



LA RÉNOVATION DE L'ÉCLAIRAGE,

COMMENT ACCÉLÉRER LA TRANSITION
DIGITALE DU PARC IMMOBILIER ET URBAIN



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.



Ce travail se formalise dans ce document édité par la SBA qui se veut synthétique et généraliste. Chacun des 3 chapitres étant approfondi et détaillé dans 3 livres blancs édités en parallèle par l'AFE: *La Révolution LED, IoT & digital, Human Centric Lighting*.

Ce livret n'aurait 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

Emmanuel François: DIRECTION DE LA PUBLICATION

Alain Kergoat: DIRECTION DES PROGRAMMES

François Darsy: DIRECTION ÉDITORIALE

Dominique Briquet: COORDINATION PROJET

CONCEPTION GRAPHIQUE ET ILLUSTRATIONS © Les 5 sur 5

Imprimé en France. Dépôt légal: mars 2020. ISBN 978-2-95601-758-5 © SBA - Tous droits réservés pour tous pays.

SMART BUILDING & SMART CITY **NE DOIVENT PAS RIMER** AVEC PROJETS GRANDIOSES, CHERS ET COMPLEXES!

Le présent document a pour objectif de montrer comment une rupture technologique, la LED, permet de changer d'échelle dans la dynamique de rénovation des parcs immobiliers et urbains.

Leurs taux de renouvellement classique sont inférieurs à 3%, c'est pour cela qu'il faut plus de 30 ans en moyenne pour renouveler un parc. Cet horizon n'est pas à l'échelle des enjeux des transitions environnementale et digitale.

Dans le même temps, le remplacement de l'éclairage de tous nos espaces de vie a commencé, il sera achevé dans les 5 à 10 ans.

En se renouvelant de 10 à 20% par an, l'éclairage permet d'accélérer la dynamique de rénovation !

Cette opportunité et le rôle très particulier de l'éclairage dans l'**amélioration de l'ensemble du parc immobilier et urbain** repose sur trois piliers :

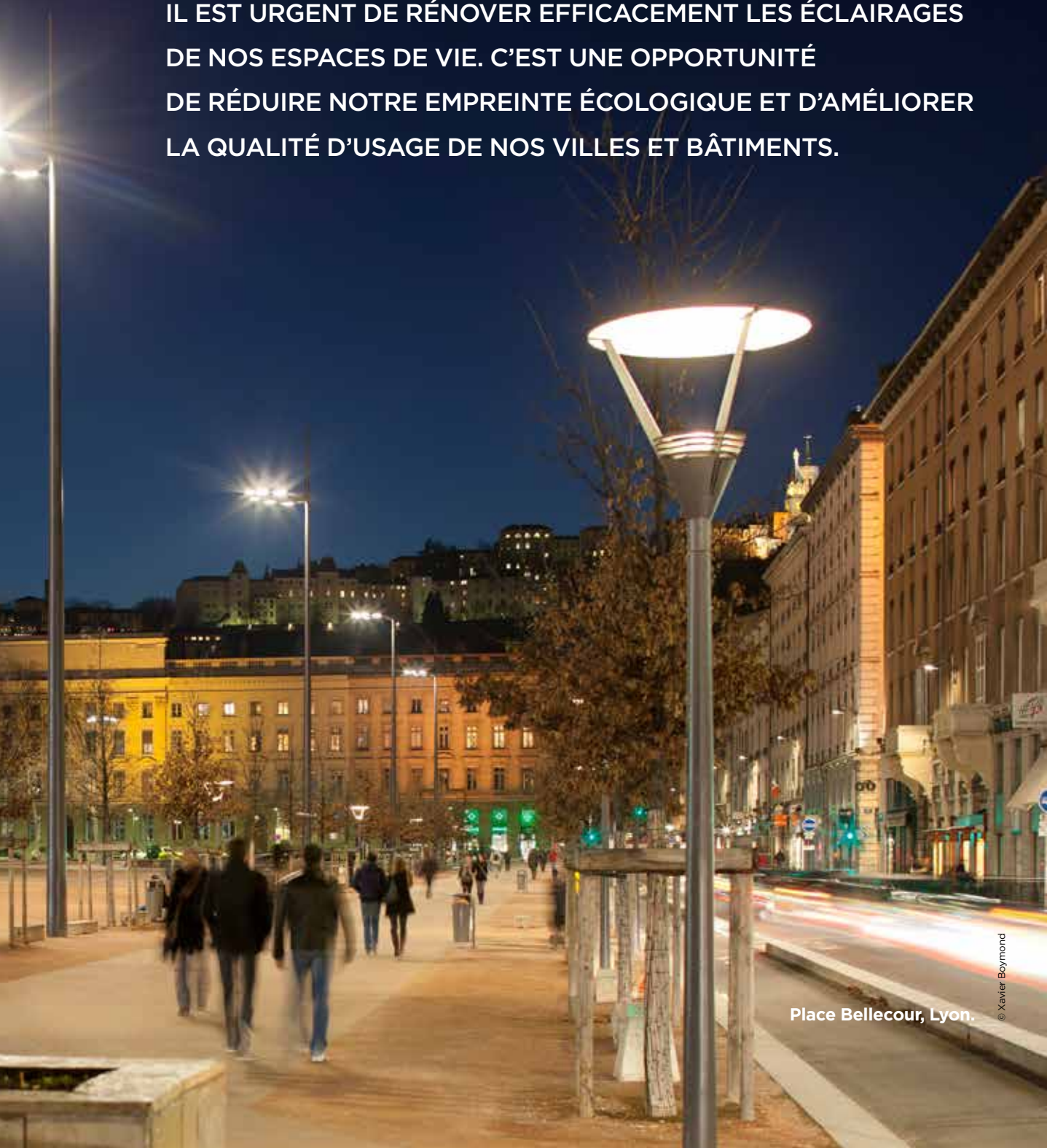
- la révolution LED, une transition technologique majeure accélérée par de nouveaux modèles d'affaires centrés sur l'usage ;
- une infrastructure idéale pour déployer IoT & services digitaux ;
- un élément unique dans son impact psychologique et physiologique sur notre bien-être.

À l'heure où l'urgence de l'action et la nécessité lui donne du sens, nous voulons proposer ici des pistes de réflexion utiles pour faire entrer l'ensemble de nos espaces de vie rapidement dans l'ère du digital et de la responsabilité sociétale des entreprises (RSE).

François DARSY
PRÉSIDENT DE LA COMMISSION SMART LIGHTING

LA RÉVOLUTION LED

IL EST URGENT DE RÉNOVER EFFICACEMENT LES ÉCLAIRAGES DE NOS ESPACES DE VIE. C'EST UNE OPPORTUNITÉ DE RÉDUIRE NOTRE EMPREINTE ÉCOLOGIQUE ET D'AMÉLIORER LA QUALITÉ D'USAGE DE NOS VILLES ET BÂTIMENTS.



Place Bellecour, Lyon.

La révolution de la technologie LED représente 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. En effet, la rénovation des installations d'éclairage est l'occasion de trois mutations simultanées :

- **La rénovation de l'éclairage se finance sur les économies d'énergie réalisées.** Elle permet de s'ouvrir à de nouveaux modèles économiques comme celui de la fonctionnalité, Lighting as a Service (LaaS);

- **L'éclairage se caractérise par une infrastructure, dense, universelle et stable.** Celle-ci permet de digitaliser les espaces en déployant des technologies : capteurs, IoT, Lifi... assurant de nouveaux usages mieux adaptés à nos espaces;

- **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.

TRANSITION LED

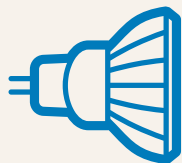
DE NOUVEAUX GAINS EN PERSPECTIVES

Aujourd'hui mature, la « Révolution LED » s'impose depuis plus d'une décennie. Son émergence dans l'univers de l'éclairage ayant, en premier lieu, permis de réduire drastiquement les consommations spécifiques, de nouveaux business modèles ouvrent, à présent, de nouvelles opportunités.

La technologie de la LED a bouleversé le domaine de l'éclairage. De 2009 à 2019, on est passé d'un marché de consommables basé sur des « ampoules »

*De 2009 à 2019,
on est passé
d'un marché
de consommables
à un marché
de produits
d'investissement
plus sobres
et durables*

BÉNÉFICES DE LA TECHNOLOGIE LED



+ DE DURÉE DE VIE

- DE CONSOMMATION



Pour plus de détails sur ce chapitre, se référer au livre blanc « La Révolution LED ».





à jeter/changer, à intervalles réguliers, vers un marché de produits d'investissement plus sobres et durables. Par ailleurs, cette révolution technologique permet de bénéficier de gains financiers majeurs portant sur la maintenance et la consommation d'énergie liées à l'éclairage.

*Un éclairage
conventionnel peut
être considéré
comme un robinet
qui fuit : plus
on attend, plus
on gaspille !*

ÉCLAIRER JUSTE

Pour éclairer juste, la technologie LED se prête parfaitement au pilotage précis de l'éclairage. À savoir, n'allumer que lorsque cela est nécessaire et ne pas suréclairer. Mise en place dans un système approprié « capteur et pilotage », cette technologie réduit efficacement l'usage de l'éclairage.

En 2019, le marché a basculé. La technologie LED est devenue mature, les industries de l'éclairage bénéficient d'un retour d'expérience technologique de plus de 10 ans. Pour preuve, 99% des installations neuves sont aujourd'hui équipées de luminaires LED.

Les gains énergétiques potentiels, liés à l'amélioration permanente de la technologie, ne seront plus aussi spectaculaires que lors du passage à la LED. Énergétiquement et financièrement on perd désormais à attendre de rénover ! Un éclairage conventionnel doit, à présent, être considéré comme un robinet qui fuit (beaucoup) : plus on attend, plus on gaspille !

UNE OPPORTUNITÉ FINANCIÈRE

La rénovation de l'éclairage représente une opportunité permettant d'accélérer la transition d'un parc tant immobilier qu'urbain. Elle se finance seule grâce aux économies en énergie et de maintenance.

Que ce soit dans le secteur privé ou public, plusieurs modèles économiques, juridiques et fiscaux peuvent être mis en œuvre : crédit bancaire, leasing, location, marché global de performance, marché de partenariat...

EXEMPLE DE RÉNOVATION D'UN ENTREPÔT LOGISTIQUE

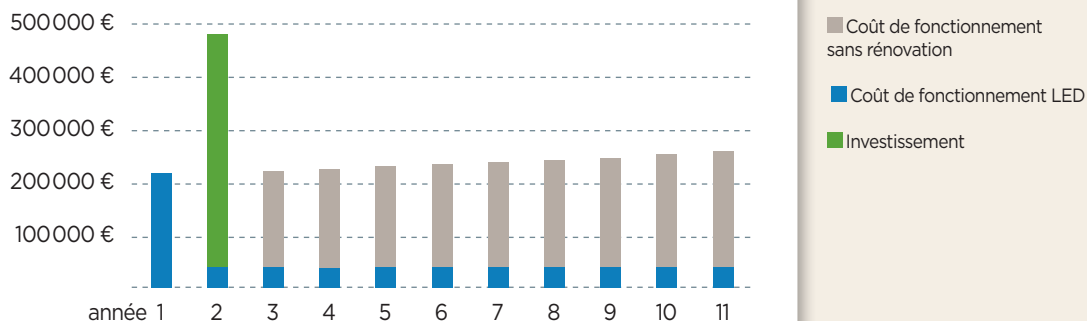
Prenons l'exemple d'un entrepôt logistique de 60 000 m² typique, allumé 24/7 et éclairé par des armatures industrielles équipées de lampes au sodium de 400 W. Le remplacement unitaire de ces armatures par des luminaires LED, équipés de détecteurs de présence et de luminosité, permet d'économiser au moins 80% de l'électricité.

De plus, sur 10 ans, les coûts de maintenance peuvent être divisés par un facteur 10 avec la mise en œuvre de produits LED de qualité.

L'exploitant de l'entrepôt peut alors aborder la rénovation de 2 façons :

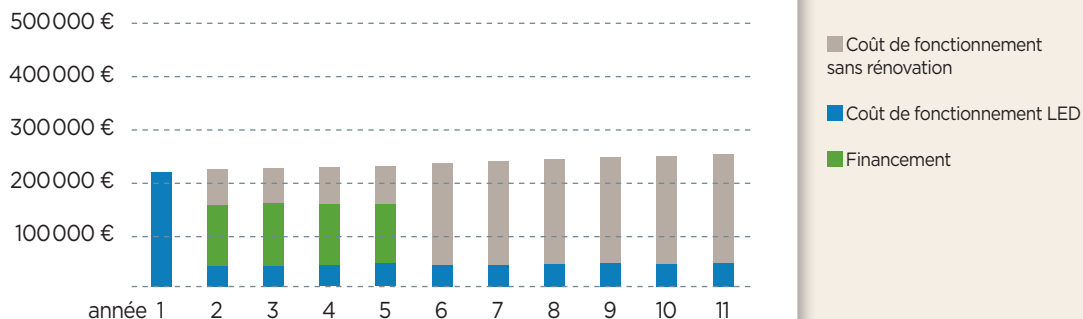
- utiliser sa trésorerie et bénéficier immédiatement des économies obtenues;

MODÈLE D'INVESTISSEMENT CLASSIQUE



- financer l'investissement de la rénovation par les économies d'énergie réalisées pour préserver sa trésorerie. Ce modèle permet même de dégager un flux de trésorerie positif.

MODÈLE DE RÉNOVATION FINANCÉ SUR LES ÉCONOMIES D'ÉNERGIE





© Kamiel Spoelstra/Signify - © iStock

Le spectre lumineux très rouge est moins perceptible par les chauves-souris.

PRENDRE EN COMPTE LA BIODIVERSITÉ

Tout projet de transition de l'éclairage vers la LED doit impérativement prendre aussi en compte les externalités environnementales.

En effet, l'éclairage nocturne présente un impact avéré sur la faune, la flore et les écosystèmes. La France s'est dotée d'un outil législatif pour encadrer la bonne mise en œuvre de sa politique environnementale. L'arrêté du 27 décembre 2018 détermine des règles techniques et de temporalité, applicables en agglomération et hors agglomération ainsi que dans les zones protégées.

Dans ce contexte, la technologie LED offre des solutions par sa capacité à choisir un spectre lumineux spécifique, adapté à un environnement précis. Par exemple, un spectre très rouge est moins perceptible par les chauves-souris¹.

À l'échelle du territoire, il faut impérativement planifier la mise en place de trames noires, vertes et/ou bleues pour favoriser le déplacement de la faune et le développement de la flore locale.

1. Étude complète NIOO-KNAW/Philips Lighting



VERS UNE ÉCONOMIE CIRCULAIRE

Le modèle économique classique de production de richesses est dit linéaire. Il consiste à extraire des matières premières, à les transformer successivement en matériaux, puis en composants, puis en produits pour être commercialisés, utilisés, jetés et enfin détruits. Ce modèle considère la quantité de matières premières comme infinie et ne prend pas en compte la problématique des déchets.

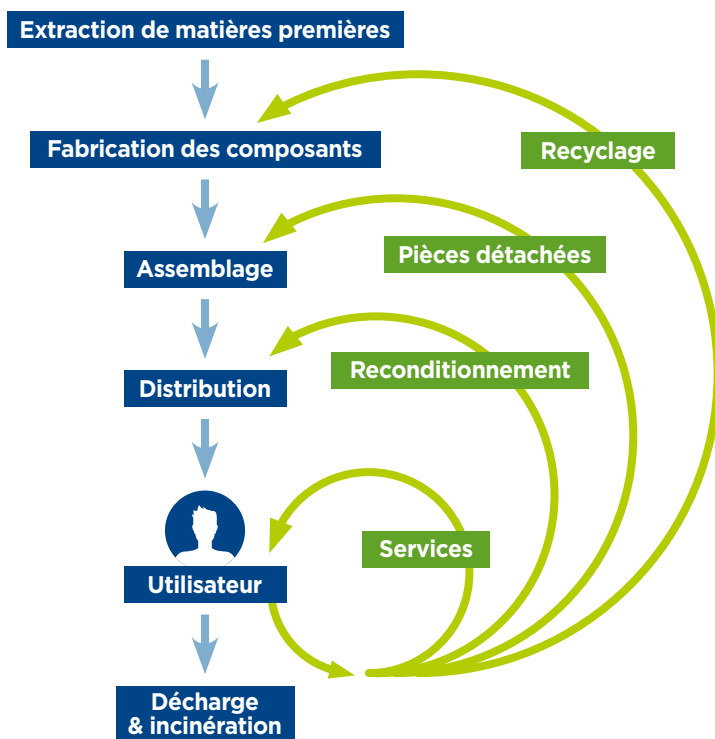
Dans un modèle économique dit circulaire, on cherche à créer des boucles pour réinjecter la valeur résiduelle d'un produit dans la chaîne économique. De ce fait, plus on effectue une boucle courte, plus on préserve la valeur. Concrètement on aura toujours intérêt, au niveau économique et environnemental à maintenir un produit pour maximiser sa durée d'usage plutôt que de le changer et de recycler ses composants ou sa matière première. Le recyclage représente la dernière des opérations à considérer, elle ne préserve qu'une infime partie de la valeur.

Pour un produit d'éclairage, la réparabilité et l'évolutivité de son usage vont donc être prédominants pour s'inscrire dans un modèle d'économie circulaire. In fine, la capacité de faire évoluer un produit et la possibilité d'en extraire le maximum de valeur sont liées à deux paramètres : la connaissance fine du produit et la compréhension de la façon dont il a été utilisé depuis sa fabrication.

Un nouveau modèle économique apparaît alors, consistant à ne vendre que l'usage de la lumière. Pour le fournisseur, cela change l'approche produit. Il ne cherche plus à proposer le produit le moins cher, mais celui qui coûtera le moins cher à exploiter sur la durée. Le client n'a plus à porter le risque lié à l'exploitation et à l'obsolescence du produit ; il achète un service et un niveau de performance (lux, maintenance, consommations...).

Grâce à la donnée, le suivi des conditions de fonctionnement durant la vie du produit va donc se révéler un atout majeur de la transition vers un « achat à l'usage ».

MODÈLE ÉCONOMIQUE CIRCULAIRE



*Le suivi des données
de fonctionnement
sera un atout
majeur de la
transition vers un
« achat à l'usage »*

IOT & DIGITAL VERSUS LUMIÈRE CONNECTÉE

L'ÉCLAIRAGE REPRÉSENTE UNE INFRASTRUCTURE UNIQUE PAR SA DENSITÉ, SON UNIFORMITÉ ET SA STABILITÉ. AUTANT D'ATOUTS LUI PERMETTANT, DÈS AUJOURD'HUI, DE COLLECTER DES DONNÉES ET DE GÉNÉRER DE NOUVEAUX SERVICES POUR COMPRENDRE ET AMÉLIORER L'USAGE DES ESPACES TANT INTÉRIEURS QU'EXTÉRIEURS.



L'essentiel des infrastructures d'éclairage sera progressivement renouvelé d'ici 10 ans. Cette mutation représente une fantastique opportunité pour accompagner la montée en puissance 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 permet de créer une passerelle numérique entre le monde réel et les services, le concept IoT fédérant l'ensemble de l'écosystème allant des fabricants de capteurs aux éditeurs de logiciels. Il englobe également, les opérateurs et les intégrateurs. Désormais, cet écosystème œuvre à concevoir des services innovants, à enrichir l'expérience utilisateur, ou à améliorer l'efficacité opérationnelle de tout bâtiment ou territoire.

Par ailleurs, pour les entreprises, c'est autant de leviers permettant d'accroître leurs revenus, d'améliorer l'expérience et la proximité des clients comme des salariés, tout en réduisant les coûts de fonctionnement.

Enfin, 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. Il est possible de dégager ainsi des marges de manœuvre financières permettant de s'inscrire à nouveau dans un cercle vertueux de qualité de service.

USAGES EXTÉRIEURS ET INTÉRIEURS

DES OPPORTUNITÉS EN PERSPECTIVES

Dans les bâtiments, on compte un point lumineux tous les 5 à 8 m² offrant une durée de vie opérationnelle comprise entre 15 et 20 ans. Dans les espaces urbains, on en compte un tous les 10 m assurant une durée de vie opérationnelle de 30 ans.

L'ensemble de ces points lumineux fournissent, outre une source d'alimentation électrique, une solution de connectivité idéale pour distribuer l'IoT dans les espaces.

L'installation d'équipements IoT au cœur même des luminaires permet de digitaliser entièrement tous bâtiments, espaces urbains ou territoires ruraux. Il devient ainsi possible de multiplier les opportunités d'usages portant sur de nouveaux services rendus aux exploitants et aux occupants.

*Améliorer les
services proposés
aux citoyens
et usagers, tout
en réalisant
des économies
sur les coûts
de fonctionnement*



1. Pour plus de détails sur ce chapitre, se référer au livre blanc «IoT & digital».



AU-DELÀ DU PILOTAGE DE L'ÉCLAIRAGE À L'INTÉRIEUR DES BÂTIMENTS

Les capteurs de présence et de luminosité, en plus de générer d'importantes économies d'énergie, fournissent de précieuses données portant sur l'utilisation des espaces. Celles-ci peuvent être, par exemple, réutilisées par des services de réservation de salles de réunion ou d'optimisation de nettoyage.

Ainsi, outre le pilotage de l'éclairage, la détection de présence fournit 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 plus le niveau d'analyse sera précis.

De plus, au-delà des capteurs «classiques» liés à l'éclairage, un point lumineux peut être équipé d'autres type de capteurs et/ou d'IoT. Par exemple, dans un hôpital, la mise en place d'un système de géolocalisation Bluetooth BLE au niveau des équipements (chaises roulantes, équipements médicaux, lits...) dégage un gain de temps non négligeable dont peut bénéficier le personnel médical pour les localiser rapidement, tracer leur utilisation et optimiser leur usage.



Visualisation en temps réel des équipements trackés sur une interface web (Enlighted)



MIEUX GÉRER LES ÉCLAIRAGES EXTÉRIEURS

Connecter l'éclairage public en le rénovant permet de mieux le gérer. Dans ce domaine, l'IoT assure d'abord le pilotage à distance pour décider de ne l'allumer que là et quand il est nécessaire.

De plus, l'IoT permet de mesurer les baisses de consommation et ainsi de garantir les contrats de performance énergétique. Il permet également de suivre en temps réel l'état du parc installé (voire de l'anticiper avec des outils prédictifs). Les coûts de maintenance sont ainsi optimisés.

L'éclairage public connecté devient, de fait, une infrastructure dense et uniformément répartie dans l'espace urbain. Il devient ainsi possible d'utiliser les informations recueillies pour d'autres usages en captant des données non directement liées à l'éclairage. Des gains financiers peuvent en découler.

La mesure de paramètres environnementaux (qualité d'air, niveau sonore...) devient alors envisageable grâce aux infrastructures de l'éclairage connecté.

En équipant l'espace urbain de capteurs mesurant la qualité de l'air, il devient possible d'informer les citoyens sur l'état de leur environnement. Ce service public peut participer aux choix des aménagements contribuant à la pollution ambiante, si l'outil de mesure est suffisamment précis. Il peut alors constituer un véritable outil d'aide à la décision, voire d'évaluation de choix de politiques publiques.

Exemple à Saint-Amand-Montrond, une centaine de capteurs mobiles de qualité de l'air extérieur ont été déployés.

*Si l'outil de mesure
est suffisamment
précis, il peut alors
constituer
un véritable outil
d'aide à la décision
de choix
de politiques
publiques*

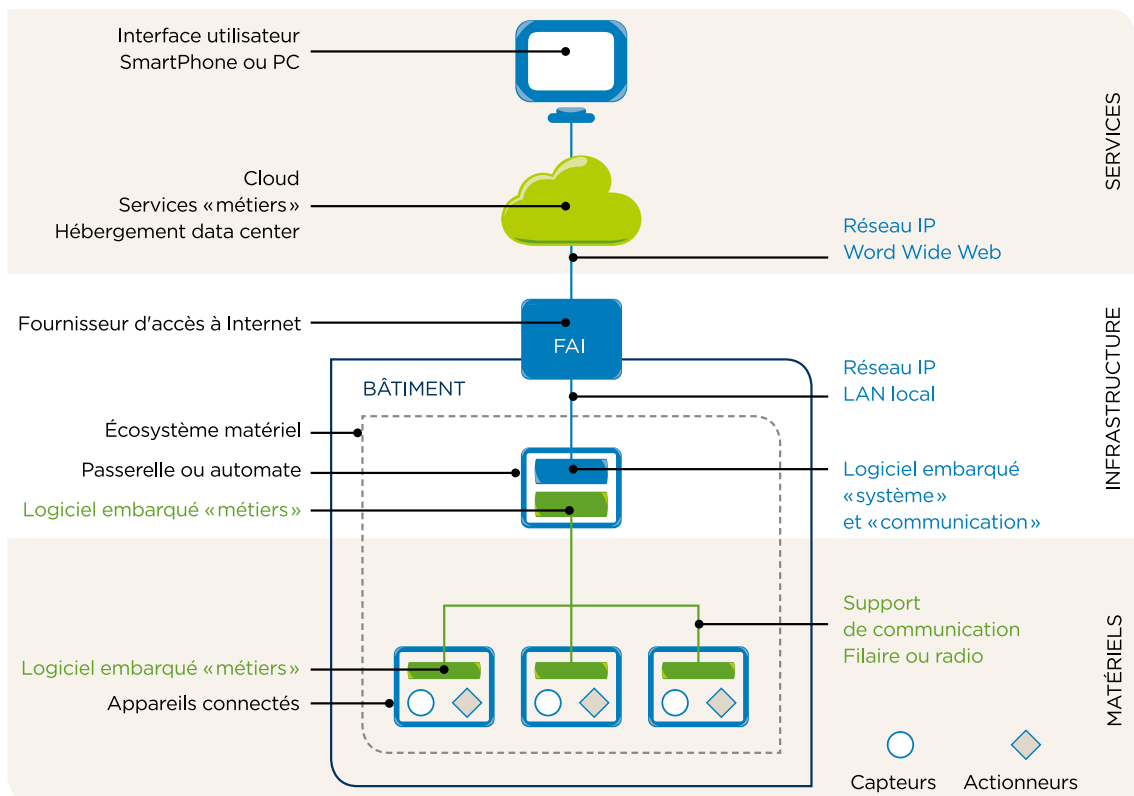
LABEL R2S: OUVERTURE ET INTEROPÉRABILITÉ DES DONNÉES

La Smart Buildings Alliance (SBA) a élaboré une approche unique et innovante, baptisée R2S (Ready2Services) qui garantit évolutivité et interopérabilité des objets connectés dans un bâtiment par l'ouverture des données.

L'approche R2S compte trois couches indépendantes. Elle offre 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). Cette approche 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, concrétisant cette approche, 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 et sécurisées. Enfin, 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.



RÉDUIRE LA SOUS-UTILISATION DES ESPACES TERTIAIRES

En connectant les capteurs de présence mesurant en temps réel l'occupation des locaux à un système d'information, on peut obtenir une compréhension très fine de l'utilisation spatiale et temporelle des bâtiments.

De plus, en contrôlant systématiquement l'occupation des bâtiments, on mesure leur

sous-utilisation systématique.

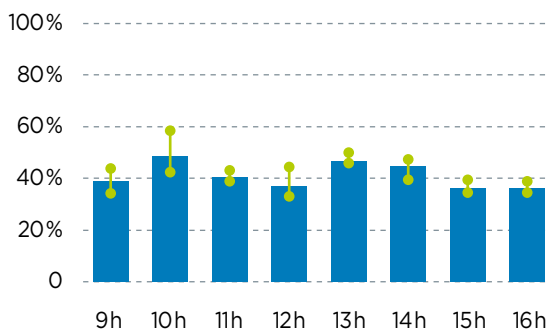
Aux heures d'ouverture classique, un bâtiment de bureaux moyen en France est vide 50% du temps!

La digitalisation des espaces va ainsi permettre de comprendre et d'agir sur ce taux d'occupation.



© Signify

EXEMPLE DU TAUX D'OCCUPATION D'UN ESPACE DE BUREAU TYPIQUE EN FRANCE



LES MUREAUX MUTUALISE SES INFRASTRUCTURES

La ville des Mureaux (78), qui compte plus de 70 kilomètres de voies et 4 300 luminaires d'éclairage public, a décidé d'utiliser des solutions de télégestion au point lumineux pour faire des économies d'énergie, rationaliser sa maintenance et adapter la lumière aux besoins de la commune et des usagers. Mais, la ville va encore plus loin en utilisant le réseau d'éclairage public comme la colonne vertébrale de sa ville intelligente.

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 du transport, des caméras vidéo urbaines, des radars éducatifs, des panneaux d'autopartage, 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.

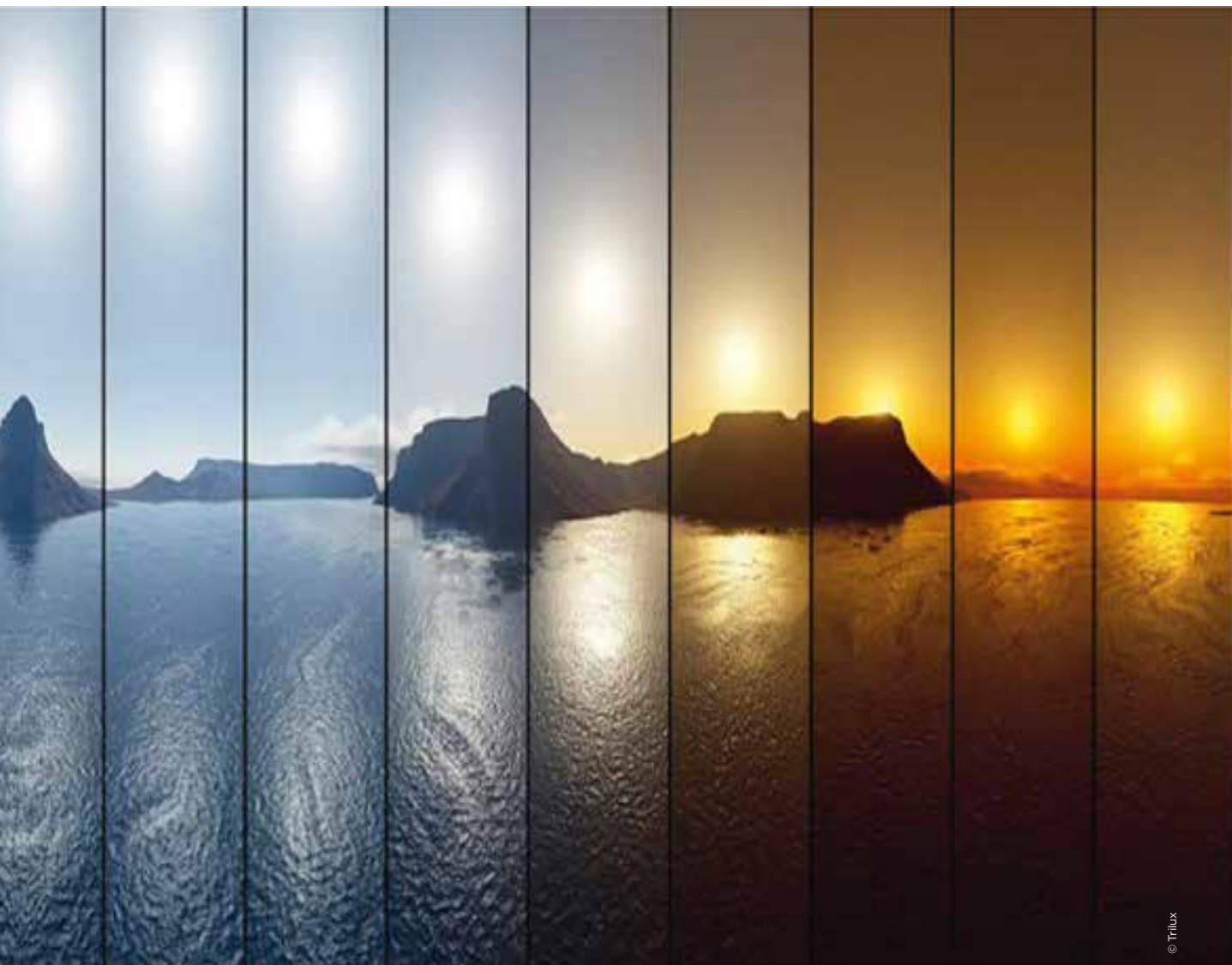


© Adobe Stock

COMMENT VOIT-ON ?

L'HUMAIN PERÇOIT LA LUMIÈRE, VITALE POUR LUI, À PLUSIEURS NIVEAUX, LE RESENTI VISUEL ÉTANT LE PLUS ÉVIDENT.

ELLE NOUS PERMET DE VOIR, DE NOUS ORIENTER, D'ACCOMPLIR NOS TÂCHES QUOTIDIENNES ET D'ÊTRE VUS.



La lumière favorise notre bien-être et influence nos émotions. Citons par exemple, la sensation apaisante ou relaxante d'un coucher de soleil en bord de mer ou l'effet stimulant et dynamisant d'un sommet enneigé baigné par le soleil.

Nous percevons également la lumière au niveau biologique : elle agit sur notre santé, en particulier sur notre horloge interne qui contrôle notre rythme circadien.

C'est grâce à l'œil et, globalement, au système visuel dans son ensemble, que nous percevons les effets de la lumière. Rappelons que, pour ce faire, l'œil compte trois types de récepteurs captant la lumière :

- les bâtonnets permettant de voir à un niveau d'éclairement faible (nuances de gris) ;
- les cônes qui, à un niveau d'éclairement plus élevé, assurent la distinction des couleurs. Ensemble, les bâtonnets et les cônes traduisent, en images, les différentes longueurs d'ondes transmises au cerveau ;
- les photorécepteurs circadiens (cellules ganglionnaires rétinienne), qui influent sur notre horloge interne, ne contribuent pas directement à la vision. En revanche, ils perçoivent les effets non visuels de la lumière.

Dans ce contexte, les solutions d'éclairage HCL (Human Centric Lighting) sont en mesure de recréer les variations de couleur et d'intensité lumineuse afin de synchroniser le cycle circadien des usagers avec les phases veille/sommeil, quel que soit le lieu de vie ou de travail.

ÉCLAIRAGE HCL

UNE SOLUTION ADAPTÉE À L'HUMAIN

La technologie LED a introduit de nouvelles notions qu'il est primordial d'intégrer pour élaborer un projet d'éclairage qualitatif et confortable répondant, à la fois, aux normes en vigueur et aux besoins visuels des usagers.

Pour garantir le confort des utilisateurs, il est fondamental de veiller à une bonne qualité de la lumière, les exigences visuelles (niveau d'éclairement) devant être définies selon le type d'activités du lieu éclairé (bureau, industrie de précision...). Sans oublier de répondre à des normes spécifiques à chaque environnement (EN 12464-1).

Bien que subjectif, le confort visuel dépend de la quantité, de la qualité et de la distribution de la lumière. Un environnement visuel de qualité procure, d'une part, une sensation de confort en réduisant fatigue, maux de tête et ir-

*La lumière agit
sur notre santé,
en particulier
sur notre horloge
interne qui contrôle
notre rythme
circadien*



1. Pour plus de détails sur ce chapitre, se référer au livre blanc « Human Centric Lighting ».



*Le confort visuel
dépend
de la quantité,
de la qualité
et de la distribution
de la lumière*

ritation oculaire. D'autre part, en procurant une sensation de bien-être, l'ambiance lumineuse est ressentie comme agréable.

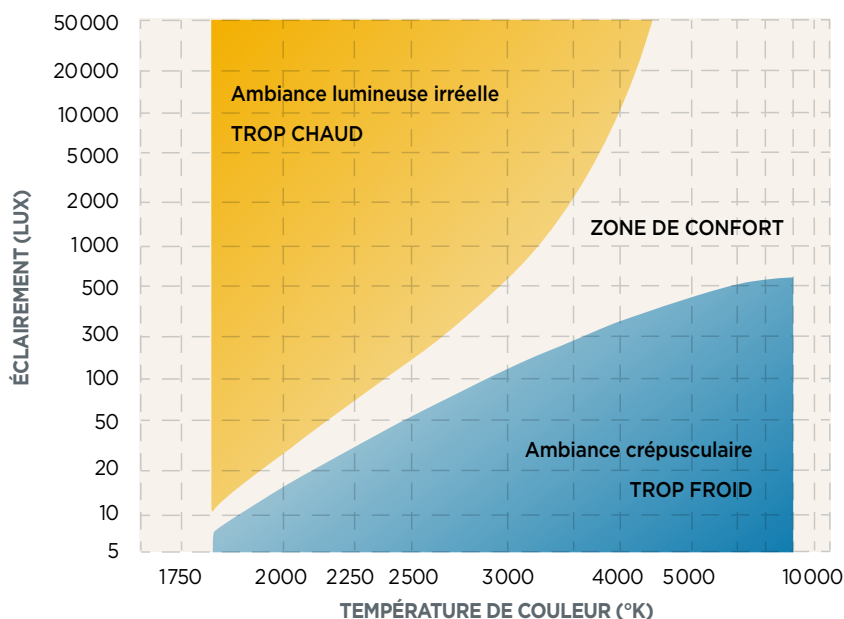
Pour définir la qualité de l'éclairage, les notions de confort visuel, d'acuité visuelle et d'ambiance lumineuse doivent être prises en compte.

Concrètement, ces notions se traduisent par deux obligations :

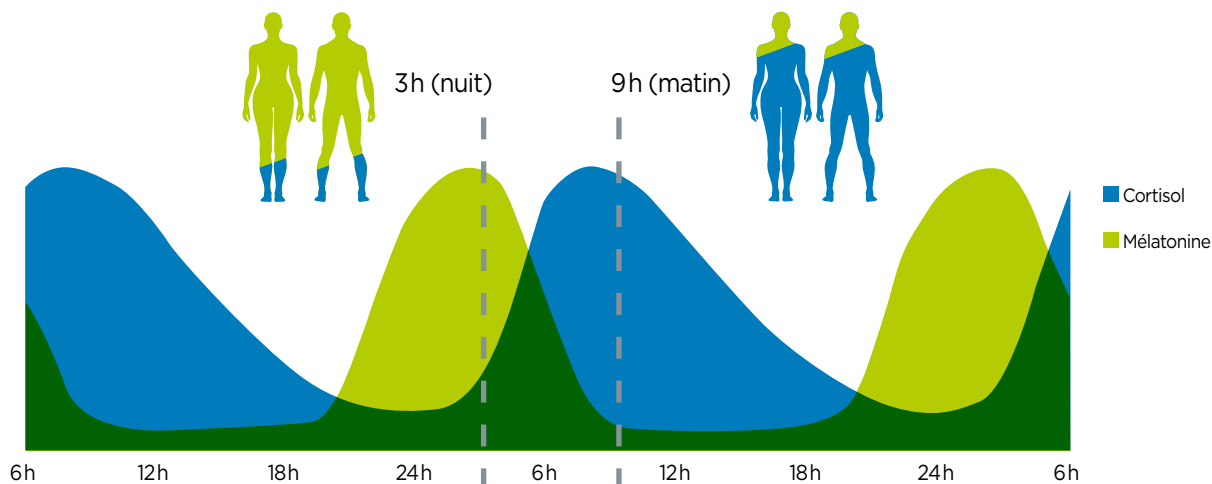
- assurer un niveau d'éclairement suffisant de la tâche visuelle et des surfaces de travail, ce niveau dépendant de son utilisation (article R4223-4 du code du travail et norme EN 12464-1). Un niveau d'éclairement mal dimensionné (trop faible ou trop puissant) diminuera le confort et les performances des personnes;
- diffuser une teinte de lumière agréable correspondant à une température de couleur adaptée à l'utilisation de l'espace. À savoir : blancs chauds, de 2700 à 3500 K (dominantes rouges); blancs neutres : autour de 4000 K; blancs froids > 5000 K (dominantes bleues).

Le niveau d'éclairement et la température de couleur sont étroitement liés, leur impact sur le confort lumineux étant exprimé par la courbe de Kruithof. Par exemple, pour les applications tertiaires éclairées entre 300 et 500 lux, il est conseillé de choisir des teintes chaudes à neutres comprises entre 3000 et 4000 K.

COURBE DE KRUIHOF



INFLUENCE DE LA LUMIÈRE NATURELLE SUR LE MÉTABOLISME HUMAIN



L'INFLUENCE DU RYTHME CIRCADIEN

La lumière naturelle a une influence sur le métabolisme humain et en particulier sur notre horloge biologique. Le prix Nobel de médecine 2017 a d'ailleurs été attribué aux trois chercheurs américains Jeffrey C. Hall, Michael Rosbach et Michael W. Young pour « leurs découvertes des mécanismes moléculaires qui règlent le rythme circadien ». Leurs conclusions sont l'aboutissement de travaux, débutés dans les années 70, avec la découverte, en 1984, du premier gène contrôlant le cycle circadien, complétée plus tard par celle des cellules ganglionnaires rétinienne (photorécepteurs circadiens).

Le rythme circadien, qui s'étend sur un cycle d'environ 24 heures, permet à l'humain de s'adapter aux différents moments de la journée. Le matin, la lumière du jour augmente la sécrétion de cortisol (qui assure éveil et concentration) et stimule la formation de sérotonine (qui a un effet antidépresseur). À l'inverse, le soir, en l'absence de stimulus lumineux, l'organisme sécrète de la mélatonine (l'hormone du sommeil).

INFLUENCE DE LA LUMIÈRE NATURELLE SUR LE MÉTABOLISME HUMAIN

Dans un rythme circadien classique (non dérégulé), la sécrétion de mélatonine débute vers 18h (lors de la phase de relaxation), le cortisol atteint alors son niveau le plus bas. Quand la mélatonine atteint son maximum vers 3h du matin, la sécrétion de cortisol augmente peu à peu. La phase de réveil commence vers 6h du matin, lorsque le niveau

de cortisol est plus important que celui de la mélatonine. Il est à son maximum vers 9 h. Ces phases sont cadencées par les cycles d'éveil et de sommeil du rythme circadien. Une bonne «hygiène de lumière» s'avère dès lors déterminante pour la santé humaine.

L'éclairage joue un rôle majeur pour suivre le cycle circadien et les besoins des utilisateurs tout au long de la journée. L'intensité lumineuse et la teinte de la lumière naturelle (température de couleur) varient en fonction de l'heure de la journée, de la saison et de la position géographique. Ces changements ont une influence sur l'organisme humain. L'éclairage HCL tire parti des effets non visuels de la lumière. Il suit les variations de la lumière naturelle et s'adapte en temps réel à la fois aux besoins spécifiques de l'utilisateur et au domaine d'application.

BUREAUX MIEUX ÉCLAIRÉS POUR MIEUX TRAVAILLER

L'étude Repro-Light¹, menée en 2018 sur un échantillon représentatif de 1100 employés européens, a mis en évidence l'impact de l'éclairage sur leur environnement et les conditions de travail. Dans les bureaux, les employés peu exposés à la lumière du jour ont été soumis à de nombreux *stimuli* artificiels pouvant influencer leur horloge interne.

Capable de générer un effet stimulant ou apaisant, l'éclairage HCL se révèle particulièrement efficace dans les environnements de bureaux. Une solution

HCL performante permet de configurer un éclairage ciblé pour un open space, une salle de réunion ou un espace de détente avec la bonne température de couleur et d'adapter le scénario lumineux aux besoins des occupants.

L'éclairage sur mesure assure ainsi des conditions de travail optimales, favorise la concentration, crée une atmosphère propice à la créativité et au bien-être, tout en permettant de maîtriser les coûts d'exploitation et de maintenance.

92% pensent que l'éclairage a une influence sur leur vigilance

90% croient que l'éclairage sur leur lieu de travail peut avoir un impact sur leur humeur

87% déclarent qu'il affecte leur performance

80% souhaitent que l'éclairage de leur poste de travail s'adapte automatiquement à leurs besoins

74% souhaitent que l'éclairage de leur poste de travail change de couleur lorsqu'il fait nuit à l'extérieur

56% aimeraient un meilleur éclairage de leur lieu de travail, en particulier les femmes et les employés de plus de 50 ans

1. Projet de recherche européen, Repro-Light vise à aider l'industrie européenne de l'éclairage à évoluer vers un avenir plus durable et plus compétitif.

MIEUX ÉCLAIRER LES ÉCOLES POUR MIEUX APPRENDRE

Trois salles de classe d'une école primaire danoise bénéficient d'un nouveau système d'éclairage permettant aux enseignants de choisir différents scénarios d'éclairage. En 2016, une analyse de l'environnement de la classe a été réalisée. En parallèle, une étude a été menée sur les besoins des enseignants et des étudiants ainsi que les effets de l'éclairage existant sur le comportement des élèves.

Sur la base de cette évaluation, quatre scénarios d'éclairage ont été définis, mis en œuvre dans les salles de classe et évalués au cours de la dernière phase de test de la recherche du projet en 2017.

L'hypothèse était que les scénarios d'éclairage doivent aider les enseignants à structurer leur enseignement. L'analyse des activités de la classe et de l'utilisation par les enseignants des scénarios d'éclairage indiquent que les changements de ces derniers pendant les cours ont souvent coïncidé avec un changement d'activité.

L'analyse a révélé que les utilisations des scénarios d'éclairage étaient liées à cinq types de motivations différentes :

- soutenir et structurer des activités d'apprentissage;
- communiquer avec l'éclairage et impliquer les étudiants;
- influencer le niveau d'activité et le comportement des étudiants;
- créer des atmosphères;
- prendre en charge des tâches visuelles et apporter le meilleur confort visuel.

Dans le cas des écoles, ces motivations devraient être prises en compte dès la conception.

Les résultats montrent que chaque enseignant suit un modèle personnel et utilise l'éclairage comme un outil individuel. Tout système devrait, par conséquent, permettre de soutenir cette polyvalence et cette adaptabilité.



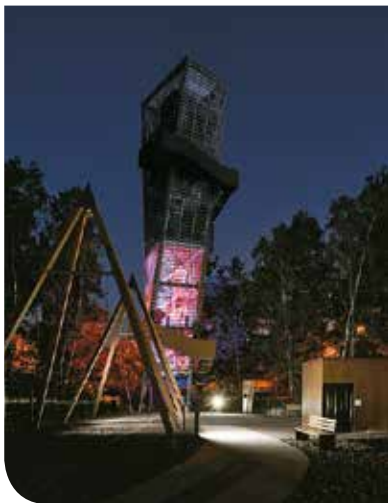
3 000 K



4 000 K



6 000 K



© Zuntobel

Tour des airs,
Brême, Allemagne.

LA LUMIÈRE, VECTEUR D'ÉMOTION ET DE LIEN ENTRE USAGERS ET ESPACES URBAINS

Les éclairages extérieurs influencent notre perception, aident à l'orientation, créent des émotions et procurent un sentiment de sécurité.

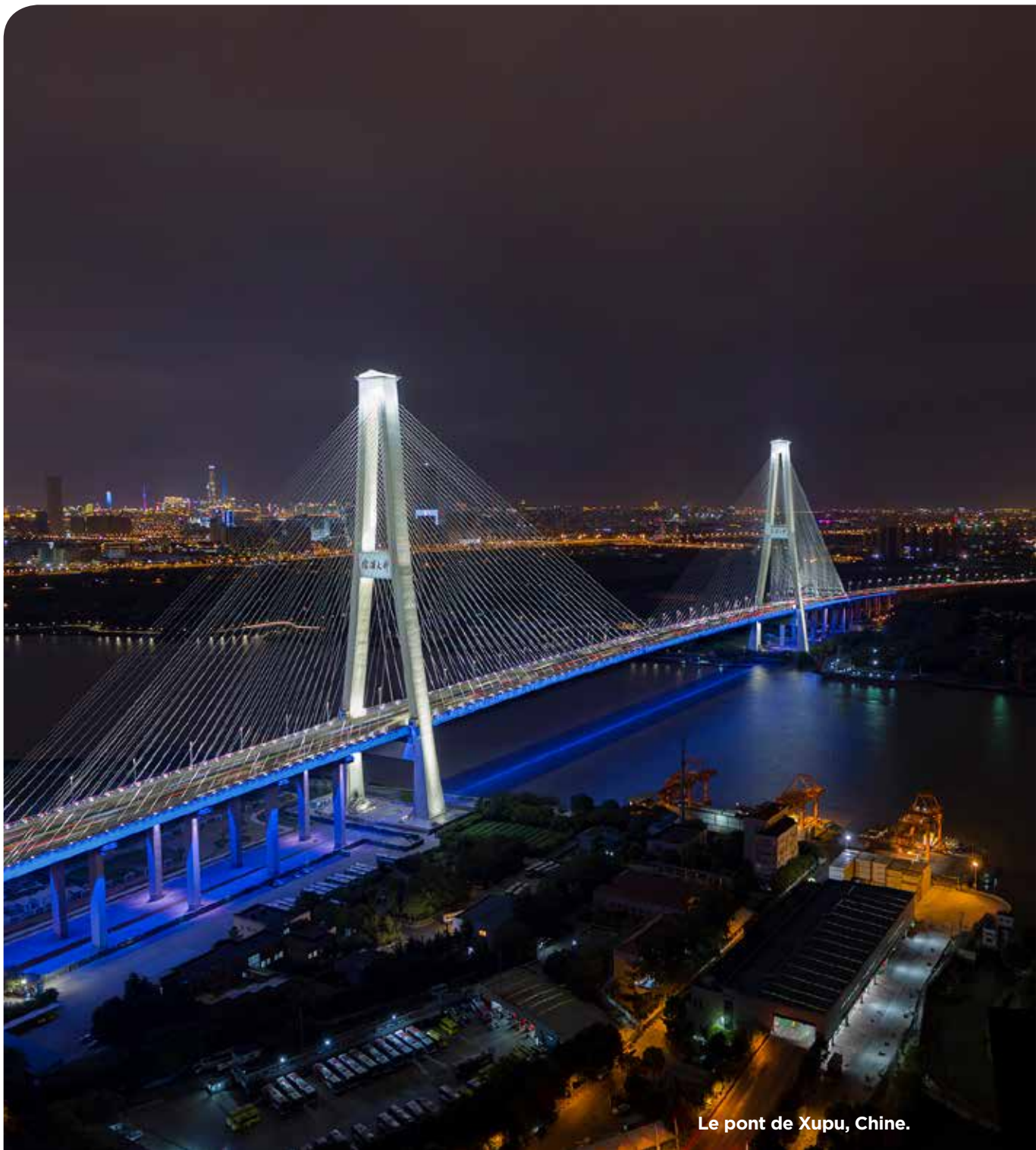
Une lumière architecturale et technique, de différentes couleurs, tantôt précise sur certains éléments du bâtiment, tantôt diffuse sur la totalité du bâtiment, met en valeur et structure l'architecture des constructions, des monuments et des espaces urbains. Un paysage urbain harmonieux est le fruit d'une approche holistique de l'éclairage, de mises en scène et d'accentuation, intégrant des monuments historiques, des commerces, des espaces publics...

Un éclairage architectural réussi met en scène l'architecture, les matériaux, en préservant le caractère du bâtiment ou de l'espace. Ces concepts d'éclairage sont aussi des repères d'orientation et renforcent un sentiment de sécurité.

La lumière joue sur les couleurs et les formes, pour créer une relation émotionnelle entre l'architecture éclairée et celui qui regarde. L'éclairage émotionnel ne met pas en valeur l'architecture du bâtiment mais le façonne pour lui donner une nouvelle personnalité. Un éclairage émotionnel se veut créatif, il invite à regarder, admirer, s'attarder, et fait naître de nouvelles perceptions et des sensations remplies d'émotion.

Une lumière communicative transmet des informations, attire l'attention, met en valeur une ville, une marque, un slogan. Les villes mettent en place un éclairage nocturne des bâtiments et des espaces urbains pour les personnaliser et en augmenter l'attrait. Des contenus médiatiques (images, photos, textes, logos...) peuvent également être projetés sur les pixels LED de la façade du bâtiment.

*La lumière
permet
de percevoir
l'espace
et façonne notre
environnement
nocturne*



ENVIE DE PASSER À L'ACTION ? QUELQUES RECOMMANDATIONS

L'éventail des options pour rénover l'éclairage d'un espace est large.

C'est une opportunité de faire des économies très substantielles d'énergie, mais aussi de digitalisation et de valorisation de tous les espaces.

Nous proposons ci-dessous une démarche pour bien appréhender ce projet et se poser les bonnes questions. L'approche est plutôt centrée sur l'éclairage des bâtiments mais est transposable aux espaces urbains/extérieurs.

« AUDITER VOTRE PATRIMOINE » : COMPRENDRE LA SITUATION DE DÉPART

Il n'y a pas de bonne stratégie sans prise en compte du contexte et des opportunités. Un audit de situation du patrimoine immobilier doit prendre en compte l'usage réel et futur des bâtiments/espaces.

LES QUESTIONS À SE POSER :

- Qu'est ce qui doit sortir rapidement du patrimoine (hors scope rénovation) ?
- Qu'est ce qui doit être mis en valeur pour être vendu/cédé (à quel horizon, dans quel but, quel est le livrable attendu... en quoi l'éclairage peut rendre le bâtiment plus désirable) ?
- Qu'est ce qui sera gardé à long terme :
 - Qu'est ce qui sera restructuré complètement dans les 10 ans (ROI > 20 ans) ?
 - Qu'est ce qui fera l'objet de bouquets de travaux (ROI typique 10 ans) ?
 - Quelle part du parc n'a pas de plan de rénovation ?

Le découpage obtenu permet de définir une solution type/standardisée applicable à tout un segment du patrimoine. Cette standardisation permet de gagner du temps dans le déploiement de la rénovation et de la maintenance.

Un audit de l'éclairage en place (types, quantité, puissance, temps d'allumage, gestion éventuelle...) doit permettre de mesurer le coût de fonctionnement de l'éclairage (consommation électrique et maintenance annuelle). Il doit être réalisé par un professionnel et servira de base aux scénarios éventuels envisagés.

CHOIX DE LA SOLUTION DE RÉNOVATION : PENSER UNE DÉMARCHE CENTRÉE SUR LES UTILISATEURS

Tout projet innovant impactant les usages et les organisations se confronte aux difficultés d'appropriation des pratiques ou des outils par les usagers. D'où la nécessité de remettre l'humain au cœur de la démarche à toutes les étapes du projet : cocréation, information, formation, sensibilisation, tests usagers ou accompagnement au changement.



LES QUESTIONS À SE POSER POUR CHOISIR UNE SOLUTION DE RÉNOVATION DE L'ÉCLAIRAGE :

- Quels indicateurs de performance de la nouvelle installation seront pertinents : éclairage, consommation d'énergie, taux de disponibilité, accès aux données, satisfaction utilisateurs, etc ?
- Qui sera responsable de la performance ? À la livraison et dans le temps ? Comment celle-ci sera-t-elle mesurée ?
- Comment financer la rénovation ? Budget d'investissement ou sur les économies d'énergie ?

LES QUESTIONS À SE POSER POUR CHOISIR UNE SOLUTION CONNECTÉE R2S EN PARALLÈLE DE LA RÉNOVATION DE L'ÉCLAIRAGE :

- Quels services apporter à quelle cible ?
 - Utilisateur de l'espace : flexibilité, bien être, productivité, attractivité...
 - Gestionnaire des espaces : optimisation de coûts opérationnels, des taux d'usage...
- Quelles données et points de pilotage sont nécessaires et pour quel usage ?
- Qui sera responsable de la gouvernance de la donnée : son exactitude, son intégrité, sa fraîcheur, sa pérennité ?
- Comment faire évoluer l'infrastructure pour suivre l'évolution des usages ?

DÉPLOIEMENT DE LA RÉNOVATION : INDUSTRIALISER L'APPROCHE

La rénovation de l'éclairage est trop souvent faite au fil de l'eau en fonction des budgets disponibles. Cette situation conduit à déployer des solutions de façon fragmentée donc coûteuses à mettre en œuvre et difficiles à maintenir.

Les gains attendus de la rénovation de l'éclairage justifient un plan structuré de déploiement pour agir le plus vite possible sur ces fuites énergétiques.

LES QUESTIONS À SE POSER :

- Comment prioriser les bâtiments, définir et suivre un planning de rénovation ?
- Comment mettre en place un suivi de la performance des installations ?



Dans la même collection: DES TERRITOIRES PLUS FERTILES GRÂCE AU NUMÉRIQUE, LE NUMÉRIQUE FACE AUX ENJEUX DU LOGEMENT SOCIAL, STATIONNEMENT & CIRCULATION DANS LA VILLE, CONSTRUIRE UN TERRITOIRE DE CONFIANCE ET DE SÉCURITÉ

Vous pouvez télécharger ces documents sur le site de la SBA :
www.smartbuildingsalliance.org/ressources/publications-sba

LA SBA ACCOMPAGNE LE SECTEUR DU BÂTIMENT POUR L'AIDER À ACCÉLÉRER SA MUTATION FACE AUX ÉVOLUTIONS LIÉES À L'ARRIVÉE EN MASSE DU NUMÉRIQUE DANS LE SMART BUILDING ET LA SMART CITY. ELLE PROPOSE UNE VISION GLOBALE S'APPUYANT SUR DES INFRASTRUCTURES MUTUALISÉES POUR LA PROMOTION DE NOUVEAUX SERVICES, AUTOUR DES USAGES, GÉNÉRATEURS D'EFFICIENCE ET D'UNE MEILLEURE COHÉSION SOCIALE.

Devenez membre de la SBA au côté des leaders et experts du Smart Home, du Smart Building et de la Smart City pour :

- En comprendre les enjeux et les défis
- Participer à la définition et la mise en place des socles référentiels
- Vous informer et suivre les innovations du secteur
- Développer votre réseau et échanger avec vos pairs
- Rencontrer des experts des métiers connexes au vôtre

LA SMART BUILDINGS ALLIANCE EST FAITE POUR VOUS, CONTACTEZ-NOUS :

0820 712 720 • CONTACT@SMARTBUILDINGSALLIANCE.ORG

WWW.SMARTBUILDINGSALLIANCE.ORG

LES MEMBRES

ABB • ACCENTA • ACCORINVEST • ACIE • ACOME • ACR • ACS2I • ADEUNIS • ADISCOM • AFPA - TOULOUSE • AGORA OPINION • AIRELIOR FACILITY MANAGEMENT • AIRZONE FRANCE • ALACAZA • ALCANTE • ALGECO • ALLIANZ REAL ESTATE FRANCE • ALPHA RLH • ALTAREA COGEDIM • ALTECON • ALTERNET • ALTIMIUM • AN2V • ANITEC • APAVE SUDEUROPE • APILOG AUTOMATION • ARC INFORMATIQUE • ARCHIMEN • ARCOM • ARISTOTE • ARKHENSPACES • ARP ASTRANCE • ARTELIA • ARTETRIS • ARXIT • ASCAUDIT • ASSOCIATION APOGÉE • ASSOCIATION BACNET FRANCE • ASSOCIATION FIDJI • ASSOCIATION FRANCAISE DE L'ÉCLAIRAGE • ASSOCIATION HQE • ASSOCIATION KNX FRANCE • ASSOCIATION PEGASE • ASSOCIATION PROJET LORIAS • ASSUR & SENS • ASSYSTEM • AUDIAT MCT • AURA DIGITAL SOLAIRE • AURI ZONE • AUTOMATION BUILDING INTELLIGENCE • AUTOMATIQUE ET INDUSTRIE • AVELTYS • AVIDSEN • AXÉO FM • AXIANS • AXXONE SYSTEM • AZUR SOFT • B.TIB • BARBANEL • BCM ENERGY • BECKER SEA • BET DELTA • BG INGÉNIEURS CONSEILS • BIMODEL • BIRDZ • BNP PARIBAS REAL ESTATE • BORDEAUX MÉTROPOLE • BOUYGUES CONSTRUCTION • BOUYGUES ENERGIES & SERVICES • BOUYGUES IMMOBILIER • BRAINYBIZ • BUREAU VERITAS CERTIFICATION • CABA • CAE GROUPE • CAILLOU VERT CONSEIL • CAPENERGIES • CARMOOV ENERGY • CASANOVA • CCI NICE CÔTE D'AZUR • CCUBE EXPERTISE • CD2E • CDU IMMOBILIER • CELEC • CERTIVÉA • CIDECO • CINOV • CIT RED • CLUSTER HBI • CMT • CNAM • COMELIT-IMMOTEC • CONNECTING TECHNOLOGY • CONNEK+ CONSEIL • CONSEIL DE DÉVELOPPEMENT MÉTROPOLE DE LYON • CONSEIL NATIONAL DE L'ORDRE DES ARCHITECTES • COSTE ARCHITECTURES • COVIVIO • CR SYSTEM • CSTB • CYRISEA • DALKIA - GROUPE EDF • DALKIA SMART BUILDING • DANFOSS CHAUFFAGE • DATA SOLUCE • DECAEUX • DECELECT • DEERNS FRANCE • DEHN FRANCE • DELTA DORE • DEMATHIEU & BARD • DERICHEBOURG MULTISERVICES • DIS INGÉNIERIE • DISTECH CONTROLS • DOMPILOTE • DOVIT • DOVOP DÉVELOPPEMENT • EDF - DIRECTION DEVELOPPEMENT CLIENTS / SERVICES • EFFICACITY • EFFIPILOT • EG4U • EGF BTP • EGIS CONSEIL BÂTIMENTS • EIFFAGE ÉNERGIE • EKEY BIOMETRIC SYSTEMS • ELICHENS • ELITHIS • EMBIX • EN ACT ARCHITECTURE • ENERBEE • ÉNERGIE IP • ENERGISME • E'NERGYS • ENGIE SOLUTIONS • ENLESS WIRELESS • ENLIGHTED • ENOCEAN • ENSI POITIERS • F2A SYSTÈMES • FAUCHÉ • FEDENE • FFIE • FG SMART BUILDING • FLOW • FORMAPELEC • FSIF • GA SMART BUILDING • GA2B • G-ACTIV • GADS • GARCIA INGÉNIERIE • GBMP • GCC • GETEO • GIESPER • GIMELEC • GIZMO • GLI - GROUPE EKIUM • GOOGLE FRANCE • GPMSE-TN • GRAND PARIS HABITAT / GROUPE SNI / CDC HABITAT • GREEN SOLUCE • GREENFLEX • GROUPE ALARME SERVICES • GROUPE VIVALYS • HABITAT76 • HABITATIQUE • HAGER ELECTRO • HAVR • HBF • HELINK • HENT CONSULTING • HERVÉ THERMIQUE • HESTIA INNOV • HONEYWELL • HONEYWELL PARTNER CHANNEL • HSBC • HUB ONE • HXPERIENCE • HYDRAO • HYDRELIS • IBM • ICADE • ICONICS • IDEX • IDTIQUE • IGNES • IMA PROTECT • IMMOBILIÈRE 3F • INGEROP CONSEIL ET INDUSTRIE • INGETEL BET • INNOVATION PLASTURGIE COMPOSITES • INSITEO • INSTALLUX • INTENT TECHNOLOGIES • IOT'ERA • IOT FLOWERS • IPORTA • ISTA • JEEDOM • JIP CORPORATION • JOOXTER • JVD • KALIMA DB • KARDHAM DIGITAL • KÉO FLUIDES • KEYCLIC • KIPSUM • KLDOM • KONE • KORUS • L'IMMOBILIÈRE IDF • LE RÉSIDENTIEL NUMÉRIQUE • LD EXPERTISE • LEGRAND • LES COMPAGNONS DU DEVOIR • LESS IS MORE • LEXCITY AVOCATS • LINKIO • LITED • LM INGÉNIERIE • LOGISTA HOMETECH • LONMARK FRANCE • LONO • LUCIBEL • LUTRON ELECTRONICS • LUXENDI • LVMH MOËT HENNESSY • LYNRED • MEANWHILE • MEDIACONSTRUCT • MICROSENS • MOFFI • MONBUILDING • NEOBUILD • NEODOMUS SOLUTIONS • NET AND YOU • NETSEENERGY • NETSYSTEM • NEXHOME • NEXITY • NIKO NV • NOBATEK • NODON • NOV@LOG • NT CONSEIL • OCCITALINE • OGGA • OKEENEA DIGITAL • ONE SMART CONTROL NV • ONEPOINT • OPENFIELD • OPNA • ORANGE • ORLÉANS MÉTROPOLE • OTI FRANCE • OTODO • OUBA • OVERKIZ • OZE ENERGIES • PANORAMA • PARTAGER LA VILLE • PHOENIX CONTACT • PICHET • PLAN BÂTIMENT DURABLE • PÔLE FIBRES - ENERGIVIE • PÔLE TES • POLESTAR • POSTE IMMO • PRESTANTENNES • PRESTATERRE • PRIVA • PROLOGIS • PROMOTELEC SERVICES • PROTECT FRANCE • PROXISERVE • PULS • QARNOT COMPUTING • QOONTOO • QOS SOLUTIONS • QUALITEL • QUANIM • RABOT DUTILLEUL • REALITES HUB 5 • RELAIS D'ENTREPRISES • RÉSEAU DUCRETET • RÉSO • RESOLVING • REXEL • ROBEAU • S2E2 • S2T INGÉNIERIE • SAINT-GOBAIN • SAUTER RÉGULATION • SBS DOMOTIQUE • SCHNEIDER ELECTRIC • SE3M • SÉLUO • SEMTECH • SENSINOV • SERCE • SERELEC • SERVICES INDUSTRIELS DE GENÈVE • SETEC BÂTIMENT • SETUR • SFR • SIA PARTNERS • SIBCO • SIEL - TERRITOIRE D'ÉNERGIE LOIRE • SIEMENS ENERGY • SIGNIFY • SLAT • SMART USE • SMARTENON • SMARTHAB • SMARTHOME EUROPE • SMO VAL DE LOIRE NUMÉRIQUE • SNACG • SNEF • SNEF CONNECT • SOCOMEC • SOGEPROM • SOGETREL • SOMFY • SONEPAR • SONOS • SONY • SPACEWELL • SPIE • SPIE BATIGNOLLES • SPINALCOM • SPL LYON CONFLUENCE • STARBYTE • SUPPLINNOV • SYLFEN • SYNTEC INGÉNIERIE • SYPEMI • SYSELIA • SYSTECHMAR • TACTIS • TECHNAL • TECHNILOG • TECXTEAM • TÉVOLYS • THYSSSENKRUPP ASCENSEURS • TRACTEBEL • TRIDONIC • TT GÉOMÈTRES EXPERTS • TWO-I • UBIANT • UNIGRID SOLUTIONS • UNIVERSITÉ DE RENNES 1 • URBAN PRACTICES • URMET FRANCE • VERTICAL INBOUND • VILLE DE PUTEAUX • VILOGIA • VINCI ENERGIES • VINCI FACILITIES • WAGO • WATTSSENSE • WAVESTONE • WICONA • WISE BUILDING • WISEBIM • WIT • WITTI • WIZZCAD • WORKTOO • WSP FRANCE • YNCRÉA • Z#BRE • ZEPLUG

LES MEMBRES D'HONNEUR DE LA SBA



Prix public 19 €
ISBN 978-2-95601-758-5



9 782956 017585

www.smartbuildingsalliance.org

SBA
SMART BUILDINGS **ALLIANCE**
FOR SMART CITIES