

L'INGÉNIEUR *constructeur*

REVUE TECHNIQUE DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DIPLÔMÉS

ACTUALITÉS
PROFESSIONS

**Tramway de Nice:
complexités techniques
à l'est de la ligne 2**

CONSTRUCTION
TECHNIQUE

**Smart building
une nouvelle approche immobilière**

développement
DURABLE
ÉNERGIES
RENOUVELABLES

**La croissance verte
et la filière béton - 3^e partie**

management
RESSOURCES
HUMAINES

**Les enseignements
de 2 années d'exercice
du management**

**Les apports du rugby
pour le management**

concep-
TEURS

**Thibaut Robert
Architectes et associés
(TRAA)**

en DIRECT
DES ENTREPRISES

**La parole aux acteurs
et leurs entreprises**



Smart Building (un)limited une nouvelle approche immobilière

En France, à l'heure où les grands acteurs de l'immobilier, tant privé que public, ont bien compris que, dans leur domaine, il fallait « Manager la transformation digitale dans une logique d'innovation ouverte... » (sic. Bordeaux Métropole), la plupart s'interrogent encore sur la méthode à suivre et sur les justes moyens à employer. « BIM, IoTs, PoE, R2S, IP » viennent balayer des décennies de quasi immobilisme et introniser un nouveau spécimen : le « smart building », curieux mutant semblant détenir la clé de notre proche avenir (immobilier) et de son évolution. Comment s'y retrouver sinon en posant le problème dans sa globalité, de façon pragmatique et en commençant par le commencement ?

Cet article pose le contexte et décrit les premiers éléments d'une méthodologie propre à répondre au besoin de concevoir des bâtiments intégrant la capacité d'évoluer selon un futur non encore écrit.



Du besoin au « Smart »

Au début était le besoin : l'homme a d'abord construit pour s'abriter, pour se défendre, pour honorer les dieux. Quand le symbole prévalait, le bâtisseur respectait encore un programme et une étiquette.

Sous couvert de rationalisation, les siècles industriels ont peu à peu réduit la grande majorité des constructions à un jeu de boîtes anonymes pouvant abriter tout type d'activité : commerciale, tertiaire, industrielle, voire résidentielle.

Et, bien que l'industrie ait su redécouvrir l'intérêt que pouvait présenter, au plein sens du terme, la lecture de son processus à la simple vue de ses installations, l'approche architecturale, notamment tertiaire, ne s'est longtemps illustrée qu'à travers des audaces formelles qui ne reflétaient en rien la finalité attendue des édifices.

Puis vint le « Smart » : après Rowntree's (1937), Gagarine, Mercedes et IBM, Apple immortalise l'appellation en 2007 avec le lancement de l'iphone.

Rapidement universalisé (smart car, smart food, smart games, smart TV...), le smart a également envahi l'urbanisme et l'immobilier : smart city, smart energy, smart grid, smart data, smart II, smart home et, plus génériquement, smart building, avec les métiers associés tels que smart AMOA, smart AMOE voire smart Builder...

Le lot « Smart » devient même, progressivement, un habitué de nos appels d'offres.

Quel que soit son domaine d'application, et pour déformé qu'il soit dans son emploi francisé, le

terme intègre comme signification principale une bonne et souvent dynamique « adaptation au besoin ».

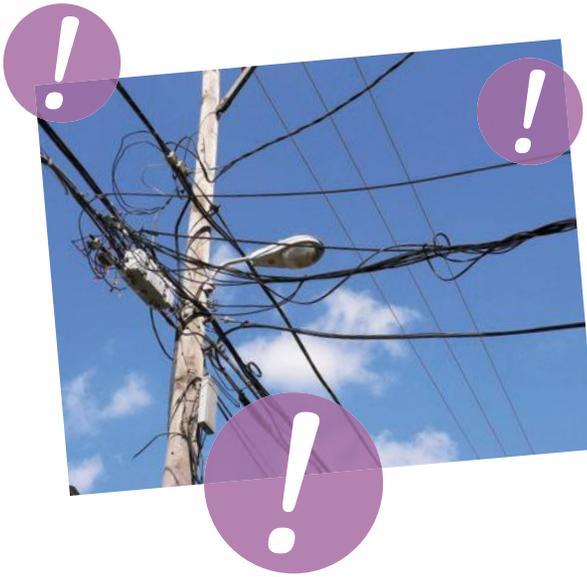
C'est ce caractère que j'aimerais retenir pour une première définition du Smart Building : bâtiment numérique capable de répondre et de s'adapter aux besoins de ses utilisateurs.

Il faut à présent détailler ce que sont ces utilisateurs et leurs besoins, ce que recouvre cette capacité d'adaptation, les moyens et services associés ou associables, leur potentiel d'évolution et les limites vraisemblables de leur cadre de contraintes financières et organisationnelles. Il faut aussi, pour commencer, définir ce qu'est un bâtiment numérique.

Le bâtiment « Digital In »

Le Larousse définit le bâtiment comme une construction destinée à servir d'abri (à des êtres, à des biens, à une activité...). L'adjectif « numérique », utilisé ici au sens de l'anglais « digital », signifie « ayant recours à des systèmes informatiques ». S'agissant d'un bâtiment, je préfère parler de « systèmes informatisés », mariage de systèmes techniques et de sous-systèmes informatiques leur permettant de communiquer. Mais être une construction équipée de systèmes informatisés ne saurait suffire : il faut préciser ce que gèrent ces systèmes et pour quelles finalités.

Fin 2013, dans la rubrique Développement Durable de *l'Ingénieur Constructeur* n°528, dans son article « Pourquoi rendre les buildings « smart » ? », Teddy Caroni, Directeur associé de BTIB, retraçait le parcours d'insertion des systèmes informatiques/infor-



matés dans le bâtiment, des premières GTC aux outils de supervision, et l'évolution nécessaire de leur usage vers la proposition de services à l'utilisateur exploitant. Les systèmes informatiques devaient gérer les systèmes techniques (énergies, fluides, sécurité, sûreté...) et permettre leur supervision.

Fin 2018, le smart building doit non seulement servir ses exploitants mais aussi l'ensemble des acteurs avec lesquels il est susceptible d'être ou d'entrer en rapport (voir chapitre suivant). La notion de système informatisé a été élargie à l'ensemble de ses équipements connectables. Sa composante SI ajoute à la dimension « bâti » du smart building celle de réceptacle et de diffuseur de l'ensemble des données le concernant. Sa composante BIM éventuelle lui ajoute un avatar sous forme de maquette numérique porteuse d'une partie de ces données⁽²⁾. Ainsi, son évolution contient son histoire, et son intelligence présumée lui permet d'en tenir et d'en rendre compte dans l'optique de l'optimisation permanente du service rendu⁽²⁾.

Le smart building en vient parfois à être perçu comme un nouvel « acteur », version moderne de « l'organisateur du cadre de vie » de l'entreprise, rôle réservé au Responsable des services généraux (RSG) au début de ce siècle.

La réalité est à la fois moins simple et plus riche :

- la dimension numérique du bâtiment lui confère une existence électronique dont l'étendue potentielle s'étend des premières ébauches de faisabilité jusqu'au suivi de l'ultime recyclage du dernier de ses matériaux,
- inversement, un bâtiment peut ne devenir smart qu'en cours d'existence tout comme il peut retourner à sa condition de bâtiment « lambda » pour cause d'implémentation ou de transition mal maîtrisée,
- enfin, le smart building est plus appelé à devenir le meilleur outil du RSG qu'à le remplacer⁽²⁾.

Users & co(ntexte)

Positionnons-nous dans un contexte tertiaire.

Sans que cette liste soit exhaustive, les principales classes d'acteurs susceptibles d'interagir avec un bâtiment sont :

- les concepteurs : A(MOA), aménageurs, promoteurs, architectes, bureaux d'études, de contrôle...
- les constructeurs/démolisseurs : CES, entreprises générales, intégrateurs, installateurs...
- les exploitants : FMers, services généraux, énergéticiens, prestataires divers...
- les occupants : services opérationnels, services support, visiteurs, occupants occasionnels...

Acronymes et définitions

AMOA : Assistant ou Assistance à Maîtrise d'ouvrage.

API : Application Programming Interface, ensemble normalisé de classes, de méthodes ou de fonctions qui sert de façade par laquelle un logiciel offre des services à d'autres logiciels.

ARSEG : Association des Directeurs de l'environnement de travail (anciennement Services généraux).

Backlog : liste priorisée des livrables à produire dans le cadre d'un processus agile.

FMer : Facility Manager, prestataire prenant en charge l'ensemble des services liés à la gestion d'un site ou d'un bâtiment, services aux bâtiments (maintenance, entretien, exploitation) et services aux occupants.

IA : Intelligence artificielle.

IFC : Industry Foundation Classes, format de fichier standardisé (norme ISO 16739) orienté « objet » utilisé par l'industrie du bâtiment pour échanger et partager des informations entre logiciels.

IoT : Internet of Things, appellation générique utilisée pour désigner le monde des objets connectés.

IP : Internet Protocol, famille de protocoles de communication de réseaux informatiques conçus pour être utilisés sur Internet, dont l'utilisation se généralise dans les smart buildings.

MOA : Maîtrise d'ouvrage.

PoE : Power over Ethernet, fonctionnalité réseau définie par les normes IEEE 802.3af et 802.3at et qui permet d'alimenter des appareils en réseau avec des câbles Ethernet via la connexion de données existante.

R2S : Ready2Services, label délivré par Certivea (CSTB) ayant pour vocation de « préparer le bâtiment connecté et communicant à accueillir une multitude de services numériques ».

Restful : qualification d'une API ou d'un service web conforme au style d'architecture REST (representational state transfer).

SI : Système d'information, ensemble organisé de ressources qui permet de collecter, regrouper, classifier, traiter et diffuser de l'information sur un environnement donné.

SYPEMI : Syndicat des professionnels du Facility Management.

TIC(s) : Technologies de l'information et de la communication.

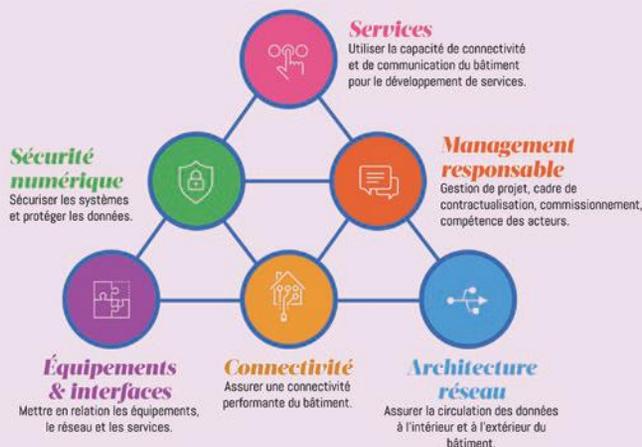
Websocket : spécification d'un protocole permettant une communication bidirectionnelle et full duplex sur une seule socket TCP entre un client et un serveur.

SBA, R2S et BIM

SBA, la Smart Building Alliance (association issue des trois pôles : Building Automation, Énergie/Infrastructure et IT/logiciel), est à l'origine du nouveau label européen « Ready2Services » (R2S), qui définit les principes que devrait respecter le bâtiment intelligent de demain, et de plusieurs chartes, dont la récente « Charte d'utilisation du BIM pour une récupération de la data structurée, exploitable et éthique » qui, si elle ne révolutionne pas le domaine, a le mérite de préciser quelques vérités simples dépassant allègrement le seul cadre du BIM.

Le label Ready2Services

Le principe du label R2S pour les smart buildings, décomposé en trois domaines : une gouvernance responsable sur une base technique solide et sécurisée pour un bâtiment prêt à l'implémentation de services à ses différents acteurs (y compris lui-même pour la partie automation).



Source : Certivéa/SBA

La charte SBA d'utilisation du BIM

La charte SBA d'utilisation du BIM propose en substance les principes suivants :

1. Les données appartiennent au maître d'ouvrage.
2. Les maquettes numériques sont contractuelles ainsi que l'ensemble de leurs sous-produits graphiques.
3. Il doit exister une maquette numérique unifiée (informations graphiques et data de l'ensemble du projet).
4. Les différents livrables et les caractéristiques fonctionnelles, performancielles, techniques et économiques du projet doivent être en lien avec ce modèle unifié.
5. Les règles de commissionnement (tous les systèmes et composants d'un bâtiment ou d'une installation industrielle sont conçus, installés, testés, exploités et entretenus conformément aux exigences opérationnelles du maître d'ouvrage, du maître d'œuvre ou du client final) et d'interopérabilité (capacité d'un produit ou d'un système à fonctionner avec d'autres) doivent être respectées.
6. Les données doivent être organisées en amont.
7. Les données « statiques » (informations graphiques et data intrinsèques au bâtiment « physiques »), dont le support est le modèle unifié, doivent être liées aux données « dynamiques » (issues des capteurs, actionneurs et outils métier), ces dernières respectant les principes R2S.
8. Les données sont sécurisées en Europe et sous législation européenne.

- les propriétaires : investisseurs, maîtrise d'ouvrage corporate, particuliers...
- les gestionnaires : administrateurs de bien, agents immobiliers...
- le voisinage : quartier, ville, collectivité au sens large...

Parallèlement, en retraçant brièvement les phases historiques des différents courants de prise en compte du numérique dans les mondes de la construction et de l'immobilier français, nous pouvons voir, de façon très schématique :

- les IFC, à l'origine généralistes, se frayer, après des années d'errance, un difficile chemin via le BIM « construction »,
- la domotique, à caractère industriel, peiner à rentrer chez le particulier,
- la GTC puis la GTB progresser mais de manière silotée et souvent lourde,
- le 3D s'immiscer progressivement dans la promotion par le commercial,
- les données « bâtiment » émerger plus ou moins via le carnet numérique et, enfin,
- les IoTs secouer les inerties et perturber les autres tendances à l'heure où tout le monde semble subitement trouver essentiel d'être connecté.

Chacune de ces avancées, sans réelle coordination avec ses voisines, n'a concerné qu'un nombre limité de ces classes d'acteurs.

L'avènement de l'IoT a véritablement servi d'élément déclencheur à un mouvement de convergence que nous pourrions qualifier d'historique. Son arrivée, au caractère subitement ressenti comme inéluctable, a forcé la prise de conscience que « la transition numérique sera globale ou ne sera pas » (merci André Breton !) et qu'elle concernera, de façon conjuguée, tous les acteurs cités ci-avant.

Et nous n'oublions pas que cette prise de conscience est également l'aboutissement d'un long travail de maturation des principales associations de FMers (SYPEMI), de services généraux (ARSEG) et de regroupements de type SBA (Smart Building Alliance / voir encadré) dont les intérêts convergents et de plus en plus croisés ont fini par montrer à la profession que tous

devaient avancer dans le même sens.

Pour preuve que le message est passé, il suffit d'observer l'émergence récente de sociétés de conseil spécialisées dans le Smart Building (smart AMOA, smart AMOE, gestion du « BIS » (building information system)) avec des intervenants seniors ayant la double casquette bâtiment/SI associées à de fines gâchettes des nouvelles technologies (Big Data, IA...).

Le monde de l'immobilier se trouve ainsi à un « instant charnière » où ses acteurs (et prestataires) moteurs proposent de nouvelles règles du jeu, structurées et numériques, aux principaux acteurs financiers en quête d'un nouveau modèle, économique et numérique, qu'ils appellent de leurs vœux mais dont ils n'appréhendent pas toutes les facettes. C'est le bon moment pour revenir aux sources.

Program & TICs

Dès l'antiquité, l'acte de construire pour un commanditaire s'appuyait sur une demande, formulée dans un cadre, technique ou symbolique, dont maître d'œuvre et exécutants étaient tenus de respecter les règles.

Au siècle dernier, au Royaume-Uni et en France, notamment, la programmation architecturale trouve un cadre et une identité avec pour finalité première, toujours, de s'assurer que l'objet livré correspond bien, point à point, à la commande du maître d'ouvrage. Pour faire court, cette partie clé des études préalables permet, en amont de la phase de conception, de définir les objectifs, les contraintes et les besoins (basés sur l'observation des modes de fonctionnement des utilisateurs présumés) de l'ouvrage à bâtir. Il est également possible, à chaque étape d'avancement, de comparer l'objet proposé au programme initialement défini et, le cas échéant, de réagir en conséquence.

En France, depuis une trentaine d'années, la législation impose même le recours systématique à un programmiste, différent de l'architecte concepteur, pour les études préalables de certains types de bâtiments et d'équipements publics. Comme souvent, le privé prend cette pratique à son compte dans le cas d'ouvrages d'une certaine complexité.

Pourquoi ne pas adopter, en l'adaptant à propos, ce type de démarche au bâtiment numérique ?

Difficulté d'approche

La différence essentielle entre smart building et bâtiment traditionnel est l'utilisation du numérique en appui de nouveaux services et d'une évolutivité, difficile à apprécier, desdits services et usages associés sur la durée de vie du bâtiment intelligent (ou la durée de vie restante d'un bâtiment upgradé en cours d'exploitation).

La difficulté principale vient de la différence de cycle de vie entre l'élément bâti et la plupart de ses composants numériques. Au-delà de l'obsolescence des équipements numériques (on parle déjà d'une durée de six mois pour certains d'entre eux), les usages même évoluent à une vitesse jamais observée auparavant.

La durée totale d'un projet de construction un peu important, en neuf ou en réhabilitation lourde, même parfaitement réalisé, peut rapidement dépasser les trois ans. Ainsi, des décisions prises à l'étape de programmation seront caduques avant même le commencement des travaux. Et pendant le même temps, de nouvelles technologies non anticipées auront également vu le jour...

Pour répondre techniquement, la majorité des intervenants actuels s'accordent sur la mise en place d'une technologie ouverte, interopérable et normalisée, sur une base de communication de réseau IP et d'API ouvertes et documentées (Restful ou, mieux, Websockets), garantissant une évolutivité maximale de l'architecture SI utilisée ⁽¹⁾.

Pour répondre fonctionnellement, il faut une approche à la fois agile, pour une adaptation permanente aux évolutions, en cours de projet comme en cours d'exploitation, et extrêmement rigoureuse et cadrée pour rester en mesure de suivre et d'arbitrer justement les potentialités associées.

C'est une telle démarche que je vous propose ci-après.

Incidemment, la convergence des avancées technologiques concourant à la transition numérique va faciliter cette approche, à condition de bien comprendre, et de respecter, ce que le caractère global de la démarche engage.



The Edge - Amsterdam

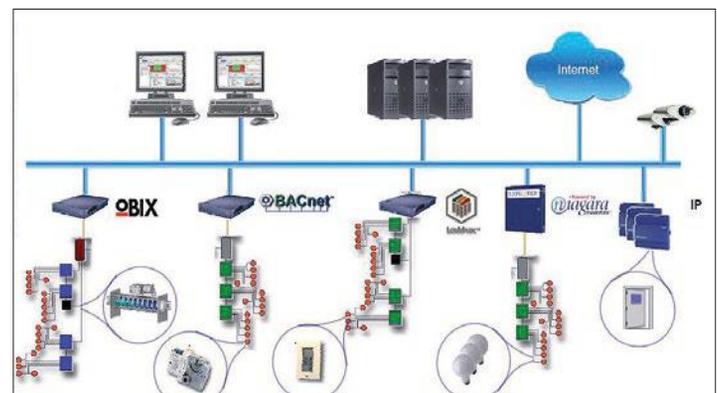
Le cas d'étude

Nous nous positionnons a priori dans le contexte d'un ensemble patrimonial comportant plusieurs sites et bâtiments d'une importance justifiant une gestion via un système d'information évolué.

Axiomatique

Ce contexte posé, les quelques axiomes suivants me semblent devoir être précisés mais ne pas nécessiter de légitimation particulière :

- La démarche intègre de fait le projet dans son écosystème géographique (quartier, ville...) et dans son positionnement patrimonial (autres sites et bâtiments du maître d'ouvrage). Le bâtiment numérique ne saurait être déconnecté.
- Le vocabulaire (au sens le plus large) du projet doit s'intégrer dans le vocabulaire (du SI) patrimonial. Si le vocabulaire existant est incorrect ou limité, il faudra le corriger ou l'étendre, ou les deux.
- Les modes de fonctionnement des utilisateurs doivent être connus. Dans le cas contraire, ils doivent être identifiés et décrits (fondement même de la programmation).
- Il faut une programmation architecturale sur laquelle s'appuyer ou à établir conjointement avec un programmiste « classique » dévolu à cette tâche.



Integrating Building Automation Systems : une lente évolution vers l'IP

- Dans le cadre d'une approche fullBIM (de niveau 3 : tous les intervenants sont intéressés à la conception, dès le départ du projet) la programmation se fera avec l'ensemble de ces intervenants (a minima en tant que validateurs conjoints).

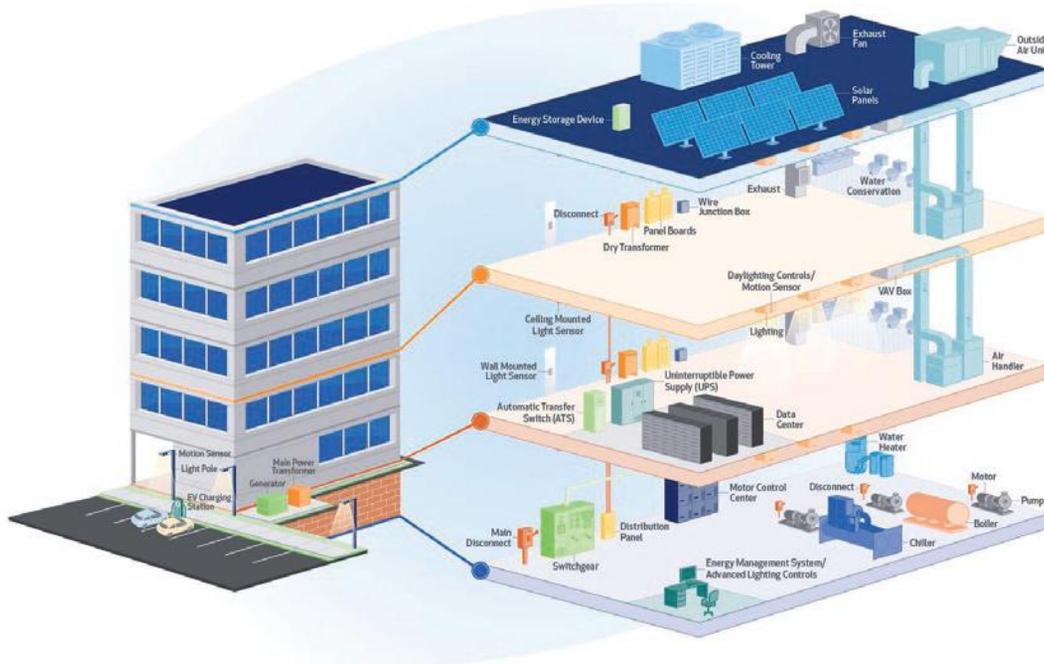
La démarche analytique

L'aspect spécifique de la démarche mérite plus de détail.

Partant de l'adage vérifié que l'on ne gère bien que ce que l'on connaît parfaitement, le plus grand soin doit être pris tant dans la méthode que dans le rendu de l'analyse des principaux objets de gestion du projet :

- Définition des typologies

Suivant une approche orientée objet « classique », les « use cases » et les « user stories » utilisés par la programmation architecturale sont repris, au besoin complétés, pour



Un peu d'histoire: Smart building automated controls

- Proposition de scénarios et de populations standard

Cette appréciation permet de proposer des scénarios pertinents présentant des types d'espaces proches complétés (ou amputés) de certains services et conférant au projet un sous-ensemble de « populations d'espaces standard » à la plurivalence maîtrisée. Il est important de noter que, même pour l'étude de services à caractère principalement numérique, l'incidence des caractéristiques « immobilières » des différents types d'espaces n'est pas à négliger.

Ces scénarios sont soumis à l'arbitrage de la maîtrise d'ouvrage. Ils peuvent s'arbitrer sur le plan des usages, sur le plan des techniques et, d'une façon plus ou moins liée, sur le plan financier, selon les objectifs, contraintes et limites de l'un ou l'autre de ces domaines.

Une fois l'arbitrage effectué (et les populations arrêtées), cette standardisation autorise également une plus grande souplesse d'évolution (maîtrisée) du bâtiment.

établir le classement par typologie de tous les éléments du projet dans le contexte patrimonial défini.

La définition des classes d'objet porte en particulier sur les types d'espaces (intérieurs et extérieurs, bâtis et non bâtis), les types de biens, les types de systèmes et d'équipements, les types de services et d'usages, notamment numériques, les types d'acteurs.

Il est primordial de contracter les typologies au maximum et de faire jouer à plein les règles d'héritage entre classes d'une même typologie.

Cette définition permet la mise à jour (éventuellement en différé) des éléments du SI patrimonial existant : dictionnaires d'objets et de données, nomenclatures, règles de gestion.

- Établissement de la matrice (types d'espaces / types de services)

Une matrice croisant les types d'espaces et les types de services leur correspondant est établie : elle sera conservée et mise à jour tout au long du projet et, si possible, de la vie du ou des bâtiment(s).

Cette matrice permet de mettre visuellement en évidence les différences servicielles entre les différentes typologies d'espaces.

Elle permet d'apprécier le « gap » (en plus ou en moins) pour passer d'un type d'espace donné à un autre.

- Gestion du backlog serviciel

Il est alors possible d'aborder les phases de conception en intégrant et en classant les différents services (par extension, les différents types d'espaces) dans un backlog évolutif (méthode agile) permettant la prise en compte des évolutions technologiques tout au long du projet aux moments les mieux appropriés. Notons que le reliquat de ce backlog est appelé à intégrer le DIUO (électronique) à la livraison du projet.

Si une démarche BIM 4D est adoptée (prise en compte du temps dans la maquette), il devient possible de déterminer la date au plus tard à laquelle traiter tel ou tel équipement sans risquer de retarder le projet.

- Utilisation de la maquette numérique en support aux services

L'utilisation de la maquette numérique liée à la typification précise des types d'espaces donne une cartographie servicielle géoréférencée qui permet de visualiser les zones fonctionnelles du bâtiment et, parmi celles-ci, celles les plus susceptibles d'évoluer selon les avancées technologiques, présentant ainsi des avantages tant pour l'organisation que pour les évolutions.

Signalons encore que l'intégration des réseaux et éléments terminaux



La Tour Hekla - Paris La Défense

participant à l'architecture SI du projet dans la maquette BIM permet d'apprécier plus rapidement et plus efficacement les possibilités et les incidences d'insertion de ces nouvelles technologies sur l'existant.

Mise à jour, toujours

Enfin, il faut insister sur le fait que la mise à jour en « temps réel » de ces différents éléments d'information (matrice espaces/services, maquette numérique, différents dictionnaires d'objets et de données, nomenclatures...) est essentielle pour garder le contrôle et, dans le meilleur des cas, une capacité d'anticipation sur l'évolution des usages et des services (notamment numériques) du ou des bâtiments concernés.

Par analogie et pertinence de l'extension, j'ai baptisé cette méthode la « programmation servicielle ».

Pour aller plus loin

La programmation servicielle, décrite ici en synthèse, n'est qu'un des maillons permettant de définir puis d'implémenter un smart building ou tout projet intégrant les concepts associés à cette appellation.

L'identification formelle des services, la conception de l'architecture SI (équipements, connectique, réseaux, protocoles, interfaces...), le désilotage et les spécifications des différentes plateformes de services (a minima une dédiée au bâtiment et aux acteurs de son fonctionnement, une autre aux occupants du bâtiment et à leurs organisations...), la gestion de l'énergie (n'oublions pas la transition énergétique...), la sécurité, la collecte, le traitement et la restitution des données (au-delà de la constitution des plateformes), le commissionnement... sont autant de sujets qui nécessiteront des développements ultérieurs...⁽²⁾

En avant-goût, je vous livre la représentation du BaaS de BIA Conseil (voir encadré). Curieusement, à l'heure de l'Open Data, lorsque le bâtiment numérique devient outil et ressource, à consommer sans modération, au service de l'entreprise et de son propre écosystème, à cette appellation (universelle) de Building « as a Service » j'ai tendance à préférer celle de Building « as a Resource » et le concept associé : l'Open BaaS.

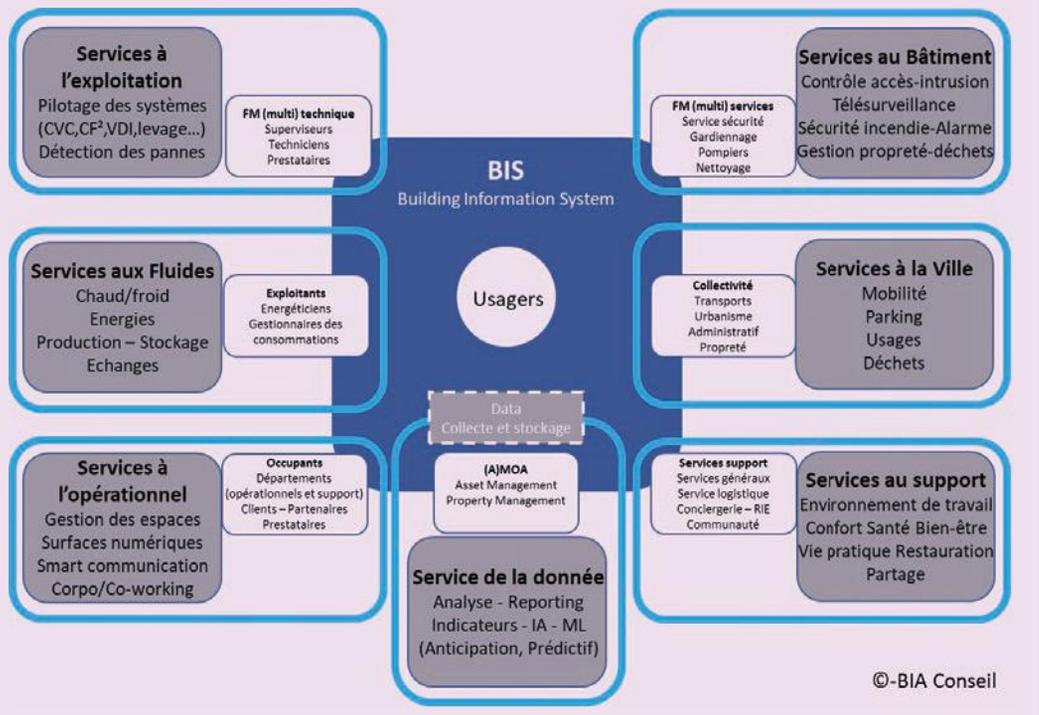
Eric Desbarres TP 79

Building as a Service

Ce schéma de principe, extrait de la plaquette BIA Conseil, illustre bien le caractère global de la transition numérique appliquée au bâtiment.

Le bâtiment devient une plate-forme de services à l'égard de l'ensemble des acteurs concernés.

Les trois étages (en partant du haut) décrivent respectivement les services aux acteurs du fonctionnement du bâtiment, les services aux acteurs périphériques (grid, collectivité...) et les services aux acteurs occupants et/ou gestionnaires (AM/PM), avec la donnée numérique au cœur et en support de son écosystème.



Bientôt "green", bientôt "smart",
la Tour Montparnasse - Paris



(1) On peut consulter le site de la Smart Building Alliance et, notamment, le « Référentiel technique du Bâtiment connecté et communicant » pour avancer sur les principes préconisés.

(2) Dans une prochaine revue L'IC, nous traiterons : le décloisonnement des lots techniques et l'avènement du lot smart/ le BIS et le BOS, au cœur du smart building/ la gouvernance de la donnée smart/ le BIM et le Smart.