

Par **Cédric BOREL (96)**
 Directeur de l'Institut Français
 pour la Performance Energétique
 du Bâtiment (IPFEB)



Réduction des gaz à effet de serre, rareté annoncée des énergies fossiles s'opposent à une croissance incompressible de la demande mondiale, sous la pression des pays en fort développement économique et démographique.

En recherche d'une économie efficace sur le plan des ressources, engagée dans les accords internationaux, l'Union européenne s'est dotée d'une trajectoire volontariste sur l'efficacité énergétique, pariant qu'il s'agissait là également d'un élément essentiel de notre compétitivité.

Les bâtiments représentent 40 % de la consommation d'énergie finale de l'Union européenne, engagée par ailleurs à réduire de 20 % ses émissions de gaz à effet de serre par rapport au niveau de 1990.

Les bâtiments sont une partie importante de cet agenda. Les bâtiments neufs devront être à « énergie positive » en 2020 et des plans contraignants d'économies d'énergie sont en préparation.

Dans cette révolution, le mot « intelligence » s'invite à tous les étages. Les usages sont revus, accompagnés, voire programmés différemment, le bâtiment économe doit être intelligent dans sa gestion de l'énergie et de l'activité qu'il héberge. La production d'énergie décentralisée au niveau du bâtiment comme du quartier vient optimiser la fourniture des grandes énergies industrielles. Un pilotage intelligent de l'ensemble, dans un marché de l'énergie, crée la logique économique globale, appuyée par un système d'information global.

Le mot « *smart* » est donc à l'honneur et sera décliné dans ce qui suit au niveau de l'utilisateur, des compteurs, des applications, de l'exploitation, des infrastructures.

Nous basculons dans un monde où la consommation et la production dialoguent étroitement, « intelligemment », afin de rationaliser l'accès à la ressource et les moyens.

La rationalité économique est au cœur de cette transformation, puisque ces évolutions sont tout entières contenues dans trois marchés qui sont interfacés mais sont substantiellement différents : le marché immobilier, le marché de la construction, et celui de l'énergie. Assistés par les télécoms et les NTIC ?

Ne nous y trompons pas : les produits et modèles découverts et à découvrir sur les marchés matures des grands pays industrialisés seront les solutions pour un monde sous contrainte carbone et ressources. Les vainqueurs de cette « compétition verte » domineront la future économie mondiale.

Une série d'excellents articles, issus des spécialistes nationaux des divers secteurs concernés, permet d'éclairer quasiment toutes les facettes d'un sujet fondamental, qui ne manquera pas de passionner par ses enjeux sociétaux, techniques et économiques.

COMMENT PROPOSER AUX DIFFÉRENTS CONSOMMATEURS UNE GESTION INTELLIGENTE DES BÂTIMENTS ?28

Par **Camille CHARDONNET**
 et **Nathalie VEILLEROBE (2009)**

GESTION DE LA DEMANDE ÉLECTRIQUE : LES BÂTIMENTS INTELLIGENTS COMME ACTEURS MAJEURS31

Par **Jean-Louis COULLON (79)**

NOUVELLE GÉNÉRATION DE BÂTIMENTS INTELLIGENTS.....34

Par **Sylvain FRODÉ DE LA FORÊT (96), Joris GAUDION**
 et **Thierry DJAHEL**

BÂTIMENT INTELLIGENT : LE PARC EXISTANT AU CŒUR DES PRÉOCCUPATIONS39

Par **Loïs MOULAS (2008)**

L'INTELLIGENCE DANS LE BÂTIMENT VIENDRA-T-ELLE DES TÉLÉCOMS ?41

Par **Lionel GREMEAU (97)**

DE L'INTELLIGENCE DANS LE BÂTIMENT ?44

Par **Jean LACROIX**

CONTRÔLE COMMANDE POUR L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS TERTIAIRES À BASSE CONSOMMATION.46

Par **Hervé GUÉGUEN (87)**

BÂTIMENT À ÉNERGIE POSITIVE (BEPOS) ET BÂTIMENT INTELLIGENT, QUELLE LOGIQUE ÉCONOMIQUE ?49

Par **Cédric BOREL (96)**

COMMENT PROPOSER AUX DIFFÉRENTS CONSOMMATEURS UNE GESTION INTELLIGENTE DES BÂTIMENTS ?

Par **Camille CHARDONNET**
(Centrale Paris 2010)

Ingénieur de recherche smart grids
et smart metering
Direction Recherche et Innovation
CRIGEN de GDF SUEZ



et



Par **Nathalie VEILLEROBE**
(Supélec 2009)

Ingénieur de recherche smart grids
et smart metering
Direction Recherche et Innovation
CRIGEN de GDF SUEZ

Les enjeux énergétiques mondiaux

Les ressources énergétiques fossiles et minérales diminuent. Il n'est pas évident d'en avoir une vision très précise, néanmoins quelques ordres de grandeur des réserves énergétiques mondiales prouvées peuvent être donnés (source IEA : International Energy Agency) en prenant en compte une augmentation de la population mondiale annuelle de 0,9 % par an en moyenne, entre 2009 et 2035.

Pour le pétrole conventionnel, les réserves sont estimées à 46 ans, et pour le gaz naturel à 59 ans (source *BP statistical review 2011*), pour le charbon à une centaine d'années et à 55 ans pour l'uranium. Selon l'IEA, dans le monde, le pétrole représente 38 % de la consommation d'énergie primaire d'origine fossile et minérale en 2006, le gaz naturel 24 %, le charbon 31 % et le nucléaire 7 %. En France, cette répartition est différente : 41 % de la consommation d'énergie primaire d'origine fossile et minérale en 2006 est nucléaire, le gaz 18 %, le charbon 5 % et 36 % pour le pétrole. Au-delà de la disponibilité des ressources d'énergies fossile et minérale, l'enjeu pour chaque pays est également d'acquiescer une indépendance énergétique. Historiquement, la France ayant sur son territoire peu d'énergies fossiles s'est ainsi orientée vers l'énergie nucléaire pour la production de son électricité.

En 2009, d'après l'IEA, la consommation d'énergie primaire non renouvelable était de 11 Gtep pour une population de 6,5 milliards. Entre 1980 et 2005, l'augmentation moyenne annuelle de la consommation d'énergie primaire non renouvelable mondiale est de 1,7 % par an. La disparité de consommation d'un pays à l'autre est notable : en 2009, d'après

l'IEA, la consommation d'énergie primaire non renouvelable était en France de 4,4 tep par habitant par an, aux États-Unis 8,6 tep par habitant par an, en Chine 1,3 tep par habitant par an pour une consommation d'énergie primaire non renouvelable mondiale de 1,7 tep par habitant par an. La Chine, l'Inde, la Russie et le Brésil sont en cours de développement, il est donc probable que la consommation finale par habitant se rapproche de celle des pays actuellement les plus développés. Dans cette hypothèse, la Chine multiplierait par trois sa consommation annuelle moyenne, pour l'Inde ce facteur serait plus élevé. Ces pays représentent 40 % de la population mondiale, avec un niveau de consommation égal à celui de la France, à population constante, leurs consommations d'énergie finale seraient alors multipliées par deux. Parallèlement, une croissance notable de la population est attendue. Les démographes s'accordent pour prévoir un accroissement de la population mondiale de 50 % d'ici 2050, de sept milliards d'habitants aujourd'hui, la population atteindrait 9,3 milliards en 2050 (source *ONU*). Ces différents éléments permettent de penser que la croissance de la consommation sera conséquente et représentera un enjeu majeur des années à venir.

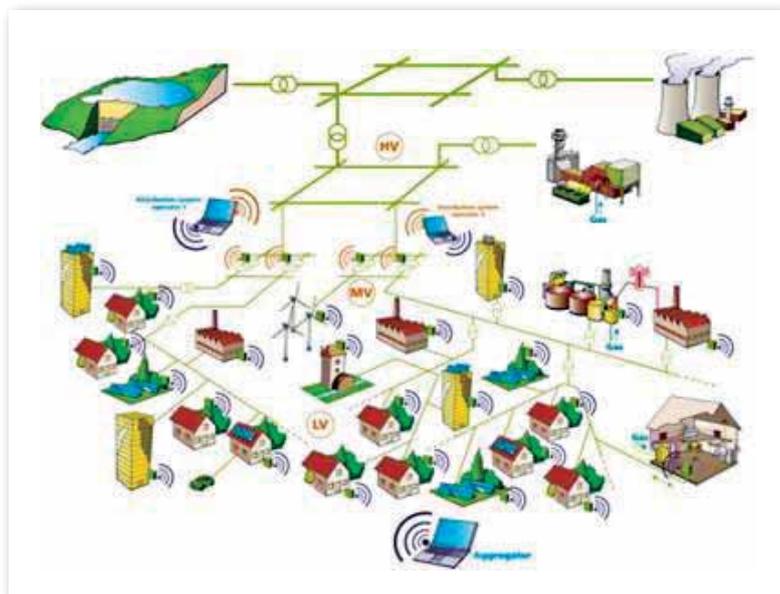
L'examen de la répartition des consommations par secteur montre, qu'en France, 43,2 % de l'énergie finale, en 2010, est utilisée pour le résidentiel et le tertiaire, 31,8 % pour les transports, 22,4 % pour l'industrie et 2,6 % pour l'agriculture (source : *stat.2010, Gouv*). Parmi l'ensemble des secteurs, le secteur du bâtiment est le plus gros consommateur. Ce poste de consommation représente donc une priorité dans la recherche d'efficacité énergétique. Le Grenelle de l'Environnement traduit cette volonté dans le secteur du bâtiment en renforçant les orientations entérinées précédemment en 2005. Ainsi la réglementation thermique 2012 fixe un niveau de consommation énergétique conventionnelle (en énergie primaire) des logements neufs de l'ordre de 50 kWh par m² par an ; celle prévue à l'horizon 2020 conduira à la construc-

tion de bâtiments « à énergie positive », c'est-à-dire de bâtiments dont les usages énergétiques seront compensés (à l'échelle annuelle) par une production locale à base d'énergies renouvelables. En tant qu'énergéticien responsable, GDF SUEZ adapte ses offres commerciales et de services pour proposer des solutions efficaces et à faible impact environnemental. Le Groupe est notamment présent dans le développement par des industriels de nouvelles technologies, l'accompagnement des prescripteurs et réalisateurs dans la conception et la réalisation de bâtiments économes, dans les services de rénovation et de financement d'équipements, et dans la gestion d'installations utilisant les énergies renouvelables disponibles localement.

Un bâtiment intelligent communique avec l'utilisateur et avec son environnement mais est également un bâtiment performant, grâce à la mise en œuvre de solutions innovantes, habitée par des utilisateurs « avisés » dans un contexte réglementaire spécifique. Cet article met l'accent sur les outils de communication à disposition de l'utilisateur pour connaître précisément sa consommation énergétique et pouvoir prendre les mesures adéquates pour la réduire.

Un démonstrateur pour tester les nouvelles solutions de *smart metering*

La gestion énergétique intelligente d'un bâtiment pourrait contribuer à maintenir pendant sa durée de vie, les objectifs fixés par le Grenelle de l'Environnement et mis en œuvre sur le projet par les intervenants du chantier (concepteurs, constructeurs et exploitants). Elle passe tout d'abord par une mesure détaillée des consommations énergétiques et de l'eau. La télé-relevé (également appelée « *smart metering* ») des flux et quantités de fluides permet de faciliter l'analyse des postes de consommation.



Le *Smart Grid*, la mise en réseau des bâtiments pour une optimisation des consommations.

Elle permet de vérifier les éléments de la phase conception, de superviser la maintenance, voire de prendre des mesures curatives de réduction des consommations. Par ailleurs, la future nouvelle organisation du marché de l'électricité, introduite par la loi NOME, ouvre de nouvelles perspectives de gestion des installations techniques. La flexibilité de fonctionnement de certaines techniques permet une gestion dynamique à distance des réseaux (baptisée « *smart grid* »).

En tant que fournisseur de services à l'énergie, GDF SUEZ évalue le potentiel de développement d'activités autour des thèmes du *smart metering*, du *smart grid* ainsi que ceux du biogaz (« *smart pipe* »). Le CRIGEN, (Centre de Recherche et Innovation Gaz et Energies Nouvelles), contribue aux travaux de R&D et de démonstration sur ces thèmes.

Ainsi une équipe est dédiée aux infrastructures de télécommunication nécessaires à la mise en œuvre de solutions de type *smart metering*. Elle a développé un démonstrateur au CRIGEN, sur le site de Saint-Denis. Les secteurs adressés par le démonstrateur sont le neuf ou l'existant pour le secteur résidentiel ou tertiaire. L'architecture retenue est composée de modules installés sur les compteurs d'eau, d'électricité et de gaz, qui communiquent jusqu'à un concentrateur de données, installé sur un point haut du site (à terme, en ville, ce sera, par exemple, un toit d'immeuble). Il décode les informations envoyées par ces modules et crée un fichier de données regroupant les consommations mesurées par différents compteurs sur un intervalle de temps donné.

Une fois ce fichier réalisé, il envoie les données par Internet, par exemple via le GPRS, jusqu'à un système d'informations. Ce dernier stocke en base de données les consommations issues des fichiers et les affiche à la précision souhaitée par l'utilisateur (annuelle, mensuelle, hebdomadaire, quotidienne) sur une interface de restitution. Le consommateur peut ainsi suivre ses consommations de gaz, d'électricité et d'eau régulièrement.

Sur la base d'un *benchmark* international, le CRIGEN teste dans ses laboratoires des modules communicants permettant de « télé-relever » les consommations. Si nécessaire, pour des applications spécifiques, le CRIGEN en développe un prototype. L'enjeu technique porte sur le protocole de communication utilisé et la fréquence du signal radio. Plusieurs protocoles de communication ouverts, non propriétaires et standards, fonctionnant sur différentes fréquences sont testés dans plusieurs bâtiments et laboratoires. Au total,



Le démonstrateur du bâtiment intelligent au CRIGEN.

une cinquantaine de modules sont déployés simulant des configurations variées : des compteurs installés en zone urbaine très dense aux compteurs installés en zone rurale très peu dense. Le CRIGEN a développé les logiciels du concentrateur multi-protocole, le gestionnaire de base de données et l'interface homme-machine.

Pour aller plus loin dans la gestion intelligente du bâtiment

La gestion intelligente du bâtiment est une brique d'une démarche plus globale qu'est le déploiement du *smart grid*. Pour le secteur électrique, elle consiste en l'intégration d'une intelligence supplémentaire sur l'ensemble du système électrique : de la production d'électricité à la consommation finale (que représente entre autres le bâtiment).

Ce concept de « réseaux intelligents » a comme rôle de répondre aux problèmes auxquels la chaîne de l'électricité doit faire face. En effet, la France s'est donnée tout d'abord des objectifs d'intégration de production renouvelable (23 % d'ici 2020) et par ailleurs, du fait d'un fort développement du chauffage électrique dans les bâtiments dans les années 70, la consommation en électricité atteint des niveaux de pointe en hiver extrêmement élevés par rapport aux autres pays d'Europe. Ces facteurs, associés à une augmentation régulière des consommations, risquent rapidement de poser des problèmes de stabilité sur le réseau électrique.

Le bâtiment est au cœur de ces enjeux dans la mesure où il représente 25 % des consommations énergétiques françaises. Il est ainsi directement concerné par les problématiques de réduction des consommations (-38 % d'ici 2020 prévu par la loi Grenelle 1). Dans ce contexte, les rôles s'inversent et c'est la consommation qui doit s'adapter à la production. Certains leviers sont apparus comme prometteurs pour atteindre les objectifs fixés. On compte désormais avec les déploiements de systèmes de production et de stockage d'électricité dits « décentralisés ». Ces nouvelles technologies sont installées directement au niveau du consommateur final, évitant ainsi l'utilisation des réseaux pour le transport et la distribution de l'électricité. Par ailleurs, il existe désormais des solutions techniques permettant de piloter à distance les consommations électriques afin de les optimiser du point de vue du réseau électrique.

Cette vision du bâtiment, comme élément-clé du déploiement d'un *smart grid*, a conduit GDF SUEZ et plus particulièrement le CRIGEN à s'investir dans le projet Greenlys. Monté dans le cadre d'un AMI lancé par l'ADEME, le projet est lancé en partenariat avec des grands acteurs de l'électricité tels qu'ERDF, RTE, GEG, Schneider Electric ainsi que des centres de recherche tels que le CNRS-LEPII, G-INP respectivement spécialistes des aspects sociologiques et réseaux associés à un tel déploiement. Il consiste en la mise en place sur quatre ans de deux démonstra-

teurs *smart grid* à taille réelle à Lyon et Grenoble. Un déploiement sur mille clients « testeurs » ainsi que sur des sites tertiaires et industriels est prévu. Les clients retenus testeront des solutions de pilotage à distance des consommations électriques ; certains seront équipés d'unités de mini et micro-génération. Ces unités seront pilotées à distance par un « agrégateur », en l'occurrence GDF SUEZ. De plus est prévu un déploiement test de 30 véhicules électriques.

Toutes ces technologies sont des leviers de la performance énergétique des bâtiments. Leur combinaison permettra à terme de gérer plus efficacement les consommations grâce notamment à l'effacement diffus, au stockage de l'électricité produite en surplus par la production décentralisée, via les batteries des véhicules électriques. Il s'agira, durant les quatre ans du projet Greenlys, d'évaluer également l'impact de ce déploiement au niveau bâtiment d'un point de vue économique, énergétique mais également sociétal et environnemental. Le CRIGEN apportera au projet son savoir technique en matière de production décentralisée et de solution de pilotage à distance des consommations électriques. Le projet Greenlys devrait permettre de donner une vision plus précise de ce que serait une gestion intelligente des bâtiments, via les leviers du *smart grid*.

Alors qu'aujourd'hui nous sommes dans une logique d'adaptation de la production à la consommation, le *smart metering* et le *smart grid* inversent cette logique en agissant sur la consommation en fonction du niveau de production. Le *smart metering* et le *smart grid* donneront aux consommateurs résidentiels ou tertiaires les outils qui leur permettront de devenir des « consom'acteurs » du marché de l'énergie. ■

Nathalie Veillerobe est ingénieur Supélec (2010). Elle a effectué en 2009 un semestre à Londres à l'ESCP Europe en master Management. En 3^e année, elle a suivi l'option Energie Supélec - Centrale Paris et a effectué un stage de fin d'études à EDF R&D sur l'éolien offshore. Son projet de fin d'études avait pour thème : « Optimiser l'utilisation de l'effacement diffus lors des pics de consommation ». Depuis septembre 2010, elle est ingénieur-recherche au CRIGEN, centre recherche GDF SUEZ, au sein du programme *Corporate Smart Energy and Environment*.

Camille Chardonnet est ingénieur Centrale Paris (2010). Elle a effectué en 2009 une année de césure à TOTAL (Canada & Venezuela). En 3^e année, elle a suivi l'option Energie Supélec - Centrale Paris. En 2010, elle a effectué son stage de fin d'études au CREED à Veolia Environnement en Recherche & Innovation sur le thème de la performance énergétique du bâtiment ; ainsi qu'un projet de fin d'études sur la modélisation du fonctionnement d'une pile à combustible. Depuis septembre 2010, elle est ingénieur-recherche au CRIGEN centre recherche GDF SUEZ au sein du programme *Corporate Smart Energy and Environment*.

GESTION DE LA DEMANDE ÉLECTRIQUE : LES BÂTIMENTS INTELLIGENTS COMME ACTEURS MAJEURS

Par **Jean-Louis COULLON (79)**
EMS Activity Director
ALSTOM Grid



Disposant d'une vision synthétique et de moyens de gestion de leur consommation d'énergie, de leurs divers moyens de production ou de stockage, de leur mix énergétique et des possibilités de transfert entre sources d'énergie, les bâtiments intelligents sont des acteurs particulièrement intéressants pour le réseau électrique. Dès lors que l'environnement réglementaire met à leur disposition une équation technico-économique maîtrisable sur un horizon de temps prévisible, ils vont pouvoir investir pour mettre cette intelligence au service du réseau électrique. Un des services les plus prometteurs est la gestion active de la demande, ou « Demand Response » (DR). Ce papier présente un résumé des solutions et bénéfices attendus de la DR, dont les bâtiments intelligents seront un acteur majeur.

1. La gestion de la demande (*Demand Response*) dans la conduite des réseaux électriques

La FERC (*Federal Energy Regulatory Commission, USA*) définit la gestion de la demande comme « une réduction de la consommation électrique des clients en réponse à une augmentation de tarif de l'énergie ou à des incitations à réduire la consommation », précisant qu'il s'agit d'une « réponse à un signal de fiabilité/sécurité issu de l'opérateur du réseau ou à un signal de prix issu de leur fournisseur d'énergie ».

Depuis de nombreuses années, divers programmes - en France, les programmes EJP et heures pleines/crues - ont été engagés dans ce domaine rendu plus critique par le contexte actuel, avec en particulier :

- l'augmentation des pointes de consommation plus forte que la hausse de la consommation générale ;
- le coût, économique et environnemental (CO₂), élevé de ces pointes : celles-ci sont souvent couvertes en appelant des unités de production (fioul et gaz) très émettrices de CO₂. Les remplacer par de l'énergie non produite est certainement la plus « propre » des méthodes ;
- un contrôle plus difficile des moyens de production avec la pénétration accrue des énergies renouvelables.

L'évolution actuelle des technologies en électronique de puissance, communications et compteurs intelligents permet désormais un déploiement de ces programmes à très grande échelle, et surtout de façon contrôlable à distance. Il est en effet désormais possible, techniquement et économiquement :

- de connecter les charges pilotables à un réseau de communication ;
- de mesurer un grand nombre de charges à des intervalles de temps réduits grâce aux compteurs intelligents.

On estime généralement que la réduction d'un MW de consommation (on parle parfois de « NegaWatt ») coûte globalement 50 % moins cher que la production réelle de ce même MW. Le contexte est donc très favorable au développement de la DR. Comme le montre le diagramme ci-dessous, les bénéfices attendus dans la réduction du pic de charge des réseaux électriques sont potentiellement très élevés.

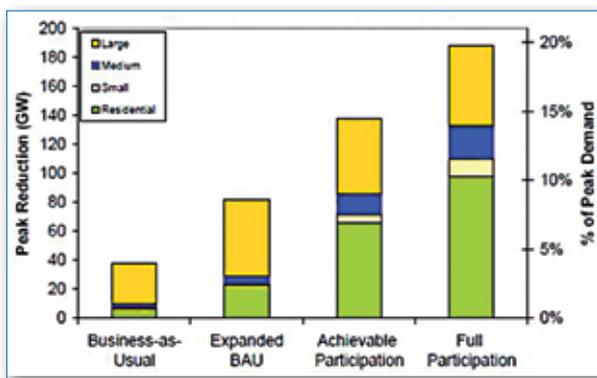


Figure 1 : . Un fort potentiel de réduction de la pointe de charge aux USA est accessible via divers scénarios de déploiement du Demand Response. (Source : FERC)

Les principaux apports de la DR intéressent la réduction des pics de charge, l'aide au traitement des congestions, la réduction des pics de prix, l'augmentation des réserves pour compenser la volatilité des énergies renouvelables et le déplacement de consommation pour recourir davantage aux énergies renouvelables. Ceci est illustré dans l'exemple de la colonne de droite.

2. Implémentation de la gestion de la demande (Demand Response)

Comme les ressources de production d'électricité, les ressources côté demande électrique doivent être gérées par un enchaînement de processus tout à fait

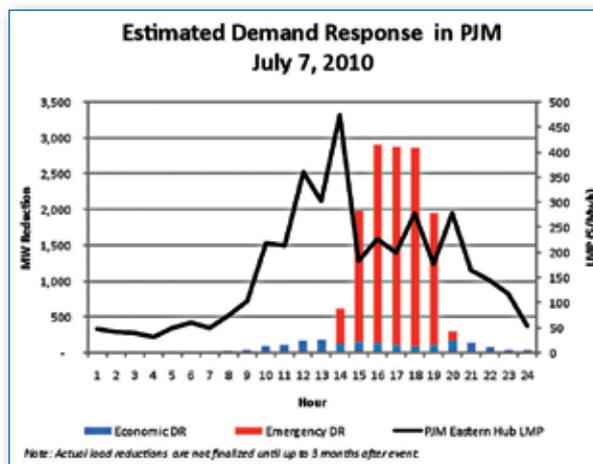


Figure 2 : . Réduction d'un pic de prix par la mobilisation des ressources de Demand Response (DR). (Source PJM)

comparables, parfois identiques. La gestion de la DR traverse verticalement l'ensemble de la chaîne de gestion de l'énergie :

- gestion des offres sur le marché de l'énergie : gestion du programme, enregistrement des clients ou des agrégateurs, soumission des offres, sélection des offres ;
- mise en place des stratégies et des outils de commande chez les consommateurs, par exemple dans le système de contrôle des bâtiments intelligents ;
- intégration et activation des offres au niveau de la conduite du réseau : mise à jour du plan de production, notifications, contrôles d'exécution ;
- mesure et vérification au niveau du comptage et du marché : contrôle des engagements, calcul des paiements.

Il est donc important de disposer d'une solution conçue pour s'intégrer dans le système d'information de l'entreprise. Côté réseau et fournisseur électrique, l'intégration dans la chaîne de gestion de l'énergie demande d'établir une connexion avec le système de gestion des clients CIS, (*Customer Information System*), les portails Internet de soumission d'offres et de publication, les systèmes de gestion du comptage et des paiements, les différentes technologies d'alerte et de contrôle des charges, les communications avec les agrégateurs, les centres de conduite de transport et de distribution, etc. À cet égard, l'utilisation de standards comme OpenADR ou les recommandations du NAEBS (*North American Energy Standards Board*) aux USA « *Business Practices for Wholesale Electricity Demand Response* » contribue à réduire les efforts spécifiques et à faciliter le déploiement de solutions en offrant davantage de cohérence et de sécurité. Côté consommateur, une solution parallèle est nécessaire, dont la sophistication dépendra de la dimension économique du problème à traiter.

Les clients industriels sont globalement des cibles plus faciles à atteindre, compte tenu du volume de réduction réalisable par rapport à l'effort de déploiement. Ainsi des agrégateurs sont généralement nécessaires pour consolider ces capacités en blocs d'énergie commercialisables sur les marchés électriques, comme on l'observe par exemple sur le marché d'ajustement SyGA en France (développé par ALSTOM Grid pour RTE).

Pour la conduite de réseau, on dispose ainsi, avec la gestion de la DR, d'une nouvelle ressource qui va permettre de pleinement valoriser la flexibilité des bâtiments intelligents en termes de gestion de l'énergie. Ressource contrôlable, la DR permet ainsi de compenser la baisse de contrôle résultant de la pénétration des énergies renouvelables dans le réseau électrique. Cependant, même si cette ressource est effectivement contrôlable, elle ne procure pas la même précision qu'un moyen de production directement mesurable. En effet, un des points critiques est la détermination des « *baselines* », c'est-à-dire la charge qui aurait été consommée en l'absence de la séquence DR et qui permettrait d'évaluer la réduction effective de charge. En traduisant le problème de façon simple par la question « *Combien de bananes n'avez-vous pas mangées aujourd'hui ?* », on comprend que la réponse n'est pas si simple.

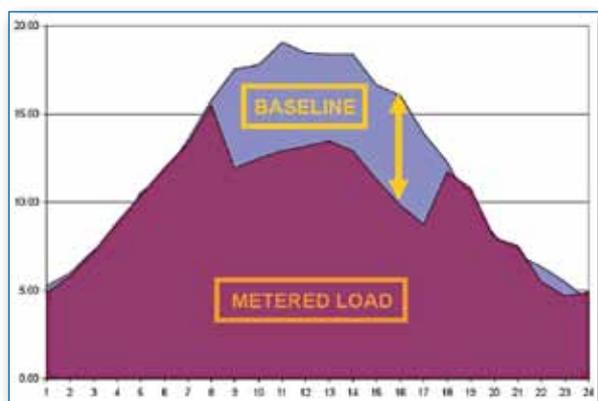


Figure 3 : . La réduction apportée par le Demand Response suppose la détermination de la consommation théorique ou « *baseline* ». (Source : ALSTOM Grid / UISOL)

Répondre efficacement à cette question demande une large panoplie de formules pour s'adapter aux différents types de charges. De fait, la question est double : Comment définir la réduction de charge attendue pour la phase de prévision ? Et comment vérifier que la charge a tenu ses engagements de réduction pour la phase de paiement ?

Par exemple, certaines charges peuvent offrir un service relativement facile à vérifier quand l'engagement consiste à limiter la charge à une valeur maximale (cas où le client ne conserve que ses consommations essentielles), mais dans ce cas, la réduction prévisionnelle et effective de la charge est plus difficile à déterminer précisément. Inversement, une charge qui s'engage à baisser sa consommation d'une certaine valeur (par exemple en supprimant une de ses composantes de consommation) permettra d'établir une prévision de réduction simple. Mais dans ce cas également, la vérification a posteriori reste difficile.

De même qu'un système de marché doit pouvoir suivre les évolutions des règles du marché, de même le système de gestion de la DR doit offrir une flexibilité suffisante pour faire évoluer les règles de soumission des offres, l'enchaînement des opérations,

les vérifications des réductions, les pénalités, etc. Pour s'intégrer dans les diverses étapes des processus existants, des mécanismes de « *workflow* » doivent être disponibles ainsi qu'un large catalogue d'options d'activation des demandes : contrôle direct, accès web, email, fax, via les centres de contrôle EMS ou DMS, etc.

La mise en place d'un mécanisme de DR a d'autres impacts indirects sur la conduite du réseau de transport d'électricité. Les séquences de DR modifient, en effet, le comportement des charges et perturbent donc les applications qui utilisent des modèles des charges. Par exemple, la composante DR doit être réintégrée à la demande mesurée pour obtenir la demande « naturelle » dont a besoin la prévision (*Load Forecast*) pour effectuer ses calculs de prévision de la demande future basés sur les historiques de consommation. Le modèle des charges doit donc être affiné pour séparer et identifier correctement les diverses composantes :

- la demande « naturelle » ;
- la composante DR ;
- la composante de génération distribuée dans la moyenne tension (MT).

3. Conclusion

Les expériences récentes montrent que le déploiement de la *Demand Response* à une grande échelle est tout à fait réalisable et efficace. Son succès est, en grande partie, lié au soutien des responsables politiques car il suppose de reporter sur les consommateurs une partie des contraintes de la production électrique. Pour faciliter l'acceptation du large public et élargir du même coup le champ d'application de la technologie, on peut, bien sûr, tabler sur les motivations économiques mais aussi sur les préoccupations écologiques.

Sur ces directions, les bâtiments intelligents sont en première ligne. Par leur flexibilité, leur vision synthétique de leurs besoins énergétiques, et leurs moyens de contrôles avancés, ils sont des acteurs primordiaux de cette gestion avancée de l'énergie dont notre société a besoin. ■

Jean-Louis Coullon est ingénieur Supélec 1979. Il a commencé sa carrière comme ingénieur de Recherche et Développement en électronique à la SFENA, maintenant intégrée au groupe SAFRAN. Il a travaillé ensuite chez RENAULT AUTOMATION sur les systèmes de commandes de robots et les automatismes, principalement pour le secteur automobile. En 1990, il a rejoint CEGELEC, devenu successivement ALSTOM T&D, puis AREVA T&D, et maintenant ALSTOM GRID. Dans ces structures, il a occupé des positions diverses dans la conception et la réalisation de systèmes de conduite de réseau électrique, dont la création de la première génération de produits modernes de conduite de réseau de distribution. Il est actuellement en charge de l'activité Energy Management Systems (conduite des réseaux de transport d'énergie), au sein de la ligne de produits Network Management Solutions NMS.

NOUVELLE GÉNÉRATION DE BÂTIMENTS INTELLIGENTS

Par **Sylvain FRODÉ DE LA FORÊT (96)**
Directeur de Schneider Electric
Business Buildings France



Joris GAUDION
Directeur Solutions SmartBuildings
& Ecoquartiers Schneider Electric
Business Buildings France

et

Thierry DJAHEL
Directeur du développement et de
la prospective de Schneider Electric
Business Buildings France



Le bâtiment tertiaire est en train de vivre une petite révolution. Moins gourmand en énergie, offrant des conditions de travail agréables, facile d'accès, le tout bien sûr pour un prix ou loyer abordable... Le bâtiment de demain devra satisfaire des exigences à la fois environnementales et économiques sans impacter négativement le confort. Tous les codes s'en trouvent bouleversés, aussi bien les logiques de conception que les choix techniques et les habitudes des occupants.

Le bâtiment de demain sera certes doté d'une isolation très performante, parfois dépourvu de climatisation, le plus souvent rafraîchi par ventilation naturelle, chauffé par des systèmes à énergie renouvelable et équipé d'une centrale photovoltaïque. La gestion technique de bâtiment devra, quant à elle, intégrer des fonctions ultra-performantes pour piloter l'ensemble de ces utilités, un modèle de sobriété énergétique, économique et écologique.

Exceptionnels aujourd'hui, ces bâtiments de nouvelle génération devraient rapidement s'imposer comme un standard, donnant un « sacré coup de vieux » au parc immobilier actuel.

Mais les logiques du marché immobilier actuel tendent souvent à dégrader la technologie intégrée aux bâtiments aux profits de choix architecturaux ou de la performance énergétique du seul bâti.

Cette tendance devrait s'inverser à l'avenir sous l'effet de l'augmentation du prix de l'énergie, du bail vert et des interactions avec le système électrique intelligent du quartier et/ou de la ville.

Pour défendre les exigences de performance à la construction, il conviendra d'intégrer dans les appels d'offres des ouvrages de nouvelles formes d'allotissement. La création d'un lot « performance énergétique » apportera une vision sur l'ensemble des prestations et des fournitures impactant les consommations d'énergie (l'ingénierie, la fourniture de technologies actives, la mise en service, l'optimisation et le suivi après l'entrée du premier preneur).

L'implémentation de Systèmes d'Information de Management du Patrimoine et de la Performance Environnementale permettra progressivement de valoriser les portefeuilles d'actifs immobiliers. Ces systèmes devront nécessairement fournir de l'information pour conduire les plans de progrès.

Le bâtiment de demain se dessine aujourd'hui.

Il oblige à repenser les méthodes de travail de tous les acteurs.



De prime abord, il faut insister sur la nécessaire symbiose entre les prouesses techniques et la conception architecturale, entre la volonté de résultat (de performance énergétique notamment) et une autre façon de penser le bâti, plus saine, plus humaine, plus ancrée dans l'environnement.

Le concepteur, l'architecte devra conjuguer trois paramètres : l'économie d'énergie dans le fonctionnement du bâtiment, la production d'énergie pour parvenir à un résultat positif, et bien sûr le confort des occupants. Car une fois l'ouvrage « réglé » et livré, c'est désormais aux occupants de s'approprier le bâtiment. Cela requiert leur implication pour un nouvel environnement plus sain, plus naturel, plus ludique.

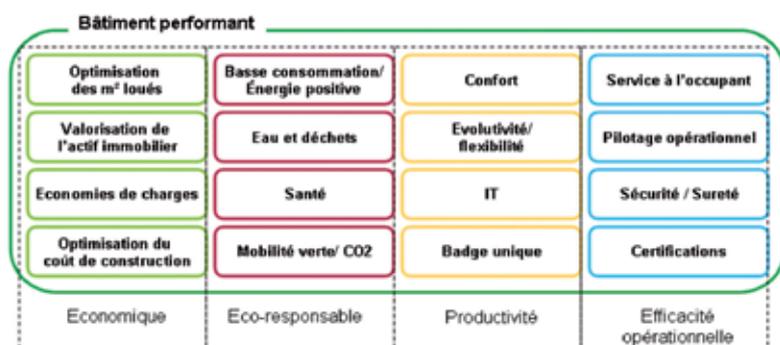
À l'heure où la RT2012 fixe une consommation maximale à 50 kWh d'énergie primaire par m² et par an en moyenne, on doit nécessairement se placer dans une logique de conception bioclimatique qui prend en compte les contraintes du site et les richesses qu'il recèle. Pour un

occupant, ce qui est important est la qualité des espaces, la qualité du cadre de travail, qui impactent la productivité même des collaborateurs de l'entreprise.

Mais les choix de performance énergétique que l'on doit faire à chaque étape d'un projet de bâtiment intelligent sont-ils compatibles avec les grands principes de conception actuels ? Peuvent-ils anticiper sur l'innovation technologique ? Peuvent-ils intégrer a priori les choix de confort de l'exploitant et des occupants ?

Du point de vue technique, le « smartbuilding » peut paraître complexe à concevoir.

Le respect des performances dans la limite des contraintes économiques nécessite la mise en place d'une méthodologie rigoureuse. À ce titre, la conception par les usages en priorisant les choix retenus sur un certain nombre de cibles permet d'atteindre un optimum : Économique, Éco-responsable, Productivité, Efficacité opérationnelle.

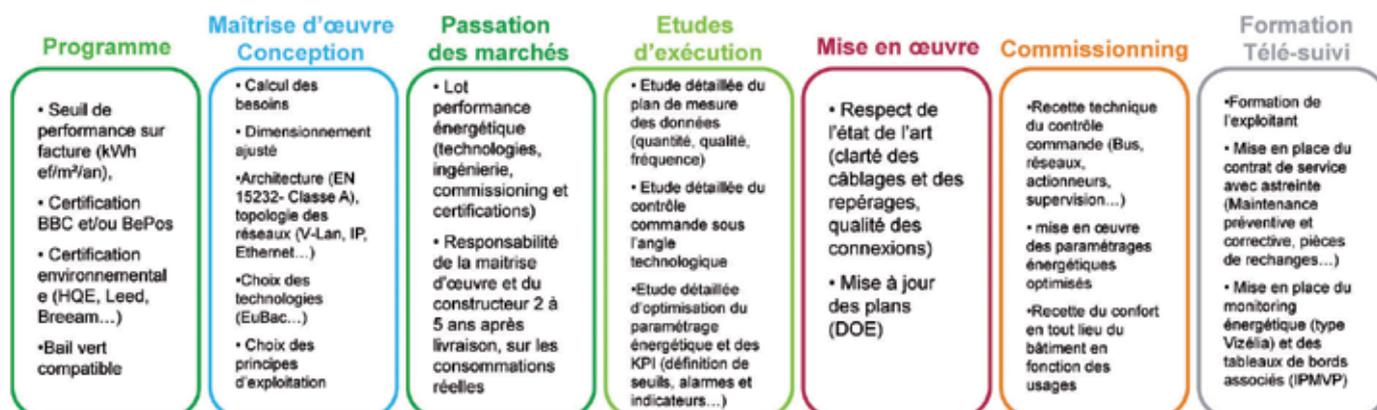


Quatre étapes permettent cette conception :

1. partir des cas d'usages réels des futurs utilisateurs ;
2. appliquer les standards ;
3. penser les fonctions ;
4. choisir les technologies et les architectures techniques.

La mise en place d'un processus garantissant la traçabilité des exigences est la clé de l'atteinte de la performance visée. Les points clés sont les suivants : une équipe pour un projet ; créer un lot pour la performance énergétique regroupant commissionnement & certification, formation, suivi au cours du cycle de vie.

À titre d'exemple, la traçabilité de cette exigence sous l'angle énergétique peut être présentée comme suit :



Poste de pilotage d'un bâtiment intelligent.

Une fois mises en œuvre les options techniques les plus pertinentes, que ce soit sur le plan énergétique mais aussi en termes de confort, comment faire en sorte que le bâtiment intelligent tienne ses promesses en phase d'exploitation ? Nous devons avant tout focaliser sur l'intelligence des systèmes dans le bâtiment, sur la façon de les exploiter au mieux, sur les informations qui seront communiquées aux différents acteurs, l'exploitant, l'occupant le dirigeant comme le salarié à son poste de travail, le propriétaire, afin qu'ils tirent le meilleur profit de ces bâtiments nouvelle génération. Pour cela, il faut doter le bâtiment d'outils puissants d'analyse et de contrôle qui permettent de savoir comment il fonctionne, des logiciels de restitution de l'information pour tenir les objectifs de consommation prévus.

Régulièrement confrontées aux changements de leur environnement extérieur (évolutions technologiques et réglementaires, fluctuations du contexte économique et concurrentiel, etc.) et vivant leurs propres mutations internes (évolution de leur organisation, de leurs structures, de leur processus et de leur mode de management), les entreprises doivent pouvoir disposer de bâtiments flexibles, capables de s'adapter aux changements. On assiste à une évolution des usages, du mode de travail, que nous devons également prendre en compte lors de la conception d'un bâtiment tertiaire. On constate



que la part de l'espace individuel a tendance à se réduire au profit de l'espace collectif. Cela se traduit par davantage de salles de réunion mais aussi de petits open-spaces collaboratifs pouvant accueillir une dizaine de personnes. Les lieux de restauration évoluent également pour passer d'espaces statiques, ouverts entre midi et deux heures, à des espaces de type cafétéria, ouverts toute la journée. Ces réflexions sur l'aménagement de l'espace rejoignent les problématiques d'optimisation énergétique. Tous les sujets sont imbriqués et c'est ce qui rend cette réflexion sur le bâtiment de demain si passionnante. Il y a beaucoup à inventer.

La phase de conception doit intégrer la notion de gestion active de l'énergie, qui commence précisément par la mise en place de compteurs d'énergie permettant de visualiser en permanence la consommation d'énergie et d'agir pour la réduire.

On doit ensuite penser à centraliser l'information liée à cette consommation énergétique à partir d'équipements électroniques (centrales de mesure, compteurs, contrôleurs d'énergie, etc.) et de logiciels qui permettent à l'exploitant comme à l'occupant du bâtiment de maîtriser leurs dépenses énergétiques. Pour cela ils disposent, sur leur écran d'ordinateur ou sur d'autres moyens actuels comme leur smartphone ou tablette numérique, d'informations présentées sous forme simple, ergonomique, voire ludique, et qui les aident à mettre en place de véritables stratégies de confort individuel et collectif. Ces données apportent une visibilité forte sur les performances, elles offrent la possibilité de choisir des scénarios d'éclairage, de chauffage, de ra-

fraîchissement plus ou moins économes en énergie, d'identifier des pratiques ou des postes fortement consommateurs et ainsi d'agir efficacement sur leurs comportements. Avec ces systèmes, l'exploitant a une vue en temps réel du fonctionnement de son bâtiment et identifie les pistes de progrès. C'est aussi un outil précieux de valorisation du patrimoine pour les investisseurs qui souhaitent vendre ou louer un bien immobilier.

On le voit ici, les nouvelles applications logicielles vont peu à peu faciliter les principes d'exploitation en apportant une meilleure maîtrise des consommations d'énergie et un contrôle accru des puissances appelées. Ainsi, de façon à optimiser le confort et l'ergonomie d'utilisation des bureaux, il est impératif de disposer d'un serveur intranet de confort permettant à chaque utilisateur, depuis son PC «bureautique», d'accéder sous la forme de «panneau de contrôle» aux mêmes commandes que celles disponibles sur sa télécommande locale.



Multi-capteurs : présence, luminosité, RFID.

Des capteurs RFID seront installés au plafond des espaces de travail et dans les salles de réunion, pour permettre à tous les occupants de visualiser sur un portail Web, l'occupation de ces espaces en temps réel.



Une solution, totalement anonyme et sans impact sur la santé, permettra également de mieux gérer les espaces et ainsi répondre plus équitablement aux besoins exprimés par les entités occupantes.

Depuis quelques années, on observe une évolution rapide des concepts de bâtiment. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication, les nouvelles normes et réglementations ont abouti à la naissance des concepts de bâtiments de Haute Qualité Environnementale (*Green Building*) puis aux concepts de bâtiments connectés-intelligents (*Buildings 2.0, SmartBuildings, Connected Real Estate...*) et demain aux espaces de travail virtualisés (télécentres,...).

Le bâtiment est au service de ses utilisateurs occupants. Il propose de nouvelles expériences utilisateur (*user experience*), de nouveaux modes de vie (*user lifestyle*), de nouveaux comportements (*éco-acteur, consom-acteur*).

Il est aussi un élément actif au sein de l'éco-quartier et de la ville intelligente (*smartcity*) en favorisant la collaboration, en générant des données et en exécutant des scénarios d'optimisation.

Fortement intégré dans le schéma de transports publics de l'espace urbain, il favorise l'émergence de nouveaux modes de transports décarbonés en

offrant des possibilités de recharge. En favorisant l'accès aux données de circulation ou de stationnement à ses abords il contribue à réduire le temps passé dans les transports. De même, en permettant le partage de données entre occupants, il permet la mise en place de l'autopartage, du covoiturage.

Vers le bâtiment « smart grid ready »

Les nouvelles générations de bâtiments feront qu'ils deviendront actifs, c'est-à-dire qu'ils seront progressivement connectés aux futurs réseaux électriques intelligents « *Smartgrid* » par le biais de réseaux locaux appelés « *micro grids* » combinant des solutions de production et de stockage d'énergie, au sein d'éco-quartiers. Les gestionnaires et propriétaires immobiliers profitent ainsi des nouvelles opportunités qui leur sont offertes pour optimiser leurs budgets d'investissement et de fonctionnement.

Les nouvelles charges comme le véhicule électrique devront également s'intégrer naturellement dans l'environnement du bâtiment de demain. Mais le véhicule électrique, élément fondamental de la mobilité, apparaît aussi comme un élément potentiellement perturbateur de la charge électrique. En effet, imaginons que 10 à 15 % du parc automobile d'une entreprise soit composés de véhicules électriques qui devront être mis en charge dès leur arrivée sur le site le matin. En considérant que l'en-



Station d'éco recharge de véhicules électriques.

treprise dispose d'une infrastructure adaptée, elle atteindra rapidement plusieurs centaines de kW de charge supplémentaire.

Ce dispositif doit donc être pris en compte a priori car il n'est pas question de consommer plus mais de consommer plus intelligemment. D'où l'importance d'équiper le bâtiment d'applications permettant par exemple un effacement de la pointe, c'est-à-dire la possibilité de différer les consommations pour éviter qu'elles ne surviennent au moment où le réseau est le plus sollicité et où l'énergie sera la plus chère.

Enfin, la production d'énergie renouvelable de type photovoltaïque permettra de compenser en partie le besoin de consommation global du bâtiment. Les fonctions du réseau électrique intelligent vont progressivement permettre d'équilibrer la production et la demande au sein du bâtiment lui-même et au-delà, au niveau du quartier, voire de la ville.

En produisant de l'énergie, le bâtiment peut alimenter d'autres infrastructures du quartier. On devrait assister à une mutualisation de l'énergie à certains moments de la journée et de la semaine puisqu'un immeuble de bureaux produira inévitablement de l'énergie à des périodes où il n'en aura pas besoin : le week-end par exemple.

Dans l'éco-quartier, au même moment, on pourra utiliser cette énergie pour chauffer des logements ou d'autres types de bâtiments. D'où la nécessité de mettre en place des systèmes de pilotage, de contrôle, de gestion du réseau – à la fois du réseau électrique et du réseau de chaleur avec la cogénération biomasse notamment –, systèmes qui communiquent avec le dispositif de gestion active du bâtiment. On voit bien que le bâtiment de demain nous projette dans une autre dimension, bien au-delà de son propre périmètre, avec des considérations qui dépassent largement l'enveloppe physique de l'immeuble.

Conclusion

En combinant méthodes et bonnes pratiques de management immobilier avec les technologies de l'information, le bâtiment intelligent crée de la valeur pour l'utilisateur-occupant-locataire. Il garantit la maîtrise des charges par l'accès au monitoring. Ce monitoring couvre des périmètres très variés (énergétique, maintenance, sûreté, IT, space-planning). Bien conçus, les indicateurs, alarmes ou seuils fournissent de précieuses indications pour la conduite du bâtiment. Couplé à des outils de stockage et d'analyse, ils permettent la prédiction, l'anticipation, le suivi. Connectés à une plateforme de supervision experte, il aide les exploitants et gestionnaires dans la prise de décision.

Il crée aussi de la valeur pour le propriétaire-bailleur-investisseur. Ses caractéristiques (charges maîtrisées, confortable, vert, services...) garantissent une valorisation optimale du bien en contribuant à l'attractivité des futurs locataires ou acquéreurs. ■

Sylvain Frodé de La Forêt, 38 ans, ingénieur Supélec (1996), titulaire d'un DEA de Génie Electrique, possède une expérience acquise en France et à l'international dans les différents domaines d'activités tels que les énergies renouvelables, le génie électrique et climatique, la sûreté ou la performance énergétique. Au sein de Schneider Electric, il est actuellement directeur France du Business Buildings, division opérationnelle qui regroupe les activités équipements, solutions et services développées pour répondre aux besoins des acteurs du bâtiment et des infrastructures (immobilier d'entreprises, santé, collectivités...).

Joris Gaudion, 31 ans est ingénieur INPGrenoble ENSE3 (04). Spécialiste des technologies actives au service de la performance énergétique, sûreté et réseaux, il a occupé des postes variés dans la vente, l'audit et la direction de projets innovants au sein de différentes organisations. Au sein de Schneider Electric, il est actuellement directeur Solutions smart buildings et écoquartiers, en charge du développement des projets innovants de campus, d'immeubles de grande hauteur et d'intégration de la smart-grid au sein de quartiers durables des futures smart-cities.

Thierry Djahel est directeur du développement et de la prospective au sein de la division Buildings de Schneider Electric France. Agé de 50 ans, il intervient auprès des maîtres d'ouvrage, des organismes institutionnels et fédérations professionnelles pour conduire le lobbying et la promotion des offres de solutions globales de Schneider Electric. Diplômé de l'Ecole Centrale d'Electronique et titulaire d'une Maîtrise de gestion d'entreprise de l'Ecole de Management de Lyon, il entre en 1982 chez Télémechanique puis rejoint le groupe Schneider en 1993 comme Responsable des Grands Comptes Internationaux. En 2004, il participe à l'intégration de TAC et contribue au développement de Schneider Electric dans le domaine de la régulation et des automatismes du bâtiment. Il occupe en 2006, la fonction de directeur du développement commercial au sein de l'activité « performance énergétique » où il développe les premiers contrats de performance énergétique en France.

BÂTIMENT INTELLIGENT : LE PARC EXISTANT AU CŒUR DES PRÉOCCUPATIONS

Par Loïs MOULAS (2008)
Directeur associé de Sinteo



Le Plan Bâtiment Grenelle, lancé en 2010, vise à atteindre une réduction des consommations énergétiques du parc immobilier français de 38 % d'ici 2020.

Cet objectif ambitieux sera atteint, non seulement grâce à une révolution dans les modes de construction des bâtiments neufs mais surtout grâce à des économies d'énergie sur le parc existant.

Avec un taux de renouvellement du parc de 2% par an en moyenne, les enjeux de l'exploitation des immeubles existants sont colossaux.

De grands chantiers de rénovation sont donc à anticiper au cours des huit prochaines années, avec une attention particulière portée sur l'efficacité énergétique des équipements.

Face à ce constat, le secteur connaît depuis quelques années d'importantes modifications structurelles, avec l'émergence de nouveaux métiers, de nouvelles technologies et de nouveaux modes de gestion. C'est ce qu'on appelle le « Green Management ».

**Un nouveau métier :
le « Green Management »**

Afin de comprendre comment s'est construit ce nouveau secteur d'activité, un bref aperçu technique est nécessaire. En effet, la **consommation réelle d'un bâtiment est la résultante de trois facteurs indépendants.**

Le premier, et le plus évident, de ces trois facteurs est le **mode d'occupation**. Selon les horaires d'utilisation du bâtiment, le comportement et l'activité de l'occupant, les consommations du bâtiment varieront largement. On ne comparera pas un local chauffé en semaine à 22°C de 9 h à 18 h à un autre chauffé sept jours sur sept à 25 °C de 7 h à 22 h. De la même manière, une société travaillant avec des équipements de bureautique standard consomme beaucoup moins qu'une société du secteur des télécommunications, équipée de locaux refroidis dédiés aux serveurs (les consommations informatiques - bureautique + serveurs - peuvent varier de 30-50 kWhEP/m²-an à plus de 500 kWhEP/m²-an). Il est certes possible d'influencer le comportement des locataires par des actions de sensibilisation ou la signature d'un « bail vert », mais ce facteur reste tout de même le moins maîtrisable de tous.



La **performance intrinsèque** d'un bâtiment représente le deuxième facteur. Elle procède en grande partie des choix effectués par la maîtrise d'ouvrage et du travail de la maîtrise d'œuvre. Une bonne performance intrinsèque repose sur une **optimisation bioclimatique** (compacité limitant les déperditions, orientation maximisant les apports solaires...), une **enveloppe thermique performante** (isolation du bâti et ouvrants performants) et des **équipements de production de chaud, froid, ventilation, efficaces**. À performance intrinsèque identique, deux bâtiments peuvent présenter des consommations réelles très différentes en fonction de leur occupation et de la qualité de l'exploitation énergétique des équipements techniques.

Le troisième facteur dépend par conséquent de l'**exploitation technique** du bâtiment. Il est inutile

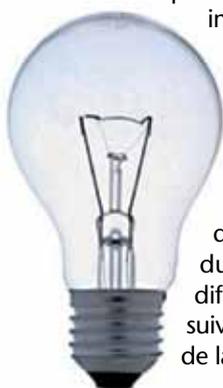
d'installer les équipements les plus performants du marché s'ils ne sont pas utilisés correctement pendant la phase d'exploitation de l'actif immobilier ou s'ils subissent une détérioration précoce du fait d'une maintenance non adaptée. Ainsi, il arrive assez fréquemment que les panneaux de Gestion Technique Centralisée, permettant en théorie une programmation précise des équipements, soient délaissés par les exploitants en raison de leur complexité. Ces situations mènent inévitablement à des consommations débridées, sans rapport avec les besoins réels.

À titre d'illustration, les défauts de pilotage lors des premières années de mise en fonctionnement des bâtiments certifiés HQE® construit en France ont parfois conduit à des consommations supérieures à 400 kWep/m². Plus récemment, l'étude menée par l'association Entreprises Pour l'Environnement, a montré « *qu'une attention sérieuse portée aux consommations énergétiques par les gestionnaires, qu'ils soient internes (services techniques généraux) ou externes (prestataire, propriétaire) permet de réaliser des économies d'énergie, ne serait-ce que par la réduction des mauvais réglages, la fermeture des fenêtres, la gestion de la température. Le simple entretien des systèmes utilisés (changement de filtres, vérification de vannes) peut amener à une diminution notable des consommations* » .

Il est maintenant clair que l'efficacité nominale d'un bâtiment peut différer grandement de son efficacité réelle. **L'objectif du « Green Management » est de réduire au maximum cet écart par une gestion de qualité des actifs immobiliers, passant par la signature de baux verts, de contrats de performance énergétique, par des labellisations en exploitation et par le suivi des consommations.** Ce dernier point est peut-être le plus représentatif du métier de l'Energy Manager. Pour être possible, il réclame d'une part un investissement sur la durée et une réflexion de fond et d'autre part, des relevés en temps réel des besoins énergétiques. C'est ce que rend possible le bâtiment intelligent.

Le bâtiment intelligent : pour qui ? pourquoi ? comment ?

La première question qui se pose est celle de la définition d'un bâtiment intelligent. Par cette expression, on désigne ici un actif immobilier équipé de compteurs afin de relever en permanence les flux d'énergie qui le parcourent. Il s'agit non seulement de compteurs électriques spécifiques pour les différentes zones d'habitation ou de travail, mais aussi de compteurs de gaz, de mesures de l'activité et du coefficient de performance des différents équipements ou encore de suivi des consommations d'eau au cours de la journée.



Se pose ensuite la question de la destination des données fournies par un bâtiment intelligent. Elle est double, comme l'usage qu'on peut en faire.

Le principal destinataire est le **gestionnaire du bâtiment**. Longtemps considéré comme un acteur secondaire, il gagne aujourd'hui en importance au fur et à mesure que l'on constate l'écart entre performances intrinsèques et réelles qu'il est le plus à même de réduire. En effet, alors que des outils de plus en plus sophistiqués sont mis à sa disposition, il n'est pas toujours capable de les utiliser au mieux de leurs capacités, par manque de formation parfois, par manque de visibilité sur le comportement du bâtiment souvent. Or, dans le cas d'un bâtiment intelligent, il est extrêmement aisé de suivre l'activité, les besoins, les irrégularités des flux de fluides, ce qui permet en retour d'agir pour corriger les déséquilibres constatés.

Le second destinataire est l'**occupant du bâtiment**. Comme précisé au-dessus, c'est lui qui, en absence de bail vert, décide de l'intensité énergétique des locaux en fixant les consignes de chauffage, de climatisation, etc. Bien souvent, les considérations de confort se voient donner plus d'importance que l'impact environnemental. Ainsi, un chef d'entreprise qui chercherait à limiter la température à 19°C en hiver, se heurterait sans nul doute à une fronde de ses employés. La sensibilisation des occupants est donc nécessaire pour parvenir à une gestion durable du bâtiment. C'est ce que vise l'affichage en direct des consommations, une solution prometteuse qui émerge seulement en France. Celui-ci matérialise les efforts, ou au contraire les excès, des occupants et peut servir de stimulant à une politique d'économie.

Une dernière question se pose : sur quelle technologie repose le bâtiment intelligent. Deux ruptures étaient nécessaires pour le rendre possible. La première est la miniaturisation des compteurs, permettant une pose rapide et un coût limité, quand on sait qu'une dizaine de compteurs peuvent être nécessaires pour équiper 1000 m². La seconde rupture concerne les communications. Il n'est évidemment pas envisageable de relier par fil les compteurs ; ceux-ci sont donc connectés par radiofréquences à une passerelle qui communique l'ensemble des résultats par GPRS.

Cas d'application : mise en œuvre de la solution Smart-E sur un bâtiment de bureaux parisiens

Un excellent exemple du produit de ces ruptures technologiques s'applique aux nouveaux compteurs développés par les fabricants de matériel électrique, à l'instar de Legrand. De petite taille, possédant une grande autonomie, ils s'interfacent facilement avec un logiciel de relevé et de consolidation des consommations. À titre d'exemple, le cabinet Sinteo a développé la solution Smart-E, qui permet de suivre en continu et d'afficher les consommations énergétiques et de fluides d'un bâtiment.

À titre illustratif, Sinto a récemment équipé avec cette solution un immeuble de bureaux de 3800 m² situé rue Chaptal, dans le IX^e arrondissement de Paris. Le bâtiment a été équipé de 31 compteurs afin de permettre au propriétaire, au locataire et au gestionnaire de suivre en continu la performance énergétique du bâtiment. Les données sont affichées sur site et analysées par un «*Energy Manager*» depuis les locaux de Sinto, afin de détecter les surconsommations et anomalies, grâce à des analyses très détaillées. L'auteur précise ainsi que : «*grâce à ce système, il doit être possible de réduire le décalage constaté entre les consommations optimales d'un bâtiment et la consommation réelle. En moyenne, cet écart de 15 % s'explique par une mauvaise gestion du bâtiment.*»

C'est à l'occasion d'une lourde rénovation des huit étages du bâtiment en vue d'une transformation en bureaux que les compteurs ont pu être installés. Le propriétaire, Covea Immobilier, encouragé par la nouvelle Réglementation Thermique 2012 (RT 2012) et engagé dans la gestion verte de son parc, a choisi cet outil pour impliquer son gestionnaire et souhaite également signer un «*bail vert*» avec le futur occupant.



Ainsi, c'est une démarche complète de *Green Management* qui a été mise en œuvre. Alain Catherine, qui pilote la rénovation chez Covea Immobilier explique ainsi : «*Nous cherchons à gérer l'ensemble du parc*

immobilier en cohérence avec les nouvelles réglementations en termes de développement durable. Cela se traduit par la recherche de réduction des consommations d'énergie et la maîtrise de l'ensemble de la gestion du bâtiment. Avec les 31 compteurs d'énergie installés dans l'immeuble de la rue Chaptal nous pouvons avoir du reporting en local ou à distance afin de sensibiliser les locataires sur leurs consommations en éclairage, chauffage... ».

La notion de bâtiment intelligent a souvent été utilisée pour qualifier les bâtiments neufs, certifiés ou labellisés. Notre sentiment est que le réel gisement d'économies d'énergie se situe sur le parc existant. Les solutions pour rendre «*intelligents*» des bâtiments existants sont désormais disponibles et financièrement acceptables. **Nous pensons que ces solutions seront, *in fine*, l'un des leviers clés pour atteindre les objectifs du Grenelle de l'Environnement.** ■

Créée en 2008 par Nicolas Beuvadén, **Loïs Moulas** et Nicolas de Rosen, trois ingénieurs Supélec et Sciences-Po, diplômés en 2008, les activités de notre société reposent sur trois compétences complémentaires, qu'ils ont su rassembler avec succès : l'Immobilier Durable, l'Eco-construction et l'Environnement.

Partis trois, nous sommes aujourd'hui une quarantaine de collaborateurs et travaillons pour une soixantaine de grands comptes parmi lesquels (Amundi Immobilier, BNP Real Estate, Nexity, EDF, SNCF ...)

Plus d'informations sur notre site : www.sinto.fr .

L'INTELLIGENCE DANS LE BÂTIMENT VIENDRA-T-ELLE DES TÉLÉCOMS ?



Par **Lionel GREMEAU (97)**
Directeur du product marketing
management à Soft At Home

Internet et le bâtiment

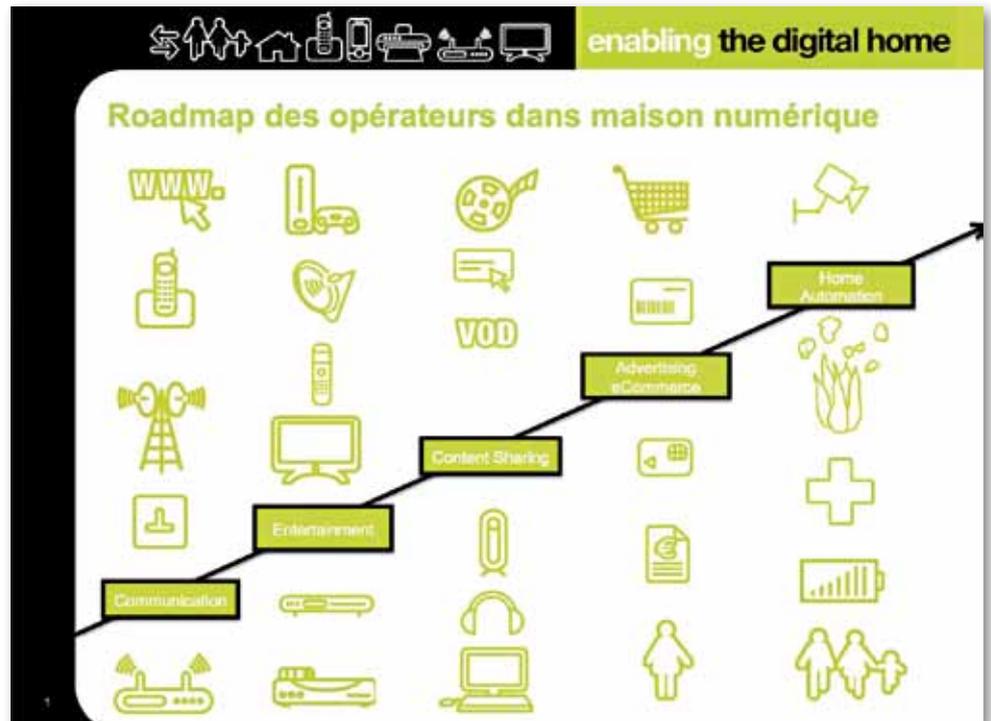
Comment parler de bâtiment intelligent sans parler de connexion Internet ? La connexion Internet permet de bénéficier de toute la puissance et de l'intelligence du réseau des opérateurs ou du «*cloud*», pour reprendre le «*buzz word*» du moment.

Elle va rendre possible le pilotage à distance d'un certain nombre d'équipements, le stockage de données (compteurs, vidéos de télésurveillance, historique...) mais également offrir des portails sur lesquels les utilisateurs vont se connecter pour piloter et contrôler ce qui se passe chez eux.

La majorité des foyers et des bâtiments est maintenant connectée à Internet haut débit de façon permanente. Ceci a été rendu possible grâce au succès des déploiements ADSL. En France, il y a maintenant 22 millions de foyers connectés en haut débit, soit 75 % des foyers. Une nouvelle course au très haut débit (plus de 100 Mbps) est lancée : il y a maintenant 155 000 connexions en fibre optique (progression de 73 % en 1 an !) et 400 000 connexions sur les réseaux fibre des opérateurs câbles. Orange et SFR ont chacun annoncé un investissement de 2 milliards d'euros dans la fibre.

Rôle des opérateurs télécoms

Ces infrastructures ont été déployées et sont opérées par les opérateurs télécoms. L'opérateur télécom a vu son métier évoluer fortement ces dernières années. De fournisseur de services téléphoniques, il est devenu fournisseur d'accès internet puis s'est diversifié dans les services de télévision numérique. Il va continuer dans cette direction en se diversifiant dans les services autour de la maison numérique.



L'érosion de ses revenus dans la voix a accéléré cette transition. Afin de fidéliser ses abonnés et trouver de nouvelles sources de revenus, il a dû proposer des packages incluant des services internet, voix et vidéo. Les opérateurs télécoms ont trouvé dans les forfaits « triple play » un formidable moteur de croissance qui compense la baisse de revenu sur l'activité de téléphonie traditionnelle. La solution de télévision numérique offerte avec l'abonnement ADSL est une des plus compétitives qui soit : accès à plusieurs centaines de chaînes, catalogue de vidéos à la demande (VoD), enregistreur numérique, time shifting, guide de programmes élaboré, etc. Les services ont été étendus autour d'offres de jeux, d'accès à de la musique (partenariat de SFR avec Spotify, d'Orange avec Deezer). Afin d'offrir ces services les opérateurs déploient leurs fameuses box dans le foyer numérique : la *HomeGateway* (HGW) qui amène le haut débit et la connectivité sans fil et la *SetTopBox* (STB) qui permet d'offrir la télévision interactive.

L'opérateur bénéficie d'une position particulière qu'il souhaite valoriser. Fort d'une relation de confiance avec l'abonné, il a la maîtrise technique du réseau et sait gérer des équipements avec une qualité de service et un engagement de disponibilité. De plus, l'opérateur bénéficie d'un service après-vente et d'un support technique performants et sait facturer des micro-services. Les opérateurs télécoms sont donc idéalement placés pour amener des services autour du bâtiment intelligent. Ils possèdent l'infrastructure réseau, la relation avec le client final et les box pour offrir leurs services. Afin de rester compétitifs, il est essentiel pour eux d'étendre leur proposition de valeur. Après les batailles autour du multimédia

et des contenus, la bataille des applications et services autour de la maison numérique va commencer. Voir l'illustration sur la *roadmap* des opérateurs.

Des services multimédia à une offre maison numérique complète

Au-delà du segment multimédia, la maison numérique regroupe un certain nombre de segments de marché, parfois regroupé sous le terme « *home automation* » (voir illustration). Les segments principaux que les opérateurs souhaitent adresser sont les suivants :

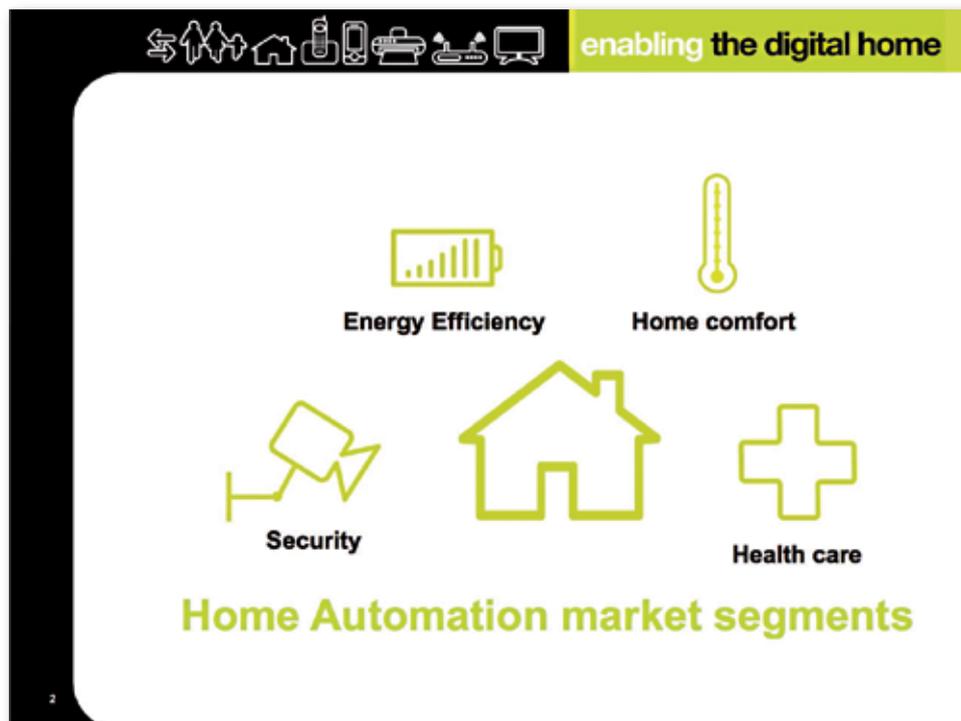
- Sécurité
- Énergie
- Confort
- Santé

Sécurité

Les opérateurs ont déjà mis en place avec des acteurs majeurs de la sécurité (EPS, Securitas, Activeille) des partenariats pour des offres de télésurveillance. Pour 20 € à 40 € par mois l'utilisateur bénéficie d'un diagnostic sécurité de son habitation, de l'installation du matériel et de sa maintenance, de la surveillance de son domicile 24h/24 et 7j/7, d'une alerte immédiate par téléphone et, en option, l'intervention d'un agent de sécurité.

Le module centralisant les capteurs se connecte sur la box de l'opérateur afin de permettre à l'utilisateur de piloter les équipements, de vérifier ce qui se passe dans sa maison en cas d'alerte (état des détecteurs, visualisation temps réel sur caméra, ou accès à l'historique). L'opérateur propose également une solution

de *backup* mobile 3G en cas d'indisponibilité de la connexion DSL, de façon à sécuriser la remontée d'information. Le haut débit permet la remontée d'un flux de vidéo-surveillance vers le réseau. L'utilisateur ou l'agent de sécurité peut y accéder en temps réel ou consulter l'historique. L'opérateur se positionne comme un fournisseur de services complets et valorise son rôle de fournisseur de moyens de communication fiables, essentiels dans un dispositif de sécurité.



Gestion de l'énergie

La gestion de l'énergie est devenue un enjeu majeur pour notre société. La maîtrise de l'énergie est à la fois une contrainte économique mais aussi une demande sociale forte liée à la valeur « *green* ». Aussi, tous les acteurs s'y lancent avec plus ou moins de succès. Les opérateurs maîtrisant l'infrastructure télécom veulent se positionner comme acteurs indispensables capables de transmettre les informations de la maison vers le réseau et les ordres du réseau vers le foyer.

Les principaux cas d'utilisation envisagés par les opérateurs sont : pouvoir contrôler sa consommation d'énergie, gérer la température de son foyer, notamment à distance, fermer ses volets à distance l'hiver pour réduire la déperdition de chaleur et inversement les ouvrir lorsque le soleil est présent... Bouygues Telecom a été précurseur, puisqu'il propose depuis la rentrée un service en partenariat avec Ijenko. Ce service d'un prix entre 5 et 10 € permet à l'utilisateur de suivre sa consommation en temps réel, de piloter ses équipements électriques chez soi ou à distance, diagnostiquer des écarts de consommation entre ceux prévus et constatés. Le retour sur investissement pour l'utilisateur n'est pas forcément évident et le bilan énergétique, si on ajoute tous les équipements supplémentaires consommateurs d'électricité, ne paraît pas forcément favorable. Mais cette offre est un début qui permet de répondre à une vraie demande du marché. Savoir ce que l'on consomme vraiment et en temps réel est une information qui n'est pas accessible pour l'instant et l'acteur qui la fournira aura une réelle influence sur le marché.

Les fournisseurs d'énergie veulent attaquer ce marché via des compteurs intelligents afin de mieux gérer les pics de consommation. On parle du marché « *smart grid* ». Linky représente un vrai bénéfice pour l'opérateur en permettant un certain nombre d'opérations à distance (relevé, changement de puissance) mais pas forcément pour l'utilisateur : il n'a pas accès sur site web à ses données de consommation, il doit se déplacer sur son compteur pour voir la consommation instantanée ou quotidienne. La bataille des box entre les fournisseurs d'énergie (ERDF avec son compteur intelligent Linky, GDF-Suez avec sa Zenbox) et les opérateurs télécoms est lancée.

Confort

Le confort regroupe tous les aspects de la domotique plus traditionnelle. Les principaux cas d'utilisation tournent autour du pilotage de l'éclairage, de la température des différentes pièces de la fermeture/ouverture des volets, de l'arrosage extérieur, etc.

Ce que l'opérateur va pouvoir apporter, c'est la possibilité d'une approche multi-écrans en particulier sur la télévision via sa STB mais aussi sur les tablettes, smart phone, PC. Il met également en avant les possibilités de pilotage à distance et de scénarisation de celui-ci (combinaison de commandes, paramétrage dans le temps, personnalisation des ambiances...). Néanmoins, ce marché est très segmenté : installateurs locaux, grandes surfaces, magasins de bricolage où chaque équipementier a ses propres normes. Le manque de standardisation et la micro segmentation du marché font qu'il est très difficile de le développer.

et pour un opérateur de l'aborder de façon globale. Ils sont donc en phase de négociation de partenariats et ils poussent à la standardisation. Ainsi le standard de radiofréquence Zigbee (pour le pilotage des équipements) a été retenu au sein du HGI (*Home Gateway Initiative*), groupe de normalisation des box des opérateurs.

Télésanté

La santé à domicile est également un domaine de choix en raison de l'allongement de la durée de la vie et du souhait de chacun de pouvoir être soigné dans son environnement. Un certain nombre d'applications et de services sont en tests comme: la visite médicale virtuelle, le monitoring médical à distance, le bip d'alerte, le contrôle de la médication des patients.

Les opérateurs veulent se positionner sur ce marché et commencent à l'aborder autour des services de communication. Le premier besoin est d'éviter l'isolement et de pouvoir communiquer de façon efficace. Ainsi, SFR a lancé l'offre SFR *Family connect* qui permet aux personnes âgées de communiquer facilement et à distance avec leur famille ou leur médecin depuis leur téléviseur, une sorte de visiophonie adaptée pour les personnes âgées avec des commandes à grosses touches et ultra simples.

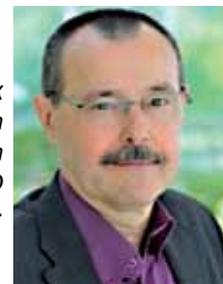
Orange est allée plus loin en créant Orange *Healthcare* dès 2007. Orange et Sorin Group ont un accord permettant de suivre les patients équipés de stimulateurs cardiaques à distance. Le stimulateur communique en local avec la *box* du patient puis la *box* permet de mettre en relation à distance le patient avec un docteur qui peut analyser les données et prendre les mesures adéquates.

Conclusion

L'ensemble de ces marchés représente des gisements de valeur importants pour un certain nombre d'acteurs et en particulier pour les opérateurs télécoms. Les opérateurs peuvent aborder ce marché car la fiabilité de leurs box a considérablement augmenté et les solutions hardware les supportant sont devenues plus puissantes permettant le support de nouvelles applications.

Afin d'aborder ce marché, Orange a créé *SoftAtHome* en 2008 dont l'objectif est de construire avec d'autres opérateurs une plateforme logicielle de référence pour les équipements de la maison numérique. À l'heure où le marché du multimédia est attaqué de toutes parts par de multiples acteurs (Apple, Google, Samsung...), il est essentiel pour les opérateurs de fidéliser leurs clients en leur offrant une palette de services toujours plus large dans le domaine de la maison numérique. ■

DE L'INTELLIGENCE DANS LE BÂTIMENT ?



Par **Jean LACROIX**
Directeur Energie et Construction
durable Bouygues Construction
En charge de la R&D
« Construction durable »

Effectivement le monde du bâtiment, comparé à d'autres domaines d'activité, n'a pas la réputation d'intégrer beaucoup d'intelligence dans ses ouvrages. Bien que dans les années 80 on nous annonçait l'arrivée de la maison intelligente qui répondrait automatiquement au moindre désir de ses occupants, force est de constater que 30 ans après, hormis dans le cadre de quelques populations limitées, la mise en œuvre de ces technologies et les visions futuristes de l'époque n'ont pas été réellement suivies d'effet. Un manque de besoin réel, une ergonomie et une fiabilité insuffisantes ainsi qu'un coût élevé ont condamné ces produits.

Quelles nouvelles circonstances pourraient entraîner un changement de cette situation ? Les freins initiaux sont-ils levés ?

Il faut reconnaître que l'environnement, tant technique que sociétal de la construction a évolué fortement ces dernières années et va continuer d'évoluer. La principale évolution impactant notre métier est la nouvelle politique énergétique menée tant au niveau de l'Europe que de la France.

Cette nouvelle politique, due à la fois à la volonté de réduction de nos émissions de CO₂ et à la limitation de notre dépendance en approvisionnement énergétique, nécessite :

- l'obtention d'une performance thermique des bâtiments sans commune mesure avec nos constructions passées en visant le bâtiment à énergie positive en 2020 ;
- l'intégration d'une part de plus en plus grande de production énergétique à partir de sources renouvelables et décentralisées ;
- la prise en compte d'une augmentation du coût des énergies et d'une modification profonde du marché de l'électricité suite à la mise en application de la loi « NOME ».

D'autres phénomènes, comme le développement du véhicule électrique et la réticence de plus en plus forte de l'opinion publique concernant l'énergie nucléaire, vont rendre encore plus nécessaire cette quête de réduction des consommations, tout particulièrement dans le domaine de l'électricité dont la sécurité d'approvisionnement risque de ne plus être assurée à terme.

Bien que les objectifs soient similaires, les réponses et les visions à moyen terme sont différentes suivant la nature des bâtiments.

On peut distinguer deux grandes typologies :

- les bâtiments tertiaires ;
- l'habitat.

Dans les bâtiments tertiaires, on a constaté ces dernières années une évolution significative de la mise en place de systèmes de gestion centralisée des installations techniques. Ces systèmes sont actuellement utilisés pour piloter les installations suivant des critères de confort et d'usage et avec un suivi des consommations de type « constats à terme » sur des périodes longues.

Ces fonctionnalités ne permettent pas de répondre aux enjeux des nouvelles formes de contrat type CPE (Contrat de Performance Énergétique) ou PPP (Partenariat Public Privé) qui nous engagent en tant que constructeur sur la performance énergétique réelle de nos constructions.

Les systèmes doivent donc assurer les fonctionnalités destinées à permettre de gérer la performance énergétique du bâtiment en intégrant des outils

d'analyse et de diagnostic permettant à l'exploitant de suivre en quasi temps réel la conformité du comportement énergétique réel avec le modèle prévisionnel. On évolue d'un mode réactif à un mode prédictif en intégrant dans ces outils des moyens de simulation du fonctionnement thermique du bâtiment prenant en compte les changements d'usage et de météo. Par rapport à cette prévision, des outils d'analyse permettent d'identifier au plus tôt tout écart de consommation dû à un dysfonctionnement technique ou à un usage anormal.

Mais ceci n'est qu'une phase intermédiaire car à l'échéance de 2020 le bâtiment devra passer du statut de simple consommateur à celui de producteur / consommateur avec un marché de l'énergie très différent du marché actuel.

Ces outils devront donc intégrer des nouvelles possibilités de gestion économique du mix énergétique propre à l'ouvrage : énergie réseau, stockage, production intégrée échanges avec l'environnement immédiat (îlot ou quartier) et ce, avec un pas de temps compatible avec l'évolution de la tarification.

Ces logiciels ne doivent pas se cantonner aux seuls usages « bâtimentaires » de l'énergie mais également prendre en compte les usages spécifiques comme l'informatique et la bureautique qui deviennent les postes de consommation les plus importants. C'est d'ailleurs cette prise en compte qui amène sur ce marché des nouveaux acteurs venus du monde de l'informatique. Les systèmes traditionnels utilisant de plus en plus le protocole de communication IP on

peut envisager à terme une intégration de ces outils directement dans le système d'information de l'entreprise.

Cette recherche de la performance fait arriver sur le marché des nouveaux composants technologiques comme les vitrages à opacité commandée, les éclairages de type LED, les batteries de stockage, etc. Ces nouveaux produits ne pourront pénétrer le marché que s'ils génèrent une réelle économie de consommation ce qui nécessite des nouveaux algorithmes de pilotage multi critères prenant non seulement en



Exemple de vue écran de l'outil « HYPERVISION® » de gestion des performances du bâtiment.

compte des paramètres économiques et de performance mais également de durée de vie.

Dans le domaine de l'habitat, bien que les objectifs de performance énergétique soient similaires, la situation est différente. On peut noter plusieurs freins structurels à la mise en place d'outils équivalents :

- la contrainte de coût très forte sur ce marché ;
- le fait de s'adresser à une population non sensibilisée aux économies d'énergie qui n'a pas conscience des effets de son comportement ;
- des très grandes disparités de besoins et d'usages suivant les populations.

Dans un premier temps il s'agit donc de mettre à disposition de l'utilisateur les informations lui permettant d'évaluer sa consommation par rapport à une référence théorique, en quasi temps réel, de façon à lui donner la liberté d'adapter ou non son comportement en fonction de ses choix. Cette nouvelle fonctionnalité est soit intégrée dans les « box » Internet, pour les utilisateurs qui en sont dotés, soit assurée par un produit indépendant tel que présenté dans la figure ci dessous.



Tablette de pilotage associée à l'offre « Energy-Pass ».

Ces produits, pour être plus attractifs, intègrent souvent une aide à la gestion énergétique sous forme de conseils et parfois de services complémentaires de sécurité. Demain ils intégreront des fonctions de communication avec les réseaux de distribution énergétique pour assister l'utilisateur dans l'optimisation de ses consommations.

De façon générale on peut conclure à un développement très probable de systèmes « intelligents » dans le bâtiment. Cependant, un élément important du succès de ce déploiement, et de la politique énergétique, reste très aléatoire : le niveau d'acceptabilité par les utilisateurs.

Comment ces utilisateurs vont-ils accepter l'intrusion de ces systèmes dans leur vie quotidienne ? Vont-ils accepter de modifier leurs comportements et parfois leur manière de vivre et ce pour quelle motivation ? Quelle contrepartie à ces efforts ? Ces questions restent ouvertes et les réponses conditionnent le développement de ces nouvelles technologies. ■

CONTRÔLE COMMANDE PO BÂTIMENTS TERTIAIRES À

Par **Hervé GUÉGUEN (87)**
Professeur à Supélec



La chaire « Bâtir durable et Innover », qui regroupe Centrale Paris, les Ponts-Paristech, Supélec et le CSTB, est soutenue par Bouygues Construction et a été lancée en octobre 2010 (voir Flux N° 263). L'importance des aspects énergétiques, tels qu'ils sont présentés par ailleurs dans ce dossier, (minimisation de la consommation, intégration dans les systèmes de fourniture, intégration des productions locales...) ont conduit à lancer dans le cadre de cette chaire un projet sur le contrôle-commande et l'efficacité énergétique. L'objectif de ce projet est de proposer des algorithmes de commande d'un bâtiment qui permettent, en exploitation, de minimiser son empreinte énergétique.

En fonction de l'usage du bâtiment, les profils et les caractéristiques des consommations ainsi que les moyens d'action diffèrent. Il a donc été décidé de concentrer les travaux sur les bâtiments tertiaires. De plus, même si l'ensemble des bâtiments doit être considéré pour atteindre les objectifs de réduction globale fixés pour le secteur, il apparaît que les bâtiments neufs (ou ayant été profondément rénovés) constituent une cible privilégiée de déploiement des solutions de gestion avancée de l'énergie. Ces bâtiments, dits basse consommation, se caractérisent en particulier par des niveaux d'isolation (souvent extérieure) élevés, des surfaces vitrées importantes et des équipements nouveaux qui modifient grandement leur comportement.

L'efficacité énergétique de tels bâtiments demande bien sûr un contrôle précis des équipements, tels que les centrales de chaud et de froid, afin que leur rendement soit maximal. Cependant un

UR L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE DES BASSE CONSOMMATION.

bâtiment en exploitation est un système complexe où les différentes fonctions (confort thermique, confort optique, qualité de l'air...) interagissent entre elles et avec les usagers. L'amélioration de l'efficacité demande donc une approche globale qui prend en compte l'ensemble des composants, des acteurs, de l'environnement et surtout de leurs interactions.

C'est cette approche systémique qui est privilégiée dans le cadre de ce projet qui vise donc à optimiser, au niveau global, le comportement énergétique des bâtiments tertiaires à basse consommation en proposant des solutions de contrôle-commande les plus génériques possible afin que leur déploiement sur un bâtiment, forcément particulier en termes d'usages, de structures, d'enveloppe ou d'équipements, ne demande pas des développements théoriques et algorithmiques lourds.

Si l'efficacité énergétique peut sembler une notion simple à mesurer, par exemple à l'aide de la consommation en KW.h/m².an, il apparaît qu'il faut définir le contour des consommations prises en compte dans ce bilan.

Dans la première phase du projet nous nous concentrerons sur les consommations réglementaires du bâtiment (chauffage, rafraîchissement, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairages et auxiliaires) en gardant à l'esprit la possibilité d'intégrer d'autres usages qui s'avèreraient des postes de consommations prépondérants et sur lesquels il est envisageable d'effectuer un contrôle. Améliorer l'efficacité énergétique conduit donc à minimiser la consommation tout en assurant les services attendus par les usagers. La satisfaction de cet objectif se complique bien sûr si on prend en compte différentes sources complémentaires pour satisfaire les besoins ou si on intègre des systèmes de cogénération qui produisent des formes d'énergie (chaleur et électricité) dont les consommations ne sont pas synchronisées.

Cependant le problème change lorsque l'on intègre la consommation par le bâtiment de la production des sources d'énergie renouvelable (photovoltaïque, solaire thermique, éolien...) qu'il supporte puisqu'il s'agit de sources fatales dont on ne maîtrise pas la production. Il en est de même si on intègre son bâtiment dans un réseau de distribution d'énergie qui attend de lui des services par une politique « Demand Response » comme on peut le voir par ailleurs. L'objectif, qui n'est pas forcément compatible avec celui de minimiser la

consommation, devient alors de consommer cette énergie au moment où elle est la plus disponible. Pour optimiser la consommation énergétique d'un bâtiment il est nécessaire de s'intéresser à son comportement. Même si le confort thermique (en particulier le chauffage) n'est plus le poste principal de consommation, il reste un point important pour la satisfaction des occupants vis-à-vis du bâtiment et de sa gestion.

De plus, les caractéristiques dynamiques ont fortement évolué par rapport à celles de bâtiments équivalents mais de conception plus ancienne. Un premier point, qui permet d'illustrer cette différence, est représenté en *figure 1*. Dans cette expérience, deux bâtiments équivalents (même géométrie, même surface vitrée, ...) mais avec des enveloppes différentes, sont considérés et simulés grâce à l'outil Simbad du CSTB. Le bâtiment BBC est isolé par l'extérieur avec une épaisseur de 12 cm de laine de roche, alors que le bâtiment plus ancien est isolé par l'intérieur par 4 cm de polystyrène, les parties en béton étant semblables. Les deux bâtiments sont soumis aux mêmes conditions extérieures et initialement maintenus pendant une journée à 20°C. On peut voir que l'inertie du bâtiment BBC est beaucoup plus forte et que la température y baisse beaucoup plus lentement.

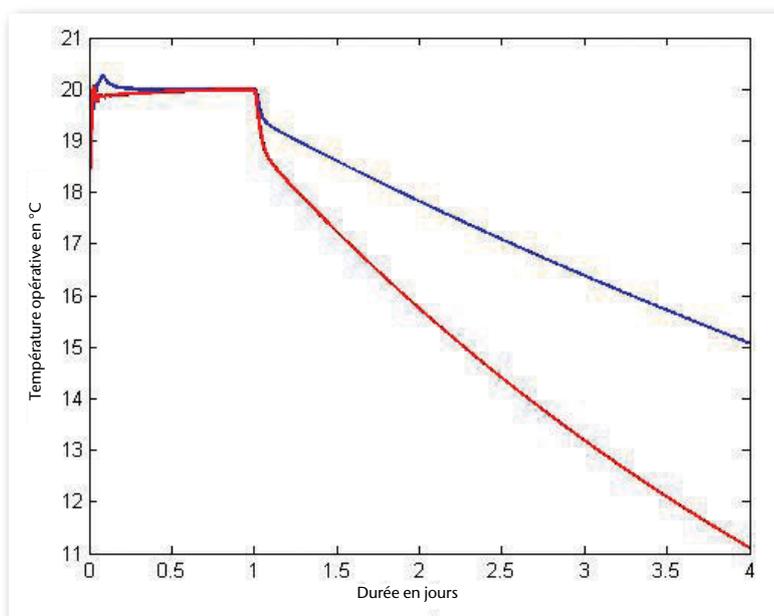


Figure 1 : Évolution libre de la température opérative dans un bâtiment BBC (en bleu) et un bâtiment plus ancien (en rouge).

Un deuxième point qu'il est intéressant de prendre en compte est que la puissance nécessaire pour chauffer les bâtiments étant beaucoup plus faible,

la puissance installée l'est aussi. En associant cette faible puissance avec l'inertie du bâtiment il est plus difficile de faire évoluer la température. Ceci est illustré en *figure 2* où l'on considère les deux bâtiments précédents. Dans chacun, la puissance installée est la puissance nécessaire pour assurer 20°C avec une température extérieure de - 9°C, plus 10 %. On voit que pour les deux bâtiments, le passage d'une consigne de 15 à 20 °C fait appel à la puissance maximale mais que, si le bâtiment classique rejoint sa consigne en environ une journée, il faut trois jours au BBC.

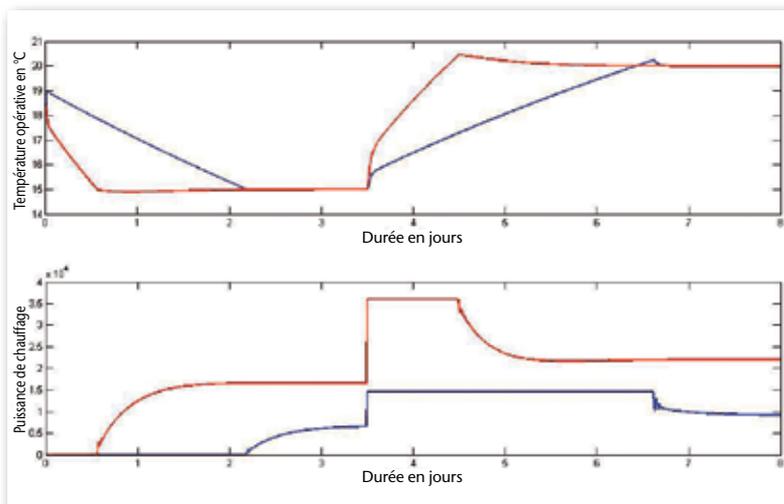


Figure 2 : Évolution de la température et de la puissance de chauffage lors d'un changement de consigne de température intérieure, pour le bâtiment classique (en rouge) et le BBC (en bleu).

Ces nouvelles caractéristiques doivent être prises en compte dans la gestion énergétique. Lors de cette première année nous nous sommes donc intéressés à la gestion des intermittences de chauffage dans les immeubles de bureaux à basse consommation. En effet, si on considère une gestion purement horaire de cette intermittence telle que représentée sur la *figure 3* pour le cas de notre bâtiment BBC virtuel, on voit que si cela se passe relativement bien dans la semaine (si on accepte les dépassements), il n'en est pas de même

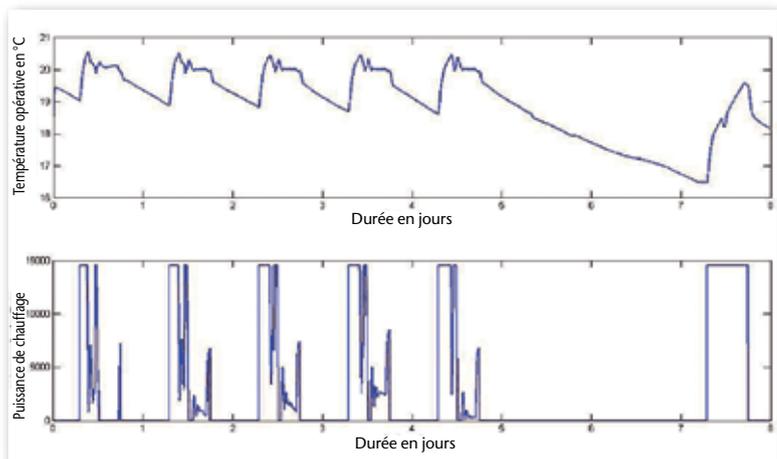


Figure 3 : Gestion de l'intermittence du chauffage sur une base horaire.

le lundi matin. En effet la dérive en température du bâtiment pendant le week-end ne peut pas être compensée dans la journée du lundi, ce qui est inacceptable.

Les travaux menés, en particulier par J. Eynard (post-doctorant à Supélec), ont conduit à proposer une gestion prédictive de la gestion de la remise en marche et de l'extinction du chauffage afin de garantir l'obtention de la consigne de température de 20°C pendant les heures d'ouverture, tout en minimisant la consommation. Cet algorithme est basé sur un modèle simplifié du bâtiment qui prend en compte les températures intérieure et extérieure et les prévisions d'apport par les occupants. Comme cela est illustré en *figure 4* cet algorithme permet de satisfaire les besoins, même le lundi matin.

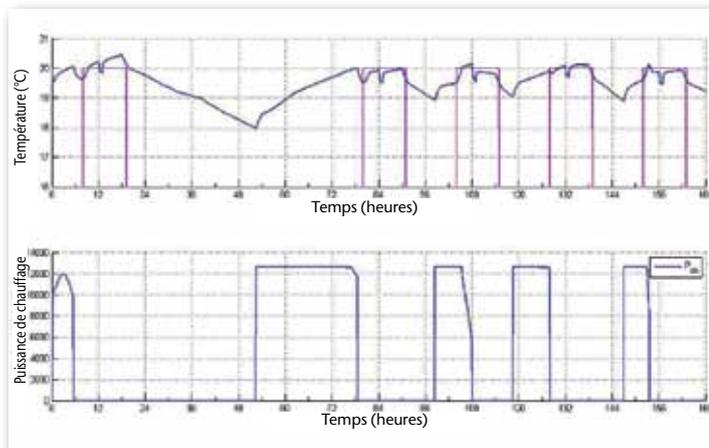


Figure 4 : Gestion prédictive de l'intermittence du chauffage.

Cependant on peut également voir en *figure 4* que cette gestion qui vise à couper le chauffage le soir et le week-end conduit à un fonctionnement à pleine puissance de l'installation pendant les phases de remontée en température et à une extinction dans la journée. Ceci est, en particulier, le cas parce que les apports des occupants suffisent en grande partie à assurer le confort dans la journée. Ce fonctionnement n'est pas forcément optimal si on considère d'autre part l'usure du matériel. De plus, l'estimation des gains, par rapport à un maintien à 20° C, sur une semaine froide est, selon les simulations, de l'ordre de 10 % d'une consommation énergétique relativement faible.

Si le gain énergétique de cette gestion peut conduire à s'interroger sur l'intérêt de développer et régler une telle approche pour un bâtiment particulier, elle peut se révéler plus intéressante dans le cadre d'une gestion intégrée de l'énergie qui prend en compte les différentes sources et leur disponibilité. Les développements particuliers nécessaires pour sa mise en œuvre consistent, en effet, principalement en la détermination d'un modèle simple qui prend en compte les principaux



BÂTIMENT À ÉNERGIE POSITIVE (BEPOS) ET BÂTIMENT INTELLIGENT, QUELLE LOGIQUE ÉCONOMIQUE ?

Par **Cédric BOREL (96)**
 Directeur de l'Institut Français
 pour la Performance Énergétique
 du Bâtiment (IFPEB)



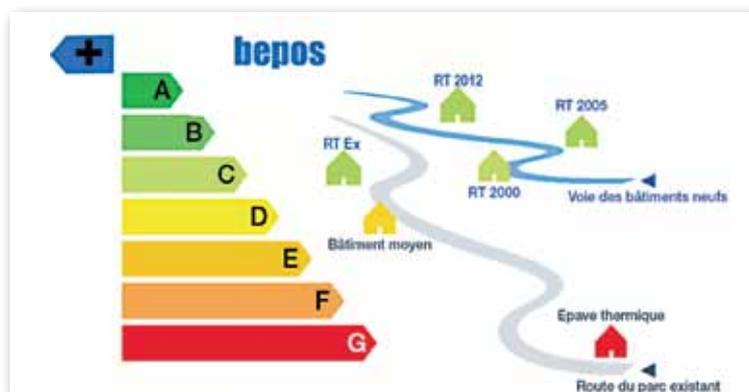
facteurs d'influence sur le comportement thermique et permet de le prédire afin d'optimiser la consommation. Ce modèle peut également être utilisé pour gérer le rafraîchissement ou les offres d'effacement de charges que le bâtiment pourrait faire au réseau intelligent de distribution d'énergie.

Le bâtiment apparaît ainsi comme un système où l'intelligence des systèmes de contrôle-commande doit permettre d'atteindre les objectifs de faible consommation énergétique et d'offre de services aux réseaux de distribution, sans bien sûr oublier leurs fonctions principales de support et d'abri aux activités humaines. La satisfaction de ces objectifs passe par le développement d'algorithmes puissants, pour une réelle optimisation, et qui prennent en compte l'ensemble des besoins, des consommations et des contraintes. Il est cependant également nécessaire de prendre en compte, dès leur conception, le déploiement de ces algorithmes et des systèmes sur les bâtiments afin qu'ils soient opérationnels dès la livraison et qu'ils soient adoptés par les usagers.

Remerciements à : W. Hu, J. Lacroix et Y. Mansouri de Bouygues Construction ; à : G. Ansanay, M. Jandon du CSTB et à : R. Bourdais, D. Dumur et J. Eynard de Supélec.

Hervé Guéguen est ingénieur Supélec (1987). Depuis 1988, il est enseignant-chercheur en automatique sur le campus de Rennes de Supélec. Il est actuellement responsable de l'équipe d'automatique de l'IETR (UMR 6164) qui développe, en particulier, un ensemble de travaux sur le contrôle-commande pour l'efficacité énergétique du bâtiment. Il est d'autre part animateur pour Supélec, de la chaire Bâtir durable et Innover, au sein de laquelle il coordonne le projet Contrôle-Commande et Efficacité énergétique.

La décennie que nous débutons nous oblige à penser conjointement les politiques de performance énergétique des bâtiments et les politiques de l'énergie. L'objectif européen nous y invite : selon la directive européenne sur la performance énergétique des bâtiments⁽¹⁾, tous les bâtiments construits après 2020 seront à « énergie nette presque nulle », ce que nous avons transposé usuellement en France en bâtiments à « énergie positive » dans nos lois GRENELLE. Cette notion appelle à une profonde réflexion avant tout investissement.



Les grandes énergies (électricité, gaz) sont des énergies extrêmement disponibles, permettant d'épouser finement la demande (la courbe de charge de l'activité nationale). Elles ont un excellent « service rendu », mais

(1) Directive 2010/31/UE du Parlement Européen et du Conseil du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments (refonte).



Panneaux photovoltaïques sur un immeuble tertiaire.

ne sont généralement, à l'exception du grand hydraulique, pas renouvelables. À l'inverse, les énergies renouvelables sont pour la plupart intermittentes et chères lorsque non développées à très grande échelle, mais cruciales pour notre futur énergétique.

Dans son acception la plus courante, cf. les annonces des promoteurs immobiliers ayant fait cet effort, l'équation du bâtiment «BEPOS» consiste à équilibrer, dans un bilan énergétique annuel, les kilowattheures consommés des grandes énergies par les kilowattheures produits par les renouvelables.

Quelle est la logique économique ? La capacité installée est alors souvent double, car la capacité des premières doit pouvoir pallier l'absence occasionnelle des secondes. Cette addition de moyens de production sera nécessairement payée in fine par l'ensemble des consommateurs et n'est pas un modèle soutenable, économiquement parlant, pour notre échéance de 2020.

C'est à «l'intelligence», c'est-à-dire un pilotage des moyens de production et des charges, au premier rang desquelles les bâtiments, d'opérer la réduction des moyens qui permettra de faire émerger un nouvel optimum économique.

Un investissement dans l'intelligence doit devenir une économie quelque part

C'est la logique qui est actuellement à l'œuvre dans l'effacement de pointe. Des entreprises créent un portefeuille de clients consommateurs qui sont «agregés» pour une gestion intelligente de la demande (exemple : *Energy Pool*⁽²⁾) :

- regrouper dans un *pool* des consommateurs d'électricité capables de moduler leur consommation électrique en fonction de la demande d'électricité sur le réseau (via des effacements ou des stimulations de consommation), ainsi *Energy Pool* gère en France actuellement plus de 500 MW ;
- offrir au gestionnaire du réseau électrique français (RTE) et à des responsables d'équilibres des capacités d'équilibrage de l'offre et de la demande d'électricité en temps réel ;
- rendre ces marchés complexes accessibles à des consommateurs de plus petite taille ;
- mutualiser les risques (cas d'une activité exceptionnellement non effaçable, saisonnalité...)
- ;
- négocier la valorisation de ces effacements.

Avant le démarrage de l'opération, les spécialistes

(2) Partenaires: Schneider Electric, Alstom Grid, Euriware, INES et RTE.

d'ingénierie technico-économique de ces entreprises étudient avec les clients : l'évaluation des enjeux, la priorisation des idées et la mise en place du mécanisme d'effacement.

En termes de coûts :

- pour la collectivité, 1 000 MW d'effacement, effacés 500 heures par an, permettent l'économie de 500 millions d'euros d'investissement et 3 millions de tonnes de CO₂ ;
- pour un gros consommateur, un gain de 2 à 10 % sur les factures globales, une opportunité de réduire les consommations.



Cette logique, qui est à l'œuvre au niveau national, sera bientôt transposée à des niveaux plus fins, de nouvelles offres d'électricité, compatibles lois NOME et GRENELLE, permettront des économies au bâtiment qui sait piloter ses appels de puissance en fonction de la disponibilité du réseau.

Élargissement au quartier

Il est communément admis que le «BEPOS» est d'abord un bâtiment très économe en énergie. Le PUCA (Plan, Urbanisme, Construction et Architecture) a fait, à ce sujet, un excellent travail de définition en ce début d'année⁽³⁾.

Cette sobriété doit être accompagnée d'un pilotage intelligent des charges énergétiques et de leur activité,

en fonction de la sollicitation du réseau, loi NOME⁽⁴⁾ oblige, pour l'électricité, des tarifs dépendant à terme de cette dimension horaire. Ce pilotage fin permet de travailler efficacement la courbe de charge, de limiter les puissances appelées, et, par là même, de limiter la taille des équipements et les coûts afférents. Aujourd'hui les maîtres d'ouvrage doivent absolument développer des bâtiments «*smart grid ready*». Mais il restera toujours un besoin incompressible d'énergie pour les activités humaines.

Comment alimenter notre futur bâtiment «BEPOS», dans la logique de la directive européenne, sans renchérissement inutile dû à une multiplication des moyens ? Nul doute que le bâtiment, pris dans une logique unitaire, n'est pas l'échelle optimale. Nous ne sommes pas dans la logique additive d'une somme de «BEPOS». L'objectif étant de livrer une énergie renouvelable dont le coût est soutenable et le «service rendu» maximal, il est nécessaire de mettre en œuvre des solutions industrielles bénéficiant d'une économie d'échelle, c'est-à-dire mises en œuvre à l'échelle de l'îlot, du quartier, du morceau de ville⁽⁵⁾.

Les nouveaux réseaux de chaleur à basses températures à base de pompes à chaleur savent

(3) Appel à propositions de recherche et expérimentation du PUCA « BEPOS, Smartgrids, territoires et habitants. » PUCA, septembre 2011.

(4) Loi sur la Nouvelle Organisation du Marché de l'Electricité ou NOME

(5) Option retenue dans le document « Feuille de route sur les bâtiments et îlots à énergie positive et à bilan carbone minimum », ADEME, 2010.

(6) Quantité d'énergie inéluctablement présente ou piégée dans certains processus ou produits, qui parfois - au moins pour partie - peut être récupérée et/ou valorisée.



Panneaux photovoltaïques sur un immeuble tertiaire.

finement récupérer les énergies fatales⁽⁶⁾, gérer une offre et une demande de chaleur et de froid au niveau local⁽⁷⁾. Des capacités de stockage de l'électricité sont à l'étude et des évolutions technologiques à prévoir à court terme. À cette échelle, un pilotage intelligent des réseaux d'approvisionnement et des charges, le « *smartgrid* » ou « système énergétique intelligent », est la bonne réponse.

Notons que le réseau du gaz n'est pas en reste : une piste en cours de développement est la valorisation des productions décentralisées de biogaz pour les injecter dans les réseaux de distribution de gaz qui alimentent plus des trois quarts du territoire.

Plus concrètement, le système de gestion des énergies dans le bâtiment BEPOS devra communiquer une masse d'informations avec les dispositifs intelligents de traitement et de transmission de données des *smartgrids*, en respectant une logique de réduction des coûts d'investissement, de charges d'exploitation et un équilibre du bilan énergétique global.



Revisiter le parc existant.

Les bâtiments existants

Dès lors, il n'est pas inconcevable que ces économies d'échelles et l'arrivée de nouveaux systèmes au titre d'aménagements neufs bénéficient aux bâtiments environnants.

La question qui se pose est moins d'absolument « positiver » un bâtiment seul que de remonter la

performance globale de toute une zone, pourquoi pas jusqu'au « quartier BEPOS », dans une logique de coûts maîtrisés, sans tomber dans le travers de « l'acharnement énergétique ». Une partie du parc existant de bâtiments ne pourra jamais être mis au niveau « BEPOS » et leurs impacts énergétiques et environnementaux devront être compensés par les bâtiments voisins.

Dans leurs responsabilités de penser la ville, les collectivités locales sont en première ligne pour la définition de ces nouveaux réseaux soutenable et la création de l'intelligence énergétique locale, au service d'un coût maîtrisé de l'énergie.

Des modèles économiques simples sont en expérimentation autour de ces nouveaux modes d'organisation. L'urbanisme de projet, actuellement en chantier au Ministère de l'Écologie, doit ouvrir la voie à l'équilibre énergétique des territoires où nos futurs quartiers « BEPOS » seront aussi une opportunité de réinvestir dans « l'ancien ».

Le développement de la mobilité électrique rajoute la contrainte de la gestion de la recharge des véhicules électriques. Intégrée à l'environnement électrique du bâtiment et au réseau d'approvisionnement actuel, cette gestion doit également limiter l'impact sur le besoin d'adaptation du réseau futur.

L'économie, puis la technique

En guise de conclusion provisoire sur un sujet qui ne manquera pas de mobiliser les esprits, le bâtiment intelligent ne prospérera que sur un nouvel optimum économique.

Tous les opérateurs ont compris que la définition du BEPOS par la seule norme technique, comme l'idéalisation de « l'intelligence », sans définition précise et vérifiée de sa valeur ajoutée, déboucherait sur des développements stériles.

Si tous les travaux actuels sont passionnants, c'est qu'ils relient efficacement, dans leur recherche d'un « *business model* », les sujets de politique énergétique et de programmation des bâtiments.

C'est pour cela qu'on peut raisonnablement parier, cette fois-ci, sur un vrai changement des modes de production et de consommation. ■

Cédric Borel est ingénieur Supélec, diplômé en 1996, il a travaillé une dizaine d'années en France et à l'étranger pour des entreprises françaises d'installations électriques et télécommunications, passant rapidement à la création d'agences et à la diversification du panel d'affaires vers les énergies nouvelles et l'efficacité énergétique. Il est aujourd'hui directeur de l'Institut Français pour la performance Énergétique du Bâtiment (IPFEB). L'IPFEB est une consultance mutualisée par une quinzaine de grandes enseignes de l'investissement et de la promotion immobilière, de la construction, de l'énergie et de l'industrie, auxquelles sont confiés des sujets visant une meilleure prise en compte du développement durable dans l'immobilier et la construction.

(7) Expérimentations de l'IPFEB sur les réseaux équilibrés renouvelables.