration des différentes infrastructures et des systèmes de données
- Mutualisation des infrastructures & Interopérabilité - Source de donnée pour le BIM.
- Évolutivité des infrastructures
- Sécurité - cybersécurité
- Propriété des données / RGPD

P.16 ■

MISE EN PERSPECTIVE DES OPPORTUNITÉS / USAGES INTÉRIEUR

- Principes
- Sous-utilisation des espaces : Digitalisation

P.17 ■

MISE EN PERSPECTIVE DES OPPORTUNITÉS / USAGES EXTÉRIEURS

P.19 ■

OPPORTUNITÉS ET IMPACTS COLLATÉRAUX DE LA RÉNOVATION MASSIVE DE L'ÉCLAIRAGE PAR DES SOLUTIONS DIGITALES

P.20 ■

RETOUR D'EXPÉRIENCES, TÉMOIGNAGES, CAS CONCRETS (PRATIQUE, RÉEL)

P.22 ■

CONCLUSION

L'éclairage, par son omniprésence essentielle dans nos bâtiments, offre une structure d'accueil et de déploiement fiable permettant d'adapter son usage en collectant des données, de proposer de nouveaux services et permet alors de comprendre et d'améliorer l'usage des espaces dans lesquels il est déployé.

L'éclairage devient le support de la digitalisation.

DÉFINITIONS

OBJET CONNECTÉ

Objet possédant la capacité d'échanger des données avec d'autres entités physiques ou numériques

DIGITAL

Notion se rapportant aux technologies de l'information et de la communication. En français, « numérique », est l'adjectif qui s'en rapproche le plus mais cela concerne plutôt l'utilisateur dans son expérience numérique que le processus technique de numérisation.

C'est l'utilisation de nouvelles technologies dans le cadre d'une stratégie de développement et d'organisation structurelle.

API

API est l'acronyme d'**Application Programming Interface**, que l'on traduit en français par **interface de programmation applicative** ou **interface de programmation d'application**. L'API peut être résumée à une solution informatique qui permet à des applications de communiquer entre elles et de s'échanger mutuellement des services ou des données. Il s'agit en réalité d'un ensemble de fonctions qui facilitent, via un langage de programmation, l'accès aux services d'une application.

IOT OU INTERNET OF THINGS

Expansion du réseau internet à des objets et/ou des lieux du monde physique.

L'Internet des Objets est un réseau de réseaux qui permet, via des systèmes d'identification électronique normalisés et unifiés, et des dispositifs mobiles sans fil, d'identifier directement et sans ambiguïté des entités numériques et des objets physiques et ainsi de pouvoir récupérer, stocker, transférer et traiter, sans discontinuité entre les mondes physiques et virtuels, les données s'y rattachant.

CLOUD

Le Cloud (ou **cloud computing**) est une technologie qui permet de mettre sur des serveurs localisés à distance des données de stockage ou des logiciels qui sont habituellement stockés sur l'ordinateur d'un utilisateur, voire sur des serveurs installés en réseau local au sein d'une entreprise.

Cette virtualisation des ressources permet donc à l'entreprise d'accéder à ses données sans avoir à gérer une infrastructure informatique, souvent complexe et qui représente un certain coût pour l'entreprise.

Le Cloud Computing, ou « l'informatique dans les nuages » est considéré par beaucoup, comme une évolution majeure de l'informatique, qui permet d'accéder depuis n'importe où à ses fichiers.

RÉSEAU

Un réseau est l'ensemble des équipements ou systèmes interconnectés par un échange d'informations numériques. Il est qualifié par le mode de communication qu'il utilise (filaire, radio, logiciel, ...)

L'architecture d'un réseau IoT est plus ou moins verticale ou horizontale selon que la communication a lieu principalement entre objets connectés ou entre les terminaux et le centre de commande central.

Ainsi, dans des réseaux dit maillés, les objets peuvent communiquer entre eux : c'est ce qu'on appelle usuellement le M2M (Machine to Machine).

PROTOCOLE

Un protocole est une méthode standard qui permet la communication entre des processus (s'exécutant éventuellement sur différentes machines) ; c'est-à-dire un ensemble de règles et de procédures à respecter pour émettre et recevoir des données sur un réseau. Il en existe plusieurs selon ce que l'on attend de la communication. Certains protocoles seront par exemple spécialisés dans l'échange de fichiers (le FTP), d'autres pourront servir à gérer simplement l'état de la transmission et des erreurs (c'est le cas du protocole ICMP), ...

1 ■ LA DIGITALISATION DE LA SOCIÉTÉ

8 milliards d'objets connectés en 2015, 36 milliards en 2030¹.

Ces chiffres impressionnants indiquent clairement une montée en puissance attendue des objets et services connectés dans le futur proche, et c'est ainsi une nouvelle révolution internet qui s'annonce. Nous sommes désormais à l'ère de l'Internet 3.0 : celui des objets, ou autrement dit de l'« IoT », acronyme de Internet Of Things.

Aujourd'hui, grâce à l'IoT, les mondes numériques et physiques ne sont plus cloisonnés et de plus en plus d'objets acquièrent la capacité à communiquer avec leur environnement. Ils transmettent des données relatives à leur état de fonctionnement ou à l'environnement. La centralisation et l'analyse de ces données, souvent en temps réel, ouvrent de nombreuses perspectives.

L'IoT permet donc **de concevoir des services innovants, d'enrichir l'expérience utilisateur ou encore d'améliorer l'efficacité opérationnelle**. Pour les entreprises, c'est autant de leviers pour accroître leurs revenus, améliorer l'expérience et la proximité des clients comme des salariés, tout en réduisant les coûts de fonctionnement. Pour les acteurs publics, c'est l'opportunité d'améliorer les services proposés aux citoyens et usagers, tout en réalisant des économies sur les coûts de fonctionnement, et de dégager ainsi des marges de manœuvre financières permettant de s'inscrire à nouveau dans un cercle vertueux de qualité de service.

Aujourd'hui, force est de constater que l'ensemble des secteurs d'activités est concerné par la révolution IoT. Mais **le passage à l'économie d'échelle**, pourtant clé pour bénéficier pleinement des gains liés à l'IoT, est complexe. Désormais, les solutions ne sont plus constituées de

systèmes indépendants les uns des autres. Elles se présentent plutôt comme une masse d'opérateurs agnostiques, qui interfèrent les uns avec les autres, nécessitant donc de se pencher sur les problématiques de gestion et de passage à l'économie d'échelle. En effet, à l'inverse des systèmes de contrôle-commande « ancienne génération » ayant un périmètre limité à l'installation surveillée, l'univers IoT permet d'interconnecter les systèmes. Si on prend l'exemple d'une fonderie, grâce à l'IoT et au foisonnement des données, il est possible, par exemple, d'anticiper les réglages des fours de fusion, directement en fonction des processus en cours, mais également en fonction des données issues des exploitations minières situées de l'autre côté du globe.

Enfin, de par la massification des systèmes IoT, le foisonnement des données et les besoins toujours plus présents de réactivité, on voit émerger de nouveaux modèles de fonctionnement. Désormais, il n'est plus interdit de mettre sur le marché **une première version d'un produit ou service « perfectible »**, et qui permettra par l'enclenchement d'un mécanisme itératif d'amélioration continue, de répondre à de nouveaux besoins, parfois encore inconnus lors de la mise en œuvre initiale.

2 ■ CONTEXTE DU MARCHÉ DE L'IOT

L'Internet des Objets, permet de créer le lien entre le monde réel et les services numériques.

Encore balbutiant, le marché mondial de l'IoT est un marché qui poursuivra sa croissance à deux chiffres dans les prochaines années pour se rapprocher de 1 000 Mds € à l'horizon 2022². Fortement B2B-centrique, le marché IoT est tiré à la fois par des impulsions réglementaires (énergie, immobilier en particulier), par l'accélération des innovations technologiques, la baisse continue des coûts de matériels et de logiciels, mais aussi par une appétence croissante des consommateurs (exemple

¹ I. DigiWorld, « DigiWorld Yearbook 2017, » 2017.

² IDC, « IDC Forecasts Worldwide Spending on the Internet of Things to Reach \$745 Billion in 2019, Led by the Manufacturing, Consumer, Transportation, and Utilities Sectors, » 2019.

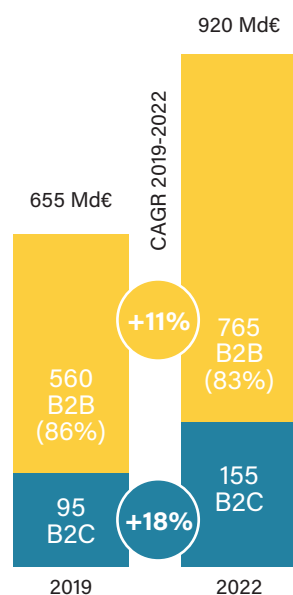
le smart home) et des entreprises à automatiser et améliorer toute une série de processus (exemple l'industrie 4.0).

Le marché présente encore de nombreux risques de défaillances, entre autres par la présence importante de startup, par la criticité des informations traitées et les risques de cyber sécurité associés. Les nombreux exemples multisectoriels d'entreprises ou d'organisations publiques ayant engagé avec succès des projets IoT montrent qu'ils sont un levier majeur de transformation digitale. Ils permettent aussi bien de générer de nouvelles sources de revenus et de continuer à enrichir la relation client, que d'atteindre des niveaux d'efficacité opérationnelle inédits (exemple de l'éclairage intelligent ou encore de la gestion de la chaîne logistique).

Les utilisateurs finaux sont désormais de plus en plus attentifs à la confidentialité de leurs données, qui peut être un critère différenciant dans le choix d'un service. De même, les réglementations relatives aux milieux industriels forcent à mettre en place des règles de sécurité pouvant ainsi orienter le choix de certains fournisseurs.

Afin de tirer pleinement profit de ces opportunités liées à l'IoT, il semble indispensable aux différents acteurs de se focaliser sur 3 axes :

- Anticiper la reprise du pouvoir par les consommateurs et citoyens sur leurs usages et données.
- Adopter des approches ouvertes d'alliances et de partenariats afin de peser sur le marché, face aux mastodontes que peuvent être les GAFAM et BATX.
- Croiser les visions au-delà des secteurs traditionnels et disposer d'une vue holistique, afin d'initier et d'accélérer les mutations techniques, métiers et économiques.



En termes de valeur, le potentiel du marché est gigantesque et devrait continuer à croître rapidement. Les dépenses en IoT dans le monde devraient ainsi atteindre les 920 Mds€ en 2022, avec une croissance moyenne annuelle de l'ordre de 11 % sur 2019-2022 (issue de l'analyse BearingPoint³). Le B2B représente la majeure partie des dépenses (86 %), pour seulement 14 % pour le B2C (95Mds€ pour 2019).

Dans le secteur tertiaire (smart building), tout comme le secteur résidentiel (smart home), l'IoT est déjà une réalité qui devrait poursuivre sa croissance. Concernant le smart building, le marché mondial est estimé à près de 28 Mds€ en 2022, avec une croissance annuelle moyenne de 33,7 % sur la période 2019-2022.

Dans le secteur public, le marché de la smart city en France est estimé à 2 Mds€ en 2019. Ce marché devrait croître de 9 % par an et dépasser 2,5 Mds€ en 2022. En termes de use-case, d'ici 2022, l'éclairage intelligent, les smart grids et le smart building représenteront 2/3 de la valeur. Cela s'explique entre autres par des ROI plus facilement démontrables, notamment pour l'éclairage intelligent qui peut permettre de réaliser des

³ BearingPoint, «IoT France 2019 : Décryptage d'une révolution», 2019.

économies en cumul LED et pilotage au-delà de 90 % comparé à un éclairage classique. Ces économies peuvent être d'autant plus marquées lorsqu'il s'agit de zone peu fréquentée, à l'image des territoires ruraux.

3 ■ IMPACT DE LA DIGITALISATION SUR LES ORGANISATIONS

L'internet des objets est un sujet par essence transverse. Il faut dépasser la logique des silos métiers, pour combiner, interpoler ou traiter les données complexes spécifiques à un métier similaire ou non, ou à des projets.

Le fonctionnement de l'IoT perturbe donc les organisations des collectivités et des entreprises, en particulier dans les grandes collectivités organisées sur la base de silos métiers très affirmés. Deux approches semblent avoir été retenues par les collectivités : l'approche en silos et l'approche transversale.

Des collectivités ont choisi de bouleverser leur organisation pour créer un service responsable de l'ensemble de la politique numérique et Smart Building. Ce service a alors en charge l'ensemble des missions relatives au projet numérique et d'internet des objets, modifiant ainsi profondément le fonctionnement de la collectivité. Les métiers sont dépassés pour axer les travaux sur le projet de numérisation.

De même, les filières de l'éclairage s'organisent grâce aux associations professionnelles (SBA - AFE) mais aussi avec l'apparition de pôles de compétitivité (comme le Cluster Lumière) qui permettent aux entreprises de s'informer sur toutes ces nouvelles technologies et de mieux maîtriser l'évolution de leur secteur. La filière crée également de nouveaux types de formations : ainsi, le campus des métiers et des qualifications « Lumière intelligente et solutions d'éclairage durable » fédère un réseau d'établissements secondaires et supérieurs pour proposer des parcours de formations menant aux métiers liés à la lumière et l'éclairage. A tout niveau de formation, des

modules lumière-éclairage se mettent progressivement en place dans les formations d'électrotechnique, de génie électrique, de systèmes numériques, de microtechnique, de design.

4 ■ PERTINENCE DE L'ÉCLAIRAGE COMME OUTIL DE DIGITALISATION

L'éclairage est une infrastructure unique par sa densité, son omniprésence, sa stabilité dans le temps et l'uniformité de sa répartition dans nos espaces de vie.

- **Dans les bâtiments**, on compte 1 point d'éclairage tous les 5 à 8 m² pour une durée de vie opérationnelle typique de 15 à 20 ans.
- **Dans les espaces urbains**, on compte 1 point d'éclairage tous les 10 m pour une durée de vie opérationnelle typique de 30 ans.

Ces points d'éclairage fournissent une source d'alimentation électrique stable voire secourue et une solution de connectivité idéale pour distribuer de l'IoT dans les espaces.



Une nouvelle notion apparaît alors : « **Light As A Service** » : l'éclairage en tant que service est un modèle de prestations dans lequel l'éclairage est facturé sur une base d'abonnement plutôt que via un paiement unique.

Les projets de Light As A service, visent à moderniser les systèmes d'éclairage en incluant la conception, la construction, l'exploitation et la maintenance de nouvelles installations d'éclairage pilotées, sans investissement initial du client. Le client n'achète plus un produit mais une solution complète.

5 ■ DÉSILOTAGE ET INTÉGRATION DES DIFFÉRENTES INFRASTRUCTURES ET DES SYSTÈMES DE DONNÉES

Lorsqu'on parle de moderniser la ville, on travaille généralement métier par métier : les déchets, le stationnement, l'éclairage, les bâtiments... Mais la ville d'aujourd'hui et surtout celle de demain tend à modifier cette vision d'une ville fragmentée, pour créer des synergies entre les différents services. Il faut donc penser global et non plus métier, et il faut imaginer dès aujourd'hui ce que sera la collectivité de demain, pour ne pas se retrouver bloqué dans des systèmes fermés qui ne sauront pas évoluer.

Créer des synergies n'est pas le seul but du désilotage. Il permet également d'améliorer l'attractivité de la ville, les services aux citoyens et le confort urbain tout en faisant des économies d'énergie. L'intégration des différentes structures permettra des économies d'infrastructures (un seul poste de supervision par exemple) et une multiplication des services apportés aux citoyens.

Il faudra bien évidemment gérer toutes ces données, les rendre utiles, les rendre accessibles (avec des applications pour les usagers par exemple), veiller à leur sécurité. Leur collecte sera un formidable point de départ pour s'adapter aux nouveaux besoins de la ville. L'analyse de ces données devra également permettre d'anticiper les événements pour prendre les bonnes décisions.

La collecte de ces données pose également de nombreuses questions : est-ce que la ville peut gérer ses propres données ou doit-elle le sous-traiter ? La ville doit-elle les rendre accessibles gratuitement ou les valoriser pour pouvoir amortir les investissements ? Dans ce dernier cas, auprès de qui ? Le recul aujourd'hui n'est pas suffisant par rapport aux différentes expériences connues et chaque collectivité devra se poser les bonnes questions au sujet de la monétisation de ses données. Si ces projets sont souvent déjà bien lancés dans les grandes métropoles comme

Dijon avec le projet ONDijon de métropole intelligente connectée, les projets « smart » sont aussi réalisables dans les petites et moyennes collectivités. Leur but premier est généralement de faire des économies d'énergie, mais au fil des projets, les collectivités s'aperçoivent de la puissance du désilotage, s'il a été bien pensé au démarrage. D'où l'importance d'établir une feuille de route sur le long terme et de faire des opérations pilote avant tout déploiement pour valider les concepts. Dans le Guide smart City 2018 proposé par la banque des Territoires, les collectivités pourront trouver des pistes pour lancer leurs projets avec une méthodologie concrète pour arriver à ce désilotage, source d'économies d'énergie.

En savoir plus : <https://www.banquedesterritoires.fr/smart-city-linnovation-pour-une-ville-intelligente>

6 ■ MUTUALISATION DES INFRASTRUCTURES & INTEROPÉRABILITÉ - SOURCE DE DONNÉES POUR LE BIM.

Pour pouvoir devenir encore plus pertinente, l'infrastructure de l'éclairage doit être en capacité d'intégrée aux autres infrastructures du bâtiment ou de la ville et surtout pouvoir interopérer pour communiquer librement avec les autres éléments.

L'interopérabilité est la capacité que possède un système à fonctionner avec d'autres, existants ou futurs, sans restriction d'accès ou de mise en œuvre.

Il convient de distinguer « compatibilité » et « interopérabilité » qui sont souvent confondus.

Deux systèmes sont compatibles si leurs constructions respectives leur permettent d'obtenir un résultat équivalent.

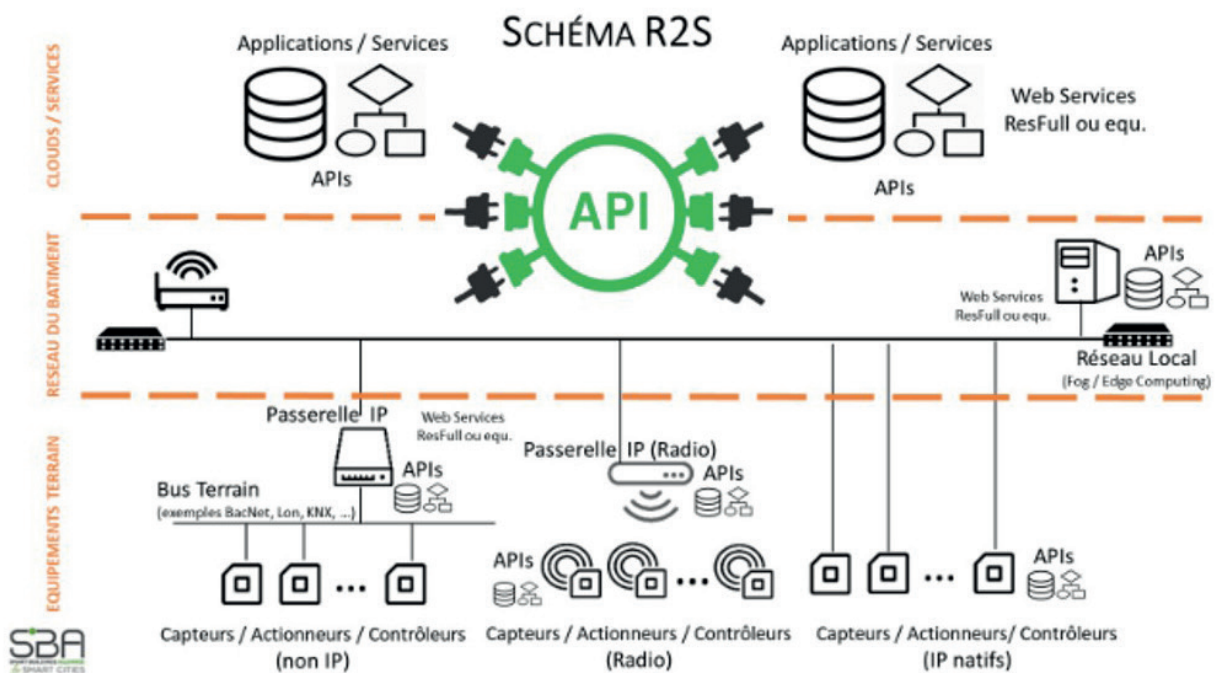
Les deux systèmes deviennent interopérables si leurs interfaces permettent des échanges sans modification matérielle. Les éléments des deux systèmes peuvent être produits par des constructeurs différents. L'idée la plus simple consiste à définir une interface matérielle ou logicielle que chacun va respecter, pour assurer que les systèmes puissent être utilisés ensemble.

EXEMPLES :

Des contrôleurs au point lumineux interopérables en éclairage public permettront d'utiliser des produits de constructeurs différents sur la même ligne

d'éclairage public car les deux produits pourront s'interfacer sans aucune passerelle ou modification matérielle.

Supposons que les produits soient compatibles, il est alors possible de les faire communiquer à un niveau plus élevé (au niveau du serveur par exemple). Une interface en informatique (Application Programming Interface) définira, dans un premier temps le questionnement entre les deux systèmes et leurs réponses puis, dans un second temps les données échangées. Dans ce cas, les API permettront donc, de faire communiquer les produits entre eux.



Source SBA

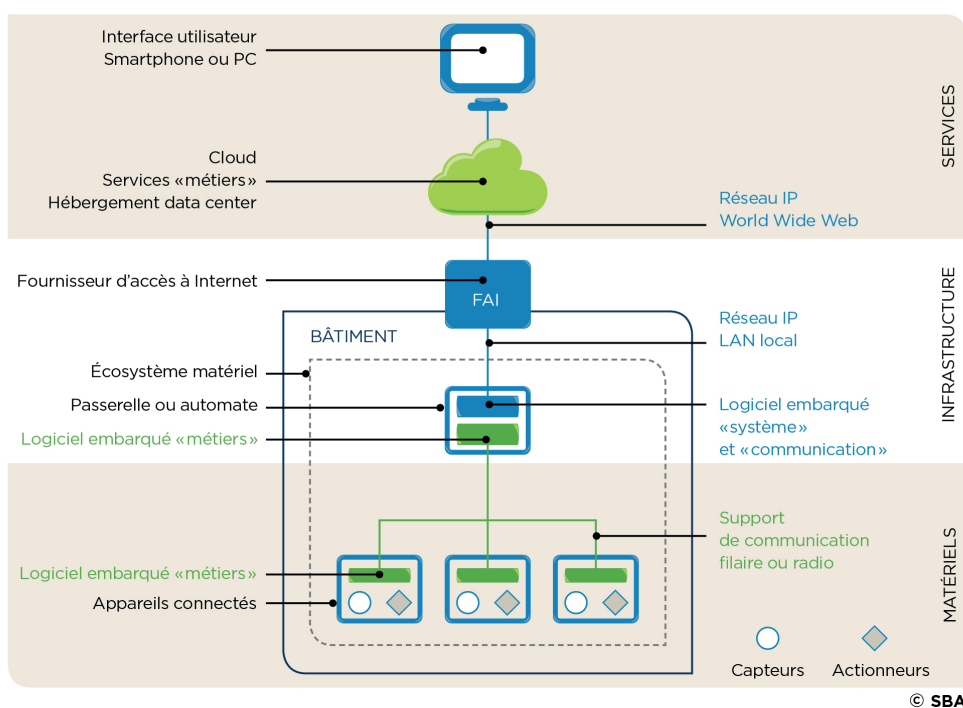
Au niveau du bâtiment, dans son approche R2S-Ready2Services, la SBA a défini trois couches indépendantes. Elles offrent au bâtiment une grande flexibilité et évolutivité en dissociant la couche applicative (les services), la couche communication (l'infrastructure réseaux du bâtiment) et la couche des écosystèmes matériels (les équipements).

Le modèle R2S pose la règle d'interchangeabilité de chaque couche, sans modification des deux autres, afin qu'un service n'impose pas un écosystème matériel ou une infrastructure réseau dédiée et réciproquement. Ainsi ces trois couches communiquent, interagissent, échangent des données qui convergent via le Réseau Smart du bâtiment.

Le Label R2S-Ready2Services privilégie les moyens techniques destinés à assurer des communications performantes et l'interopérabilité des systèmes, en intégrant des protocoles communs (IP-Internet Protocol-) et des services dotés d'APIs (Interfaces de programmation) ouvertes.

Les interfaces choisies au sein du bâtiment connecté permettent aux fonctions de pilotage et aux informations d'être accessibles à l'intérieur comme à l'extérieur du bâtiment. La sécurité numérique est le corollaire de ce principe d'ouverture : protection des données, résilience et sécurité informatique.

**Schéma technique
d'une architecture R2S**



Source SBA

L'installation de ces équipements de terrain, au sein même des luminaires, permettra donc de digitaliser entièrement le bâtiment et multiplier les services rendus aux exploitants ou aux occupants.

EXEMPLES :

- Les capteurs de présence et de luminosité, en plus de générer d'importantes économies d'énergie, fourniront de précieuses données sur l'utilisation des espaces, qui seront réutilisées par des services de réservation de salles de réunion ou d'optimisation de nettoyage.
- Les informations d'usage et de consommation recueillies sur chaque luminaire faciliteront la maintenance et alimenteront les bases de données de tout système d'informations.
- Les capteurs de présence équipé de Bluetooth BLE peuvent être utilisés pour des services de géolocalisation ou le géoguidage, pour remonter des informations issues d'autres équipements BLE ou tout simplement pour piloter son éclairage depuis son smartphone.

Au niveau de l'éclairage extérieur, il n'existe pas à l'heure actuelle de label de référence identique au R2S en intérieur. Toutefois, des protocoles interopérables tels que le LonWorks® en courant porteur, le LoRaWAN ou le ZigBee en radio, permettent cette interopérabilité des systèmes au niveau du terrain. De même pour les superviseurs, des initiatives telles que le consortium TALQ se créent pour renforcer, si ce n'est l'interopérabilité, au minimum la compatibilité des systèmes.

Si la digitalisation des bâtiments est largement en route avec des systèmes tels que le BIM, (qui permet de modéliser les bâtiments et de partager des informations tout au long de la vie de celui-ci), l'éclairage extérieur est encore un peu à la peine. Il existe

aujourd'hui des SIG (Système d'Information Géographique) et GMAO (Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur) qui permettent des inventaires des points lumineux, un suivi du parc et de la maintenance. L'utilisation renforcée de ces outils permet aujourd'hui de mieux référencer le matériel, avec des correspondances d'une marque à l'autre, premier pas vers la compatibilité.

Néanmoins, quel que soit le système utilisé, il est indispensable aujourd'hui de pouvoir récupérer les données, et faciliter la maintenance, sans être tributaire d'un seul type de matériel.

7 ■ EVOLUTIVITÉ DES INFRASTRUCTURES

Les infrastructures sont aujourd'hui confrontées à une évolution inéluctable pour répondre aux nouveaux besoins et attentes. L'infrastructure d'éclairage n'est plus seulement un apport de lumière. Elle permet, grâce à la technologie, de devenir l'un des acteurs essentiels du smart building ou de la smart city.

Attention cependant : si l'évolutivité est indispensable, il est nécessaire de faire les bons choix. Le choix du roi serait évidemment des produits utilisant des technologies récentes, mais éprouvées, des solutions utilisant des standards communs à tous les fabricants, et des produits évolutifs dans le temps. Il faut donc répondre à une équation complexe puisque la standardisation vient souvent après la validation dans le temps d'une technologie ; et attendre n'est pas forcément la bonne solution.

Il est indispensable de se poser les bonnes questions avant de se lancer :

- Quel est exactement mon besoin aujourd'hui et quel pourra-t-il être demain ?
- Ai-je réellement les moyens humains, techniques et financiers pour telle technologie innovante ?
- Si je n'utilise pas cette technologie inno-

vante, quelles seront les conséquences de l'utilisation d'une technologie ancienne ?

- Quel sera le support dont je pourrai bénéficier pour m'accompagner ?
- Que se passe-t-il si je ne fais pas évoluer mon infrastructure ?

8 ■ SÉCURITÉ - CYBERSÉCURITÉ

Lorsqu'on parle de données, il est indispensable d'apporter une attention particulière à leurs sécurités.

Les risques liés à l'IoT dans le contexte du B2B sont aussi dépendants de l'usage de l'objet. Ils sont à la hauteur des bénéfices attendus.

Les risques les plus importants sont liés à la criticité des tâches confiées à des objets connectés (par exemple, le contrôle

commande d'un système cyber physique). Une perturbation du fonctionnement via une attaque ou un virus pourrait alors avoir un impact sur le fonctionnement d'un processus industriel ou sur la sécurité des biens et des personnes.

La sensibilité des usages de l'IoT et la volumétrie importante de certains types d'objets va augmenter l'intérêt des attaquants à développer des virus et identifier des vulnérabilités sur ce type de technologies. Les attaques sont à l'heure actuelle à leur prémisses car l'usage de l'IoT est encore faible ou sur des usages peu intéressants pour des attaquants. Ces attaques sont cependant en très forte croissance, le nombre de malwares identifiés sur le périmètre de l'IoT a été multiplié par 40 sur ces trois dernières années (voir figure 2)

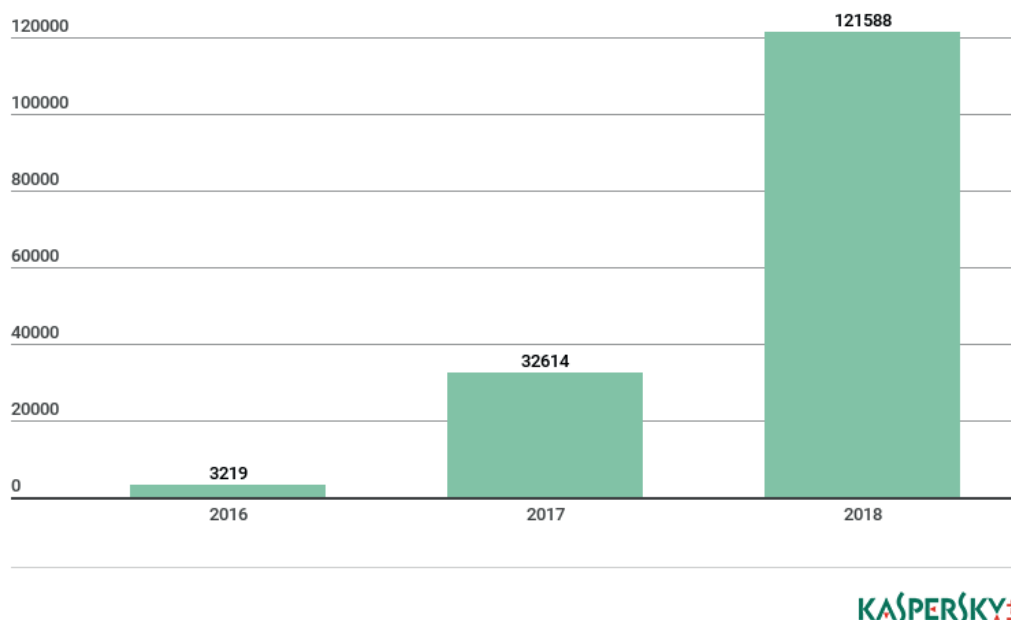


Figure 2. Nombre de malware identifié par an sur le périmètre des objets IoT ⁴
Source Kaspersky

⁴ <https://securelist.com/new-trends-in-the-world-of-iot-threats/87991/>

Afin de répondre à la problématique de cybersécurité dans l'IoT, il faut s'intéresser aux différentes interfaces pouvant servir de vecteurs à des attaques comme celles illustrées dans la figure 3.

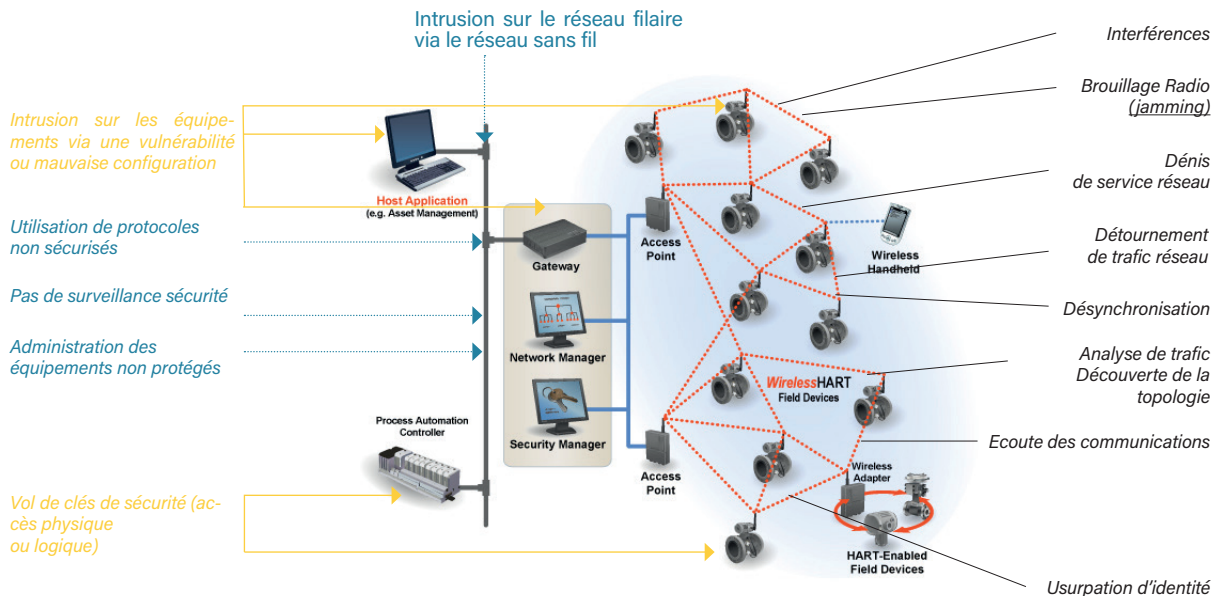


Figure 3. Risques de sécurité inhérents aux communications sans-fil dans l'IoT

Pour ce faire, il est important d'assurer la sécurité des éléments suivants :

- La sécurité de l'objet qui se traduit par la sécurisation des différentes couches, matérielles et logicielles, de l'objet.
- La sécurité des communications.
- La sécurité des infrastructures distantes. Ces infrastructures de type Cloud permettent l'agrégation des données issues des différents objets en vue de leur exploitation par des services. Des solutions commerciales pour assurer la cyber sécurité de ces infrastructures existent.

9 ■ PROPRIÉTÉ DES DONNÉES / RGPD

La collecte de toutes ces données ouvre de nouveaux débats concernant la propriété de ces données et de leur utilisation.

Aujourd'hui, l'Europe est bien couverte dans ce domaine avec le Règlement Général sur

la Protection des Données, appelé RGPD, texte de référence européen en matière de protection des données à caractère personnel. Il est applicable depuis le 25 mai 2018 par toutes les entreprises, quelle qu'en soit la taille, au périmètre mondial et ce, dès que des données traitées concernent un habitant de l'Union Européenne.

Il convient donc, d'être conscient de ces problématiques et de se pencher sur le sujet dès la collecte de l'information. Mais le client achète un service et le maître d'ouvrage le réalise : c'est donc au maître d'ouvrage à se conformer au RGPD et de prouver qu'il le fait.

Dans un monde auparavant fermé, les risques n'étaient souvent qu'internes. Dans un monde connecté, ils sont dorénavant multi directionnels et le RGPD donne toutes les clefs pour que cette collecte de données soit sécurisée et respecte les droits des clients / consommateurs.

MISE EN PERSPECTIVE DES OPPORTUNITÉS / USAGES INTÉRIEURS

1 ■ PRINCIPES

L'utilisation de capteurs (et non de détecteurs qui ont un usage unique) permet la collecte de données exploitables à plusieurs niveaux.

La détection de présence permet de piloter l'éclairage mais donne aussi des informations d'occupation des espaces. Plus il y a des capteurs et plus la granularité de collecte de données sera grande et donc apportera un niveau d'analyse plus précis. Ceci permettra également un pilotage des luminaires beaucoup plus fin.

Ces capteurs peuvent également avoir une fonction de mesure d'apport de lumière naturelle nécessaire à la régulation du niveau de puissance du luminaire.

L'association des données de présence et de mesure d'apport de lumière naturelle permettra d'obtenir un certain niveau d'économies d'énergie mais aussi un maintien optimal du confort.

D'autres fonctionnalités associées aux capteurs pourraient nous permettre d'aller encore plus loin, comme par exemple l'option de géolocalisation.

L'analyse issue de ces deux uniques données permettra :

- De piloter l'éclairage.
- Optimiser les consommations d'énergie (par le pilotage/ preuve par la mesure).
- De prouver les heures d'éclairement (heures d'utilisation).
- De transmettre les consommations d'énergie des luminaires (suivant la technologie choisie).
- D'améliorer le confort des occupants (personnalisation / individualisation des espaces).

- L'analyse d'occupation des espaces à la pièce près (juste utilisation des espaces).
- De faire de la maintenance prédictive notamment en suivant l'utilisation des luminaires en fonction de leur caractéristiques techniques (la mesure de température est un plus car elle permet de suivre l'utilisation et surtout le comportement du luminaire lors de son utilisation).
- D'informer les occupants sur l'utilisation du bâtiment en dehors des heures d'occupation pour des questions de sécurité (détection d'intrusion hors plage définie).
- De compléter les informations sur un aspect sécuritaire (présence sur site, localisation sur plan).

L'analyse des données devra cependant prendre en compte le "métier" (retail, industrie,...).

CAS CONCRET :

Mise en place d'un système de capteurs dans un hôpital

Objectifs :

- Améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment,
- Analyser l'occupation des espaces (salles d'attente, salles opératoires, ...)
- Géolocaliser le matériel médical (chaises roulantes, lits...).

CE PROJET A PERMIS DE :

- Réaliser 80 % d'économies d'énergies grâce au pilotage des luminaires.
- Comprendre l'utilisation et l'occupation du bâtiment.
- Mettre en place un système de géolocalisation des assets (chaises roulantes, lits, ...) et donc d'obtenir un gain de temps non négligeable au personnel médical.

2 ■ SOUS-UTILISATION DES ESPACES : DIGITALISATION

Comme vu précédemment, un bon système d'éclairage intérieur doit être piloté par un capteur de présence pour veiller à n'allumer que des espaces occupés. La réglementation française reflète cette obligation. Dans son arrêté du 22 mars 2017, elle impose l'usage d'un dispositif d'extinction automatique de l'éclairage lors de la rénovation de l'éclairage des bâtiments tertiaires.

Les capteurs mesurent donc en temps réel l'occupation des locaux. La connexion de ces capteurs à un système d'information, permet d'obtenir une compréhension très fine de l'utilisation spatiale et temporelle des bâtiments.

La mesure systématique de l'occupation des bâtiments démontrent leur sous utilisation frappante. Aux heures d'ouverture classiques, un bâtiment de bureaux moyen en France est vide 50 % du temps !

MISE EN PERSPECTIVE DES OPPORTUNITÉS / USAGES EXTÉRIEURS

■ Economies d'énergie (preuve / mesure)

Rationaliser l'éclairage public est souvent un point d'entrée spontané des communes dans les thématiques « intelligentes » - notamment pour les petites et moyennes communes. On peut distinguer la mutation vers l'éclairage basse consommation (LED par exemple) et le fait de rendre "connectées" les sources lumineuses.

Rajouter un détecteur de présence, par exemple, permet d'adapter l'éclairage aux usages.

La télégestion en temps réel des infrastructures lumineuses permet au prestataire d'assurer un suivi des consommations en quasi temps réel.

■ Optimisation de la maintenance (prédictive)

L'internet des objets peut tout d'abord aider à réaliser des économies de fonctionnement et améliorer la qualité d'un service métier donné. Il s'agit d'optimiser les processus de suivi, de contrôle et d'entretien de la ville dont, entre autres, l'éclairage urbain. La télégestion des installations d'éclairage s'appuyant sur les équipements d'éclairage connectés (LED, driver...) apporte également les informations remontant des équipements sur leur état de fonctionnement, leur vétusté... Les opérations de maintenance et le pilotage à distance sont ainsi optimisés et assurent une meilleure maîtrise et adaptation du fonctionnement des installations.

■ Villes servicielles = augmentation de la valeur d'usage

Ainsi, parallèlement à ces concepts de "ville intelligente" liés à l'énergie, l'éclairage, les déchets, la circulation automobile, l'environnement dans sa globalité, l'idée de ville intelligente peut aussi être déclinée en "Safe City" : une ville qui rend un service de sécurité dans l'espace public à ses citoyens grâce à la vidéo-surveillance ou des capteurs sur le terrain. La collectivité peut aussi se saisir, de façon plus originale, du thème du contrôle de la qualité de l'air ambiant et des nuisances sonores par exemple.

■ Mutualisation des infrastructures, outil de collecte des données

La ville des Mureaux (78) possède plus de 70 kilomètres de voies et 4 300 points d'éclairage public. Elle a décidé d'utiliser des solutions de télégestion de l'éclairage public au point lumineux pour faire des économies d'énergie, rationaliser sa maintenance et adapter la lumière aux besoins des usagers. Mais la ville va encore plus loin en utilisant le réseau d'éclairage public comme la colonne vertébrale de sa ville intelligente. Avec la solution choisie, le réseau peut être alimenté 24 heures sur 24 et propose ainsi un réseau électrique disponible sur toute la ville pour d'autres usages, l'éclairage étant coupée en

journée grâce aux contrôleurs d'éclairage au point lumineux. Tout type de matériel demandant de l'énergie électrique installé sur l'espace public peut être connecté sur ce réseau. Par exemple : des terminaux d'information pour les usagers des transports, des caméras vidéo urbaines, des radars éducatifs, des panneaux d'auto-partage, des panneaux publicitaires à défilement, des panneaux permettant la gestion du stationnement. La ville économise beaucoup de travail d'ingénierie, et donc limite les investissements en travaux publics.

▪ **Interopérabilité avec les capteurs et sources de données + Equipements urbains dynamiques**

Pour permettre à l'internet des objets de devenir une réalité, c'est-à-dire le développement de véritables réseaux d'objets connectés communiquant entre eux, une certaine interopérabilité est nécessaire. Contrairement au secteur de la téléphonie mobile, les objets connectés - sauf pour quelques cas particuliers (ex : le traçage d'un container envoyé par bateau par exemple) - sont pour la plupart fixes. Les enjeux d'interopérabilité sont donc d'une autre nature. Ils sont à appréhender sur deux plans distincts : les couches basses et les couches hautes. En d'autres termes, il s'agit de considérer d'une part la capacité des objets connectés à être interopérables, et d'autre part l'interopérabilité au niveau du traitement de la donnée. Selon les acteurs considérés, l'interopérabilité ne représente pas le même enjeu. Les usagers des systèmes IoT (collectivités, citoyens) ont tout intérêt à avoir un niveau maximal d'interopérabilité. Cela leur procure en effet plus de sécurité, par exemple en diminuant le risque d'obsolescence technologique ou d'enfermement propriétaire pour les collectivités, ou en assurant un meilleur contrôle de la collectivité ou de l'utilisateur sur la donnée. Elle est, par ailleurs, vue par le régulateur comme un gage de fluidité du marché, en permettant de réduire les coûts de changement.

A l'inverse, forcer une interopérabilité et une standardisation du marché trop tôt risque

de freiner l'innovation. Le marché de l'IoT est actuellement dans cette phase "grise" de marché émergent, dans laquelle l'innovation est primordiale pour son essor. Un manque d'interopérabilité pourrait limiter à terme son développement.

(Source AO Dijon, Angers ou Aix-en-Provence)

▪ **Sécurité des personnes : intégration avec la vidéosurveillance**

Parmi les besoins remontés par les communes, la lutte contre les incivilités et la sécurité apparaissent fréquemment. De nombreuses communes installent ainsi des dispositifs de télésurveillance : caméras connectées par la fibre (étant donné le débit nécessaire pour supporter le flux vidéo) ou enregistrant les images et qui peuvent être visionnées par la suite si besoin (notamment pour les petites et moyennes communes disposant de peu d'agents).

L'EXEMPLE DE SAINT-AMAND MONTROND :

À Saint-Amand Montrond (dans le Cher), un système de vidéoprotection permettant d'identifier, à posteriori, par la visualisation des enregistrements, les auteurs d'actes d'incivilité ou de délits et de réprimer les actes de délinquance locale, a permis d'atteindre un taux d'élucidation des actes d'incivilité ou de délinquance de 67 %, très largement supérieur à la moyenne nationale. De plus, les frais de réparation directement dus à des actes de dégradation sont passés d'une plage de 25 000/40 000 euros par an à 1 500/2 000 euros par an seulement. La vidéoprotection installée est donc déjà en phase de retour sur investissement.

▪ **Qualité de l'air extérieur :**

L'objectif poursuivi, en équipant l'espace urbain de capteurs de qualité de l'air, est d'informer les citoyens sur la qualité de l'air qu'ils respirent, sur le modèle d'un service public, sans espérer de rentrées monétaires à court terme. Les conséquences des choix

d'aménagement sur la pollution ambiante peuvent également être estimées, par un dispositif de mesure suffisamment précis. Cette estimation peut constituer un outil d'aide à la décision, voire d'évaluation de choix de politiques publiques a posteriori.

Des problématiques peuvent advenir si la collectivité choisit d'encourager le déploiement de capteurs de qualité de l'air connectés, dans le but d'afficher l'information en temps réel, notamment pour les grandes villes où la qualité de l'air est globalement mauvaise.

QUELQUES EXEMPLES :

- À Saint-Amand Montrond, une centaine de capteurs mobiles de qualité de l'air à l'extérieur ont été déployés.
- À Grenoble, dix micro capteurs ont été placés sur les tramways pendant trois mois à titre expérimental afin de repérer des épisodes de pollution ponctuelle aux particules fines, de diamètre inférieur ou égal à 10 µm et à 2,5 µm – expérimentation GreenZen Tag.

▪ Nuisances sonores : une possible remontée de données collaboratives

Au-delà de la qualité de l'air, les nuisances sonores peuvent être contrôlées par la collectivité afin de préserver une qualité de vie aux habitants.

QUELQUES EXEMPLES :

- A Saint-Amand Montrond, une application collaborative téléchargée par les citoyens leur permet d'enregistrer un niveau sonore, transmis automatiquement aux services de police de la ville si celui-ci est anormalement élevé, afin d'identifier rapidement la source du problème.
- A Nice, dans l'Eco-Cité de la Plaine du Var, une expérimentation analogue est en cours aux abords de bars.
- L'expérimentation de la place de la Nation à Paris a permis d'identifier des "signatures" de bruit propres à certains jours, grâce aux mesures des sonomètres, sans qu'une réelle corrélation entre flux de véhicules et niveau sonore soit établie.
(Etude de l'Ecole des Ponts)

OPPORTUNITÉS ET IMPACTS COLLATÉRAUX DE LA RÉNOVATION MASSIVE DE L'ÉCLAIRAGE PAR DES SOLUTIONS DIGITALES

La transition vers une mobilité électrique est une opportunité pour réduire significativement notre empreinte environnementale mais est limitée par la capacité et la croissance nécessaire des systèmes de production et des réseaux électriques.

L'accélération des mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments est probablement la meilleure des solutions pour résoudre ce dilemme.

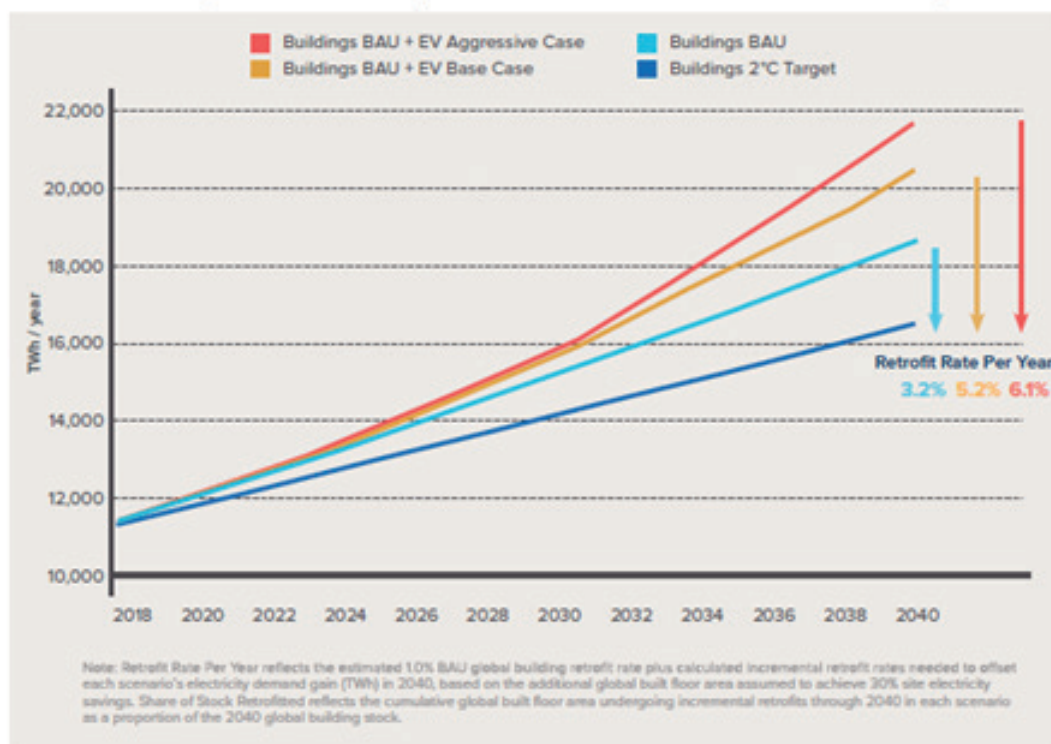
En augmentant le taux de rénovation énergétique global des bâtiments, actuellement de 1 % par an, à 5 % en s'appuyant sur des solutions matures et financièrement attractives comme la rénovation de l'éclairage, il est possible d'atteindre au moins 30 % d'économies d'énergie. Cet objectif permet l'introduction de 550 millions de véhicules électriques jusqu'en 2040 sans augmenter la capacité de production installée tout en respectant l'ambition climatique $< 2^{\circ}\text{C}$ de l'accord de Paris !



La réalisation de ces objectifs nécessite une politique soutenue dans laquelle la rénovation énergétique des bâtiments est indispensable pour atteindre les objectifs climatique, pour l'adoption des véhicules électriques, l'augmentation des énergies renouvelables et la flexibilité des réseaux.

La rénovation de l'éclairage est la façon la plus rapide et la plus économique de réduire significativement les consommations électriques des bâtiments.

Exhibit 5: Building Retrofit Rates Required to Offset EV Demand and Meet 2°C Targets



Source: Energy-Efficiency-and-Electric-Vehicles-2018 - BY AMY EGERTER, GREG HOPKINS, JAMIE MANDEL & HARRY VERHAAR

RETOUR D'EXPÉRIENCES, TÉMOIGNAGES, CAS CONCRETS (PRATIQUE, RÉEL)

1 ■ RETOUR D'EXPÉRIENCES - ÉCLAIRAGE INTÉRIEUR

« Nos activités, en particulier dans la distribution et la logistique contractuelle sont dépendantes d'actifs immobiliers performants et durables.

Ce besoin nous a conduit à rechercher, avec les équipes de la direction immobilière, les solutions utiles pour rendre nos actifs d'exploitation plus efficaces, plus intelligents mais aussi plus respectueux de l'environnement. »
Secrétaire général du groupe GEODIS

« Nous avons retenu un système d'éclairage intelligent et évolutif. Il est asservi à un système informatique performant nous permettant de développer d'autres applications, notamment l'installation intérieure de nos entrepôts, ce que nous appelons le Space Planning (la géolocalisation de nos biens à l'intérieur des entrepôts) et également optimiser la climatisation, la ventilation et le chauffage.

« L'installation est composée de 1 250 luminaires et de 1 000 capteurs. La mise en ser-

vice des capteurs/paramétrage peut se faire en quelques clics sur l'interface. Ensuite, notre équipe est capable après 1 heure de formation, de réaliser l'ensemble des profils d'éclairage. »

Directeur de site

Quels sont les bénéfices du système d'éclairage connecté ?

1. Le système apporte un confort visuel incomparable. Lors de la première mise en fonctionnement du système, lorsque le chef de quai a mis en marche le système, on a eu le droit à un « WAHOU » général des équipes de quais. L'allumage des éclairages se fait de façon automatique. Il ne se fait que si on en réellement besoin, en fonction de la présence. On n'est jamais dans l'obscurité.
2. la diminution de l'empreinte carbone, par la diminution de la consommation d'énergie de 90 %.
3. le développement de la géolocalisation des biens sensibles à l'intérieur de l'entrepôt et la définition de zones restreintes sensibles afin de savoir en permanence l'emplacement et le suivi de nos biens sensibles, notamment les biens de luxe.

DDRSE, En charge du programme

2 ■ RETOUR D'EXPÉRIENCES - ÉCLAIRAGE EXTÉRIEUR

« En connectant les luminaires d'éclairage public dans plus de 130 communes de la Nièvre, le Syndicat Intercommunal d'Energies, d'Équipement et d'Environnement de la Nièvre, offre aux communes une solution pérenne et peu coûteuse qui permet de maintenir les installations, de mesurer en permanence les économies d'énergie réalisées (-50 %), en réduisant très significativement les déplacements dans un large périmètre. Cette opération renforce l'attractivité du territoire en permettant d'adapter la mise en valeur du patrimoine aux différentes manifestations culturelles ou sportives.

La solution d'éclairage connecté a contribué à l'obtention de la labellisation TEPCV « Territoire à Energie positive pour la croissance verte » par le ministère de la transition écologique et solidaire. Comme quoi, un territoire rural peut rejoindre le concert des grandes collectivités. »

Guy Houcabie Président du SIEEEN - le Syndicat Intercommunal d'Energies, d'Équipement et d'Environnement de la Nièvre

Lien vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=llcWHWFB2ls>

CONCLUSION

L'éclairage représente une infrastructure unique par sa densité, son uniformité et sa stabilité. Il collecte des données pour comprendre et améliorer l'usage des espaces.

Sa rénovation, attendue dans les 5 à 10 prochaines années, est une fantastique opportunité pour accompagner la montée en puissance attendue des objets et services connectés à l'ère de l'Internet 3.0 : celui des Objets, ou autrement dit de l'« IoT », acronyme de Internet Of Things.

L'IoT va permettre de nouveaux et de meilleurs usages de nos espaces.

Pour les entreprises, c'est autant de leviers pour accroître leurs revenus, améliorer l'expérience et la proximité des clients comme des salariés, tout en réduisant les coûts de fonctionnement. Pour les acteurs publics, c'est l'opportunité d'améliorer les services proposés aux citoyens et usagers, tout en réalisant des économies sur les coûts de fonctionnement, et dégager ainsi des marges de manœuvre financières permettant de s'inscrire à nouveau dans un cercle vertueux de qualité de service.





Photo page de couverture et gabarit : © Freepik

Dans la même collection,

« La révolution LED »

La révolution technologique de la LED est une opportunité unique d'accélérer significativement la transition digitale et environnementale de notre parc immobilier, de nos espaces urbains et de tous nos espaces de vie en général.

La rénovation de l'éclairage est l'occasion de plusieurs mutations simultanées :

- **La rénovation de l'éclairage se paye sur les économies d'énergie**, elle permet l'émergence de nouveaux modèles économiques comme l'économie de la fonctionnalité, Lighting as a Service ...
- **L'éclairage est une infrastructure, dense, universelle et stable : elle permet de digitaliser les espaces** en déployant des technologies : capteurs, IoT, Lifi ... qui permettent de nouveaux et de meilleurs usages de nos espaces.
- Enfin, **l'éclairage influence notre expérience et notre bien-être**. Il a un profond impact physiologique et psychologique sur les humains. En rénovant les éclairages de nos espaces de vie, nous pouvons les rendre plus attractifs, plus agréables et tout en répondant à nos besoins de vision.

« Human Centric Lighting - HCL »

L'éclairage influence notre expérience et notre bien-être. Son profond impact physiologique et psychologique sur les humains est chaque jour démontré.

Aussi, en rénovant les éclairages de nos espaces de vie et de travail, nous pouvons les rendre plus confortables, plus attractifs et plus agréables tout en répondant au mieux à nos besoins sanitaires de bonne vision.

Ces guides AFE/SBA sont téléchargeables gratuitement sur le site de l'AFE :

<http://www.afe-eclairage.fr/guides-et-recommandations/guides-afe-sba---la-renovation-de-l-eclairage-82.html>

Collection : Les dossiers de l'AFE

ISBN : 2-85604-054-3



Association française de l'éclairage
17, rue de l'Amiral Hamelin
75116 PARIS

Tél. : 01 45 05 72 00 – Mail : afe@afe-eclairage.fr – Site Internet : www.afe-eclairage.fr