

Bâtiment 4.0 : un prérequis à toute rénovation énergétique

Par Emmanuel FRANÇOIS

Président de Smart Buildings Alliance (SBA)

La transition numérique caractérise, autant que la transition énergétique, l'évolution de notre organisation socio-économique collective.

Pour combiner ces deux transitions, le président de la Smart Buildings Alliance, Emmanuel François, propose de déployer en priorité une infrastructure combinant numérique et rénovation énergétique pour des bâtiments 4.0, cette infrastructure hébergeant des plateformes (numériques et interconnectées) de services s'adressant aux occupants. Parmi ces services (bâtimentaires ou urbains), figurent la mobilité électrique et la recharge des véhicules électriques.

Le monde face à des défis inédits

Si le monde a de tout temps été confronté à de multiples défis, il semble que depuis quelques années tout s'accélère et que nous soyons plus que jamais confrontés à des défis majeurs, allant jusqu'à la menace pesant sur notre propre espèce ainsi que sur la vie sur Terre telle que nous la connaissons aujourd'hui, et cela à une échéance relativement proche. Face à cette situation, nous passons depuis quelques années d'un défi à un autre, mettant en avant des solutions et des plans pour y répondre, le plus souvent dans l'urgence, mais sans réellement les inscrire dans une approche plus globale prenant en compte l'ensemble de ces défis. Sans entrer dans le détail, je classerai ces défis en six grandes familles : les défis démographique, climatique, sanitaire, économique, identitaire et éthique ; chacun de ces défis étant potentiellement source de désordres sociaux majeurs.

Au cœur de ces défis, se situe la transformation des bâtiments et, plus largement, de la ville, car c'est là que se concentre une bonne partie de la vie et des activités de l'homme sur la Terre. Alors même que nous vivons une mutation profonde de nos sociétés consécutive à une révolution numérique caractérisée par une hybridité de toutes nos activités qu'est venue précipiter la crise sanitaire (travail, enseignement, logement, santé, commerce, culture, mobilité, production...), une refonte des bâtiments et de la ville s'impose, les bâtiments ne répondant plus vraiment à ces nouveaux usages. C'est comme si le costume n'était soudain plus adapté, comme s'il était devenu trop étiqué !

S'attaquer à la rénovation énergétique des bâtiments est dès lors une nécessité et constitue une véritable opportunité pour mener à bien une transition plus globale. C'est effectivement la première mesure à mettre en œuvre pour répondre à l'enjeu du réchauffement climatique, les bâtiments représentant à eux seuls près de 45 % de la consommation énergétique

totale et générant près de 25 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). Mais c'est également l'opportunité d'élargir le sujet en intégrant systématiquement la dimension numérique pour mettre le bâtiment à l'heure du XXI^e siècle. Cependant, la rénovation énergétique lourde des bâtiments ne peut pas être une fin en soi. Elle nécessite un questionnement élargi portant sur l'emplacement de ces bâtiments, leur bonne intégration dans leur quartier et leur environnement, leur utilité (commerces, logements, bureaux, loisirs...), leur taux de services, leur niveau de vétusté, leur état sanitaire avant et après rénovation (humidité, qualité de l'air, niveau sonore, exposition aux radiations...), leur coût d'exploitation, leur niveau de sécurité, leur aptitude à évoluer (modularité, réversibilité), leur pertinence dans le temps...

Pourquoi combiner rénovation énergétique des bâtiments et numérique ?

À la fin du XIX^e siècle, la décision a été prise de l'électrification des bâtiments et de la ville. Cela a commencé par la ville de New York (voir la photo de la page suivante) avec l'anecdote de la guerre des courants (continu/alternatif) qui a opposé Edison à Tesla. Au tout début du siècle suivant, cette même ville passait en dix ans de la calèche à la voiture thermique. La concrétisation de ces deux transitions a notamment permis aux villes de s'étendre en hauteur avec l'arrivée de l'ascenseur et horizontalement grâce à l'avènement de nouveaux modes de transport, tels que le train, le métro, le tramway ou la voiture thermique. Cela a façonné l'urbanisme, qui, tel que nous le connaissons aujourd'hui, n'est plus, au vu des défis actuels, durable, ni même souhaitable, les villes étant à elles seules responsables de plus de 70 % des émissions de gaz à effet de serre.

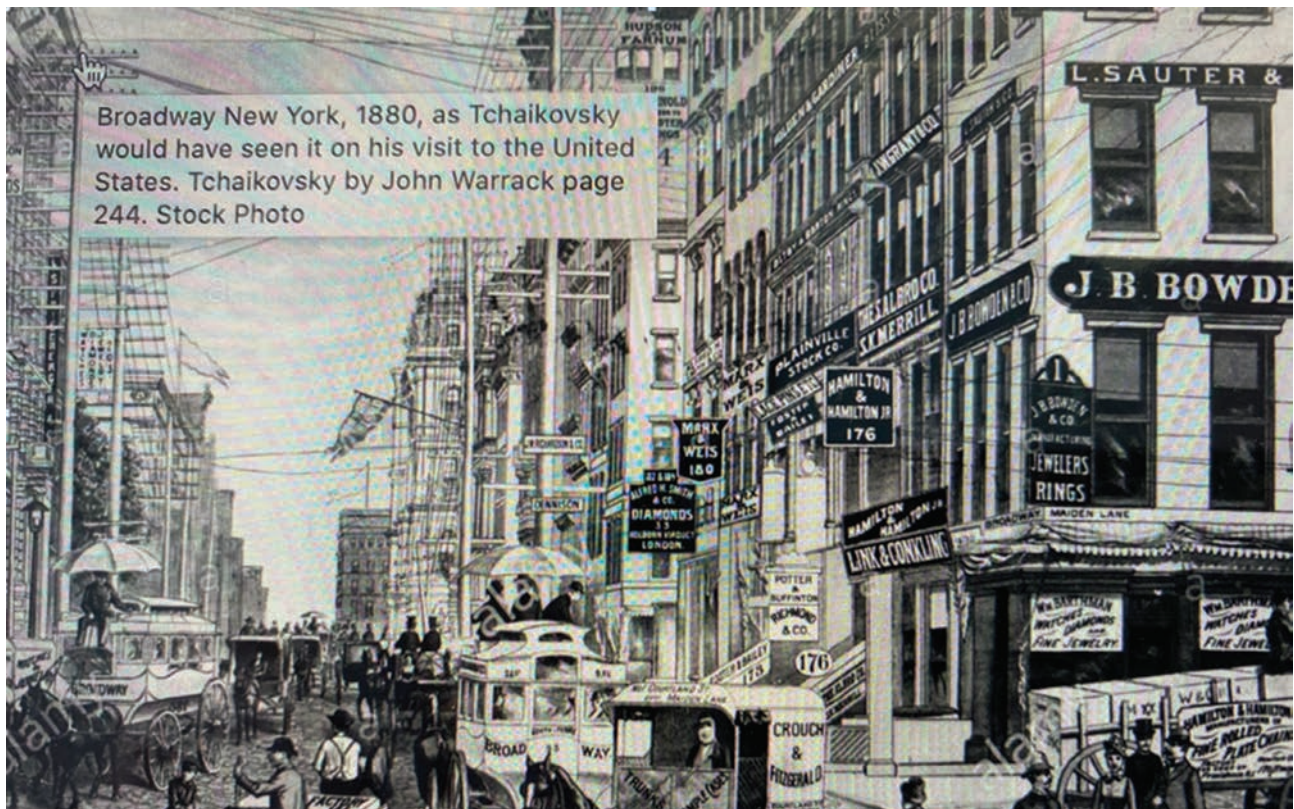


Figure 1 : Électrification de la ville de New York, en 1880.

Aujourd'hui, le numérique est au cœur de toutes les transitions. Se pose dès lors un défi similaire à celui relevé au siècle dernier, c'est-à-dire déployer rapidement dans tous les bâtiments, dans toutes les villes et sur tout le territoire une infrastructure numérique capable de supporter pleinement et durablement cette mutation de notre société. C'est sans doute le défi majeur à relever au cours de cette première moitié du XXI^e siècle. En effet, ne serait-ce que pour réussir la transition énergétique. Alors que nous assistons à une électrification des usages, à commencer en matière de mobilité, et que nous devons en conséquence évoluer le plus rapidement possible vers une électricité décarbonnée – lorsque l'on sait qu'au niveau mondial, 41 % des émissions de GES sont liées à la production d'électricité et que l'on monte même jusqu'à 66 % si l'on y ajoute les transports –, il apparaît clairement qu'il ne sera pas possible de piloter le mix énergétique et de l'adapter en temps réel le plus finement possible aux besoins sans le concours d'outils numériques de pointe.

Pour illustrer cet enjeu de court terme, un exemple peut être donné : d'ici à 2025, le parc automobile électrique en France devrait se situer à un minimum de 2 M de véhicules, soit un besoin énergétique supplémentaire de 5 à 6 TWh, pour une capacité globale de 500 TWh. Si, en théorie, le réseau est en mesure de supporter cette demande supplémentaire qui ne représente que 1 % de la capacité globale de production annuelle, cela pourrait être beaucoup plus problématique si les 2 M de véhicules considérés devaient être rechargés en même temps, l'appel de charge étant alors de 15 GW, soit 15 % de la capacité globale. Cela ne serait pas gérable sans disposer d'outils permettant

un délestage d'autres équipements raccordés au réseau ou sans faire appel à une énergie produite ou stockée localement. Or, en 2030, il est prévu que plus de 30 % du parc automobile sera électrique et que 92 % de la recharge de ces véhicules s'effectuera dans un bâtiment. Il est donc impératif d'équiper rapidement tous ces bâtiments d'une infrastructure numérique mutualisée couplée à des outils de pilotage pour permettre d'absorber progressivement cette surcharge, en évitant un surdimensionnement des installations qui aurait une empreinte carbone déplorables et générerait un coût difficilement absorbable pour les usagers. Ne serait-ce qu'à l'échelle d'un logement, l'ajout d'une borne de recharge représente une charge supplémentaire correspondant à environ 30 % de la consommation annuelle d'électricité, soit autant que celle nécessaire pour la production d'eau chaude sanitaire ; d'où la nécessité d'un pilotage du réseau. Mais si ces outils de pilotage vont permettre d'ajuster au mieux la demande à la capacité disponible en gérant le mix énergétique et en lissant la charge, ils doivent également permettre de porter des solutions d'efficacité énergétique dans les bâtiments, en asservissant au mieux la consommation énergétique aux usages. En effet, il n'est plus possible de raisonner en logique de silos et de penser que la recharge des véhicules pourrait être faite indépendamment de la satisfaction des autres besoins en énergie du bâtiment. C'est un tout qui doit être piloté dans son intégralité. Cela nécessite *de facto* une interconnexion de l'ensemble des équipements et des réseaux. Le bâtiment va être à la fois consommateur et producteur d'énergie. Alors que la mobilité électrique s'invite dans le bâtiment qui devient progressivement un véritable *hub* de mobilité, ce dernier va

devoir gérer localement un mix énergétique associant production centralisée et décentralisée (PV, éolien...) d'énergie et stockage de celle-ci (batteries, hydrogène, batteries des véhicules (V2X), eau chaude sanitaire...). La complexité de l'arbitrage ne pourra se faire sans le concours d'outils numériques s'appuyant sur l'IA.

Par ailleurs, dans de nombreux cas, une approche limitée à l'échelle du bâtiment ne suffira pas. Il faudra qu'elle soit étendue au quartier afin de pouvoir globaliser les besoins et mutualiser les ressources et les infrastructures. C'est un énorme chantier qui nécessite de repenser globalement et rapidement notre modèle énergétique, en nous appuyant systématiquement sur des outils numériques, d'où l'importance de déployer dans tous les bâtiments, dans les villes et sur l'ensemble du territoire cette infrastructure numérique mutualisée qui doit permettre de porter ces services énergétiques. Mais contrairement à certains *a priori*, il ne s'agit pas uniquement de déployer un réseau Internet (la fibre, la 4G ou la 5G), il faut aussi mettre en place l'ensemble des équipements et systèmes nécessaires à la collecte, au stockage, à la contextualisation et à l'exploitation des données. Il s'agit de mettre en place un véritable « réseau smart », qui soit partie intégrante de tout bien immobilier (voir la Figure 2 ci-après). Ainsi, dans un immeuble de logements collectifs, ce réseau, potentiellement indépendant du réseau Internet desservant les occupants, alimentera le bâtiment et les logements considérés en services correspondant à des fonctions essentielles, telles que

la fourniture de l'énergie et de l'eau, ou contribuant à la sécurité des biens et des personnes et à la préservation de la santé des occupants. Ces données sont alors gérées au niveau local, au sein du service d'exploitation du bâtiment (ou Building Operating System – BOS), qui est le véritable coffre-fort des données du bâtiment.

De fait, le sujet de la rénovation énergétique des bâtiments et, plus particulièrement, de la mise en place de solutions de pilotage et d'efficacité énergétique peut être une formidable opportunité pour déployer concomitamment ce réseau *smart* mutualisé dans tous les bâtiments. En effet, il est avéré que la mise en place de solutions d'efficacité énergétique reposant sur l'instrumentation d'un bâtiment au travers de capteurs et d'actionneurs pilotés par une application, le tout connecté à une infrastructure numérique, permet de réaliser en moyenne 25 % d'économies énergétiques, rien que par le jeu d'une meilleure régulation de la consommation et d'un asservissement de l'éclairage ou du chauffage à la présence des usagers et à l'ouverture des fenêtres. Alors que le coût de l'infrastructure numérique peut représenter jusqu'à près de 25 % de l'investissement, la mutualiser au profit d'autres services permettra d'en réduire l'impact financier.

S'appuyer sur le pilotage énergétique, qui est un service universel dans le bâtiment, semble dès lors une évidence pour déployer cette infrastructure numérique mutualisée – ou réseau *smart* – dans tous les bâtiments et, par extension, dans les villes et les territoires.

Réseau Smart « Immobilier » vs Smart Home « Occupant »

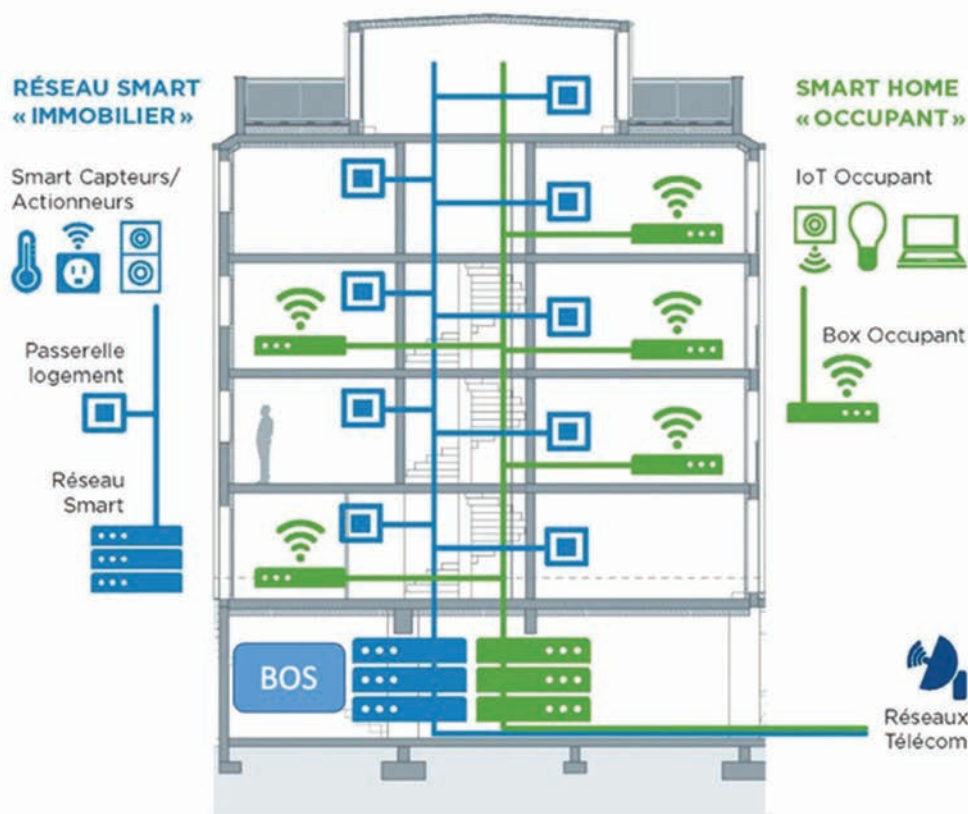


Figure 2 : Exemple de réseau *smart* conformément au label R2S Résidentiel – Source : SBA.

Le message est clair : ne nous trompons pas dans la chronologie des investissements.

En effet, l'investissement nécessaire au déploiement de solutions d'efficacité énergétique dans un bâtiment représente à peine 10 % de celui lié à son isolation, avec à la clé une économie immédiate d'énergie de 25 %. Déployées massivement, ces solutions permettraient de contribuer au financement des travaux d'isolation, tout en portant la mise en place dans chaque bâtiment de ce fameux réseau *smart* nécessaire au déploiement de services multiples (parfois à coût marginal), à commencer par l'Internet haut débit qui doit être considéré désormais comme un service essentiel au même titre que l'eau ou l'électricité. C'est le propre d'un bâtiment 4.0.

Un bâtiment 4.0, pour quels avantages ?

A *contrario* des appellations galvaudées que sont la domotique ou le bâtiment intelligent, le bâtiment 4.0 ne doit pas être considéré comme un gadget, ni comme une chimère. Il doit s'intégrer dans une vision globale de la société visant à répondre aux grands défis actuels et s'inscrire dans un véritable projet politique. Le dernier message du GIEC est à ce titre sans appel. « **Répondre aux enjeux climatiques passe nécessairement par [l'obligation de] repenser les bâtiments et les villes et l'usage que l'on en fait** ». Ce doit être le grand chantier de cette première moitié de siècle. Ne nous trompons pas de cible. En effet, le bâtiment doit impérativement s'adapter aux nouveaux usages liés au travail, à l'enseignement, au commerce, à la santé, à la culture, à la mobilité, au logement, aux loisirs, à la production..., autant d'usages qui ont changé du fait du numérique. Il n'est en effet plus concevable que les bâtiments restent figés alors que nombre d'usages ont évolués en mode hybride. C'est pourquoi **la question n'est plus : faut-il ou non une dose de numérique dans les bâtiments, mais plutôt quel numérique et pour quel niveau de service ?** Les bâtiments doivent être pluriels, multi-usages et évolutifs. Cela nécessite,

bien entendu, de les doter de ce réseau *smart*, mais également de repenser l'aménagement des espaces pour répondre à un besoin accru de modularité (voir la Figure 3 ci-après).

Cette évolution va s'accompagner de nouveaux modèles économiques reposant sur l'usage. À l'instar de l'industrie de la mobilité qui évolue vers un modèle « *Mobility as a Service* » privilégiant l'usage à la propriété, l'industrie immobilière va devoir progressivement s'adapter pour proposer des services multiples pensés autour des espaces suivant le modèle « *Building as a Service* » ; la valeur d'usage du bâtiment devenant un critère majeur de valorisation.

Se pose alors la question de faire basculer l'ensemble du parc immobilier dans cette nouvelle dimension. Nous sommes sur ce point confrontés au même enjeu qu'il y a 130 ans, alors qu'il était question d'électrifier les bâtiments et les villes. Mais si, à l'époque, il a fallu plusieurs dizaines d'années pour procéder à cette électrification, l'enjeu aujourd'hui est d'arriver dans un délai plus court (de l'ordre de cinq à dix ans) à déployer uniformément cette infrastructure numérique mutualisée dans tous les bâtiments, villes et territoires !

Pour y parvenir, il n'est dès lors plus possible d'avoir une approche en silo, qui relègue systématiquement le numérique au rang d'un accessoire générateur de coût. Il faut au contraire opter pour une approche globale intégrant systématiquement la dimension numérique, qui est seule à même de diffuser au sein du bâtiment et auprès de ses usagers des services considérés aujourd'hui comme essentiels. Ainsi, une étude sur la rénovation de logements collectifs reposant sur une approche très générique, démontre qu'en s'appuyant sur un plan de financement s'étendant sur dix ans, l'acquéreur d'un bien peut passer d'un logement basique à un logement 4.0 et bénéficier immédiatement d'une réduction de ses charges de l'ordre de 20 %, une économie venant largement compenser les mensualités de remboursement du prêt qu'il aura contracté. Il peut en outre accéder à des services augmentés, tels que l'Internet haut débit (> 20 Mbits), une efficacité énergétique accrue de l'ordre de 25 %, un pilotage séquentiel

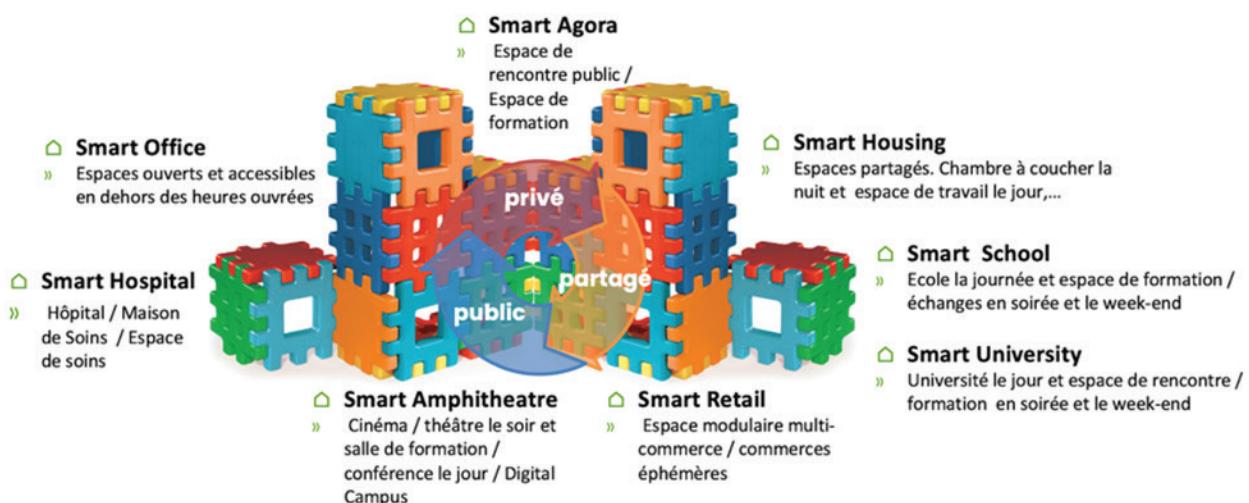


Figure 3 : Vers des bâtiments *smart*, pluriels, multi-usages et évolutifs – Source : SBA.

des bornes de recharge, un accès sécurisé grâce à un portier vidéo, une prévention accrue des risques d'inondation, d'incendie et d'explosion, une amélioration de son confort et, plus largement, du bien-être des autres occupants du logement, l'accès à des services d'assistance aux personnes âgées ou dépendantes, l'accès simplifié à des espaces partagés à usages multiples (travail, buanderie, parking, chambre...), la possibilité de disposer de casiers/boîtes aux lettres connectés... (Voir la Figure 4 ci-après).

Une autre étude portant sur l'immobilier tertiaire et respectant les références WGBC 2021 démontre qu'un bâtiment doté de ce réseau *smart* pourra optimiser sa consommation énergétique à hauteur de 30 %, ainsi que l'occupation de ses espaces (gain de plus de 25 %), grâce à l'ajout de simples capteurs et d'actionneurs, et ce avec un ROI largement inférieur à dix ans. Cela s'accompagne indirectement d'une réduction de l'impact carbone du bâtiment concerné de l'ordre de 20 %.

Quelle architecture adopter pour disposer d'un numérique sobre, sécurisé et maîtrisé (qui soit gage de confiance et d'une adhésion citoyenne) ?

Alors que nous sommes confrontés à une pénurie inédite de composants électroniques et, de manière plus large, à une raréfaction des ressources, à commencer le cuivre, il n'est plus pensable de se référer à des approches en silos et de déployer des équipements, des systèmes et des infrastructures qui seraient dédiés à un seul service, comme le pilotage énergétique ou de la gestion des espaces ou de la sécurité. Ce temps est révolu, même si cela peut heurter les intérêts des offreurs de matériels. Mais l'enjeu est aujourd'hui ailleurs : il est d'équiper massivement tous

les bâtiments d'un réseau intelligent. Il est donc urgent de revoir nos modèles, de mutualiser les équipements et les systèmes présents dans les bâtiments, et ce conformément aux recommandations du cadre de référence R2S de la SBA, et d'évoluer vers des modèles OPEX qui permettent d'ajuster raisonnablement les coûts, et ce au bénéfice des utilisateurs.

La question n'est donc pas de choisir entre *Low Tech* ou *High Tech*, mais « comment le numérique peut contribuer à être *Low Tech* ? »

Nous y parviendrons en repensant nos organisations et nos approches pour que celles-ci soient globales et transversales, et non plus fragmentées et en silos, en nous appuyant sur des outils numériques et en plaçant l'usager et les usages au centre des préoccupations.

Pour des bâtiments dotés d'un numérique sobre, maîtrisé et sécurisé et qui soit au service de leur rénovation énergétique

Pour accompagner cette transition numérique des bâtiments et des villes, la SBA a travaillé pendant dix ans sur la rédaction du cadre de référence R2S (Ready2Services), qui définit les conditions de la connexion d'un bâtiment à Internet et comment celui-ci doit communiquer ses données durablement et en toute sécurité. Nous parlons ici d'une infrastructure mutualisée d'un ensemble de services – ou réseau *smart* –, commune au bâtiment et à ses occupants, avec comme prérequis :

- un réseau IP fédérateur (constituant le quatrième fluide du bâtiment) ;
- une indépendance de ce *smart building* grâce à une structuration reposant sur trois couches : une couche terrain (des équipements et des interfaces), une couche infrastructure de communication et une couche services (les différentes applications) ;

Service	1.1 Mesure et mise à disposition des consommations d'énergie & fluides	1.2 Optimisation des consommations d'énergie & fluides	1.3 Pilotage connecté du chauffage	1.4 Gestion de l'eau	1.5 Transparence dans la communication des consommations énergétiques	1.6 Maîtrise des facteurs d'influence des consommations énergétiques	1.7 Flexibilité énergétique ...	1.8 Pilotage de la production d'énergie locale
ENERGIE & FLUIDE								
CONFORT & BIEN-ÊTRE	2.1 Gestion du confort thermique	2.2 Pilotage des occultants / ouvrants	2.3 Pilotage des éclairages	2.4 Mesure de la qualité de l'air				
SÉCURITÉ	3.1 Détection d'incendie connectée	3.2 Détection de fuite d'eau connectée	3.3 Détection de fuite de gaz connectée	3.4 Système anti-intrusion connecté	3.5 Vidéo Surveillance des parties communes	3.6 Portier vidéo et accès résidence connectés	3.7 Serrure connectée logements	3.8 Extinction manuelle connectée
QUALITÉ D'USAGES NUMÉRIQUE	4.1 Carnet numérique du logement et du bâtiment	4.2 Portail de services smart du logement/bâtiment	4.3 Bouquet de services connectés, à la carte	4.4 Réseau Voix-Données-Images garanti et renforcé	4.5 Existence d'un accès public WiFi de la résidence	4.6 Couverture "Indoor" des réseaux Mobiles	4.7 Ecrans interactifs dans la résidence	
E-SANTÉ & MAINTIEN À DOMICILE	5.1 Système détection des situations à risques	5.2 Dispositif facilitant la liaison entre les aidants (professionnels et familiaux)	5.3 Dispositif de maintien et développement du lien social	5.4 Systèmes de monitoring des paramètres physiologiques	5.5 Fonctions facilitant le bien vieillir à domicile			
SERVICES PARTAGÉS	6.1 Bornes de recharge connectées pour VE	6.2 e-Conciergerie	6.3 Boîtes aux lettres / boîtes à colis connectées	6.4 Ressources d'immeuble partagées	6.5 Places de parking partagées	6.6 Ascenseurs connectés		
SERVICES GÉNÉRAUX	7.1 Supervision des équipements liés aux parties communes	7.2 Maintenance multi technique	7.3 Suivi d'exploitation	7.4 Suivi de gestion de l'immeuble				

Figure 4 : Exemples de services proposés dans un logement 4.0 – Source : SBA.

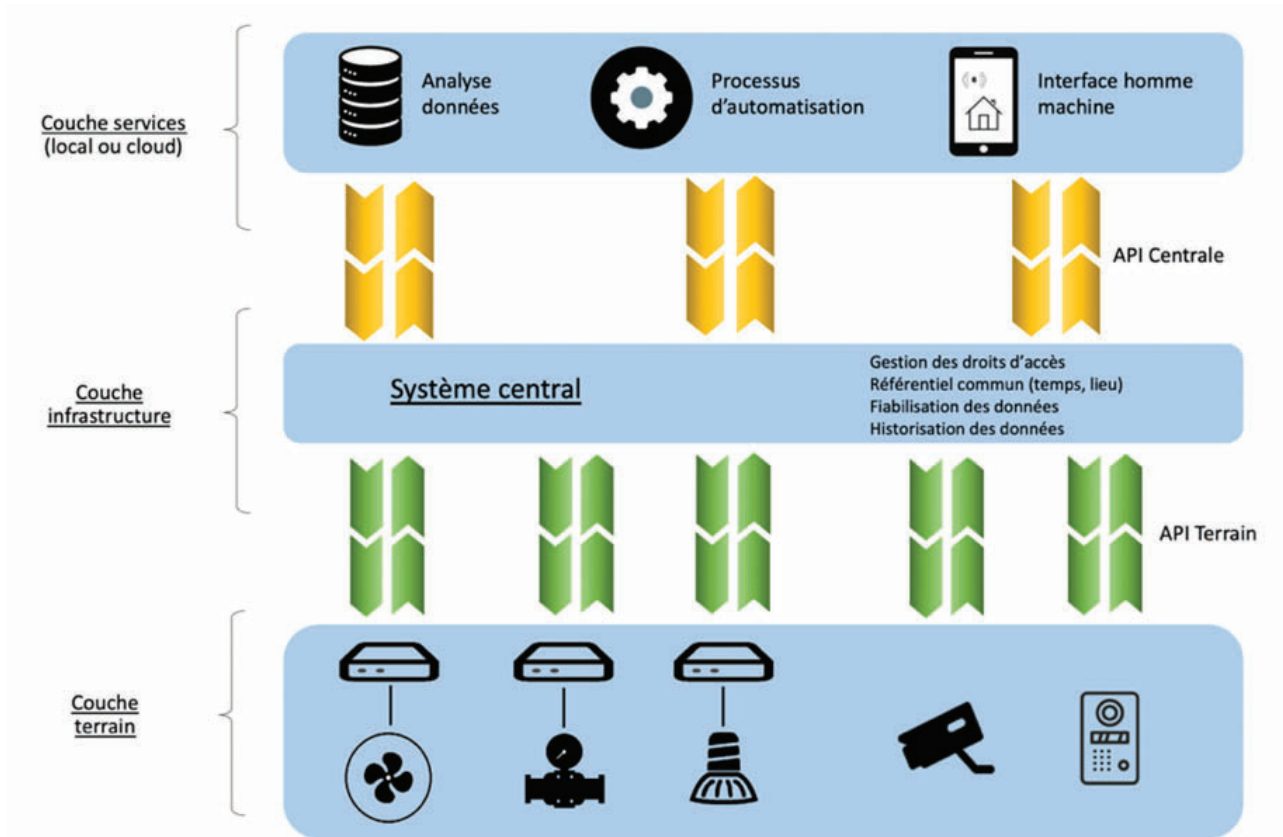


Figure 5 : Illustration de l'indépendance d'un *smart building*, au travers de trois couches, conformément au label R2S – Source : SBA.

- l'interopérabilité des équipements et des interfaces grâce à des APIs ouverts et renseignés (API centrale et API terrain) (voir la Figure 5 ci-dessus).

Lancé il y a quatre ans, le label R2S est aujourd'hui reconnu par l'ensemble des professionnels de l'immobilier comme étant la référence pour décrire les caractéristiques d'un bâtiment connecté et communicant. Nombre de collectivités commencent aujourd'hui à y faire référence dans leurs programmes d'aménagement. Sa renommée a dépassé les frontières hexagonales. Il est ainsi repris dans l'indicateur SRI de la Commission européenne et est d'application dans plusieurs bâtiments européens, d'où l'extension de l'action de la SBA à l'international pour porter cette transition avec comme unique objectif, œuvrer pour le bien commun. La sobriété, la cybersécurité mais aussi la confidentialité des données sont des sujets traités

dans le cadre du R2S ; des groupes de travail dédiés viennent l'enrichir en permanence. La SBA s'attache également à travailler sur des sujets transversaux, comme les nouveaux métiers du bâtiment et la formation des acteurs du secteur, le cadre juridique de la construction et les nouveaux modèles économiques associés. Elle s'intéresse également à un point central de cette numérisation qui est la gouvernance des données, un enjeu majeur pour obtenir la confiance des usagers, laquelle est nécessaire à toute massification de l'exploitation des données. La promotion de la diffusion d'un système d'information reposant sur un BOS (Building Operating System) et mettant en avant le côté patrimonial des données relatives au bâtiment qui en est doté et à ses utilisateurs, va dans ce sens. C'est un projet très structurant et essentiel pour le devenir du bâtiment 4.0.