

Article extrait de la REE 2020-3
Tous droits réservés



© Crédit photo Photographie EDF

La Maison connectée bas carbone, vitrine des ambitions d'EDF dans le secteur résidentiel

Frédéric Gastiger

Chef de projet « Smart Home »
EDF, direction Recherche &
Développement (R&D)

Engagé dans la transition énergétique, le Groupe EDF aide ses clients particuliers à mieux et moins consommer. Comment EDF peut-il saisir les opportunités offertes par le concept de maison connectée pour apporter confort et économies à ses clients ?

Un laboratoire au cœur de la stratégie bas carbone d'EDF

La maison connectée, un levier pour la transition énergétique

Le secteur résidentiel est à la croisée des transitions énergétique et sociétale qui s'amorcent. Représentant 25 % de

la consommation d'énergie primaire en France et 15 % des émissions de gaz à effet de serre, il constitue un levier majeur pour atteindre, en France en 2050, les objectifs de neutralité carbone de la stratégie nationale bas carbone. Le logement connaît également de profondes mutations, en lien avec les changements observés dans la société – émergence du télétravail, maintien au domicile des

seniors, recomposition familiale, – et les nouvelles attentes des occupants : émergence du véhicule électrique, sécurité des biens et des personnes...

Fidèle à l'esprit de service public qui l'anime depuis plus de 70 ans, EDF accompagne ses clients particuliers dans ces transformations, en proposant des solutions, énergétiquement efficaces et fi- ●●●

- nancièrement accessibles, qui permettent d'améliorer le confort de l'habitat. Ces solutions concernent tous les segments de population, quel que soit leur niveau d'« acculturation numérique ».

Dans cette optique, la révolution numérique qui s'opère, en particulier dans le domaine de la maison connectée, est un formidable accélérateur : la multiplication des objets connectés dans le logement permet de mieux répondre aux besoins des utilisateurs et de façon plus efficiente. L'habitant devient pleinement acteur de son confort et de sa consommation d'énergie.

Un lieu d'expérimentation des solutions bas carbone

Afin de détecter les tendances de ce marché en perpétuelle évolution et d'identifier les produits et solutions aptes à répondre aux attentes des clients résidentiels, la direction Recherche et Développement (R&D) du Groupe EDF a construit un laboratoire dédié à la maison connectée. Construite en 2015 sur le site EDF Lab Les Renardières (Ecuellen, 77), la *Maison connectée bas carbone* est une maison individuelle à taille humaine, représentative des constructions neuves actuelles. D'une surface de 100 m², elle est équipée de très nombreux systèmes : un compteur Linky, des panneaux photovoltaïques en toiture d'une puissance de 3 kWc (kilowatt-crête), plusieurs systèmes de chauffage et rafraîchissement, une borne de recharge pour véhicule électrique, des batteries de stockage et de nombreux capteurs.

Dans sa configuration nominale, elle utilise des panneaux rayonnants électriques pour le chauffage de l'air et un chauffe-eau thermodynamique pour la production d'eau chaude sanitaire. Grâce à une isolation renforcée des combles et des parois, la *Maison connectée bas carbone* répond aux exigences de la réglementation thermique 2012, tout en s'appuyant sur des technologies exclusivement électriques, et cela pour un coût de construction de 100 000 €, représentatif d'une maison pour primo-accédants.

Cette maison connectée est également un laboratoire, totalement instrumenté : mesure des paramètres d'ambiance tels que température, humidité et taux de dioxyde de carbone (CO₂), mesure des consommations électriques de chaque usage (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage...) et de chaque prise électrique, réseau Ethernet dans toutes les pièces et centrale d'acquisition et de stockage des données. C'est donc un véritable hub de données.

Pour s'adapter à toutes les configurations existantes et tester les idées développées par le Groupe, la *Maison connectée bas carbone* est dotée de quatre autres systèmes de chauffage (pompes à chaleur air-air (réversible) et air-eau, plancher rayonnant électrique et poêle à bois), d'un ballon d'eau chaude électrique classique, de plusieurs moyens de stockage stationnaire (batteries électrochimiques) et de plusieurs onduleurs.

Un laboratoire intégré à l'écosystème expérimental d'EDF R&D

La *Maison connectée bas carbone* bénéficie également de liens forts avec les autres moyens expérimentaux du site des Renardières. Elle a ainsi été construite à proximité de la Maison multi-énergies, sa « grande sœur » construite en 1980 et représenta-

tive du parc résidentiel existant (figure 1). L'association des deux maisons permet de tester un plus large panel de solutions techniques, et également de proposer des services compatibles avec le marché du neuf comme avec celui de la rénovation. La Maison connectée est également raccordée au laboratoire *Concept Grid*, dédié à l'étude et au développement des réseaux intelligents (*smart grids*) ce qui permet notamment de tester des solutions de gestion du réseau électrique. Enfin, la Maison connectée bénéficie également d'un « jumeau numérique », véritable modèle numérique du laboratoire. Celui-ci permet d'élargir le champ des essais réalisés, et d'évaluer les solutions dans des configurations variées et reproductibles.

Fort de ces éléments, le laboratoire permet d'évaluer et de concevoir les différentes briques constitutives de la maison connectée qui, ensemble, permettent de répondre aux attentes actuelles et à venir des clients particuliers.

Répondre aux besoins primaires des habitants

Le premier objectif du laboratoire est d'identifier, tester, voire développer des solutions aptes à répondre aux besoins primaires des habitants et, parmi ceux-ci, le



Figure 1 : Le laboratoire est en interaction avec d'autres moyens d'essais, tels que la Maison multi-énergies, ici au premier plan – © crédit photo Dronea.

besoin de sécurité et de confort, l'automatisation de certaines tâches et la réduction de la facture énergétique.

Favoriser la sécurité et le confort des occupants

Une des premières promesses des équipements connectés consiste en l'assurance d'une sécurité et d'un confort optimaux. Certes, ces deux axes sont adressés par les équipements domotiques depuis les années 1980 et 1990, par exemple via des systèmes de sécurité locaux – dotés de détecteurs d'ouverture de fenêtres et de présence, d'alarmes sonores ou téléphoniques – ou des thermostats programmables connectés aux systèmes de chauffage. Néanmoins, l'émergence de dispositifs connectés à Internet a permis une nette amélioration des fonctionnalités.

Ainsi, les dispositifs de sécurité ont bénéficié de la connectivité Internet pour offrir au client un suivi, en temps réel et à distance, de son logement, facilitant par exemple la levée de doute en cas d'alerte. Ces équipements permettent également l'enregistrement des données, notamment vidéos, sur des serveurs distants sécurisés, limitant ainsi le risque de suppression des données.

Dans le même esprit, les thermostats connectés, équipements emblématiques de la maison connectée, ont permis une réappropriation du pilotage du chauffage par l'habitant. Par rapport aux thermostats programmables classiques, la version connectée apporte deux fonctionnalités majeures : la facilité de programmation, qui était un écueil important des dispositifs précédents, ainsi que la possibilité de piloter le système de chauffage à distance, par exemple depuis son lieu de travail ou en vacances. Ces deux fonctionnalités ont ainsi permis une récurrence d'usage beaucoup plus fréquente, favorisant ainsi l'atteinte du confort par le client.

Sur ce sujet, la *Maison connectée bas carbone* permet de tester les solutions du marché, pour identifier les plus matures techniquement, ou celles proposant des fonctionnalités inédites et intéressantes.

“Certaines tâches peuvent également être réalisées plus simplement, directement depuis une application mobile, par exemple la fermeture des volets roulants ou l’extinction des lumières du logement.”



Figure 2 : Les équipements connectés sont pilotables via une application mobile, et permettent de définir des scénarios d'utilisation – © Crédit photo A. Daste.

Grâce aux différents équipements de chauffage installés dans le laboratoire, les équipes de recherche & développement ont la possibilité de tester toutes les solutions de pilotage du chauffage existantes.

En complément du confort thermique, le laboratoire permet également de traiter les problématiques de santé et de confort physiologique, par exemple grâce aux mesures de qualité de l'air intérieur (mesure du taux d'humidité, de la concentration en CO₂, etc.), et ainsi d'identifier les solutions permettant de limiter l'exposition aux polluants, tels que les composés organiques volatils (COV) par exemple.

Automatiser les tâches chronophages et répétitives

Les équipements connectés apportent également la possibilité d'automatiser certaines tâches, et donc de libérer les occupants pour d'autres activités. Il en va ainsi des équipements ménagers, par exemple

les aspirateurs robots ou les robots de cuisine, qui facilitent la préparation des repas.

Certaines tâches peuvent également être réalisées plus simplement, directement depuis une application mobile (figure 2), par exemple la fermeture des volets roulants ou l'extinction des lumières du logement. Ces différentes fonctionnalités sont déployées dans le laboratoire et il est alors possible de définir des scénarios d'usage impliquant plusieurs équipements. Par exemple, le scénario « absence prolongée » éteint l'intégralité des lumières du logement, ferme les volets roulants et baisse la consigne de chauffage en hors-gel.

Enfin, les capacités de pilotage offertes par les équipements connectés permettent de développer des scénarios automatiques, en fonction d'événements extérieurs. Par exemple, une température extérieure trop élevée en été peut déclencher la fermeture des volets pour limiter l'inconfort thermique en journée. Dans un autre domaine, ●●●

- le laboratoire peut moduler automatiquement le niveau d'éclairage du logement en fonction de la luminosité naturelle et de l'activité dans le logement, pour réduire la consommation d'électricité tout en assurant le confort visuel des habitants.

Le laboratoire permet également d'analyser l'impact des assistants vocaux qui offrent un nouveau canal de communication entre l'habitant et son logement, plus fluide et souvent plus rapide que l'utilisation d'une application mobile. Les assistants vocaux représentent un canal de diffusion très important de la maison connectée, du fait des fonctionnalités qu'ils proposent, couplées à un coût qui reste raisonnable.

Réduire la facture énergétique du logement

Enfin, la *Maison connectée bas carbone* a vocation à permettre l'émergence de services numériques favorisant la sobriété énergétique et la réduction de la facture d'énergie. Dans un premier temps, le laboratoire permet d'évaluer les solutions d'optimisation de la consommation proposées sur le marché. Ainsi, au-delà de la simple programmation horaire proposée par la totalité des dispositifs de pilotage du chauffage, des fonctionnalités nouvelles émergent, comme par exemple le pilotage de la température pièce par pièce, pour les convecteurs électriques mais également

pour le chauffage hydraulique, via des têtes thermostatiques connectées.

La connectivité apporte également d'autres services, comme le pilotage en fonction de la présence (détection locale) ou par géolocalisation (détection en dehors du logement), ou encore l'apprentissage des habitudes de confort des habitants, qui permet de chauffer les pièces au plus juste, sans surcoût.

Enfin, les données collectées par les différents dispositifs connectés permettent de déployer des services de suivi et gestion de la consommation. C'est par exemple le cas de la station connectée proposée par Soweel (figure 3), qui permet le pilotage du chauffage au degré et à l'euro près. Chaque mois, le client peut choisir de fixer un budget énergie à ne pas dépasser. La station Soweel adaptera alors le planning de chauffage pour le mois à venir, en tenant compte des prévisions météorologiques et des caractéristiques thermiques du bâtiment. Les algorithmes sous-jacents à cette fonctionnalité ont été développés par la R&D d'EDF et expérimentés pour la première fois à la *Maison connectée bas carbone*.

Offrir une maison résiliente et adaptable

Dans cette période de profond changement, à la fois sociétal et environnemen-

tal, le logement doit pouvoir être résilient, c'est-à-dire s'adapter, aujourd'hui et dans la durée, à son environnement, et à ses occupants. Les recherches menées dans la *Maison connectée bas carbone* répondent à cette problématique.

Intégration des énergies renouvelables locales

Vivre dans une maison résiliente suppose de pouvoir compter sur une source d'énergie locale, permettant de réduire sa dépendance au réseau électrique. Les panneaux photovoltaïques installés en toiture permettent à la *Maison connectée bas carbone* de disposer d'une source d'énergie renouvelable et locale.

Toutefois, la difficulté à stocker l'électricité, sur un temps long et en quantité, impose de faire coïncider les phases de production solaire aux périodes de forte consommation du logement. C'est l'autoconsommation individuelle : chercher à consommer un maximum d'électricité produite par son logement et ainsi limiter la réinjection de l'électricité photovoltaïque sur le réseau électrique.

Pour cela, la solution la plus simple consiste à déplacer les périodes de consommation de certains équipements pendant les heures méridiennes, lorsque la production solaire est la plus forte. Le premier usage aisément déplaçable est le ballon d'eau chaude électrique, qui équipe 50 % des foyers français, car il constitue un dispositif de stockage thermique facilement pilotable et pouvant stocker jusqu'à 15 kWh d'énergie sous forme d'eau chaude. Il est également possible d'envisager le pilotage de l'électroménager, tels que le lave-vaisselle ou le lave-linge, mais de façon plus marginale en termes d'influence sur la consommation.

Une autre possibilité est d'avoir recours à un dispositif de stockage stationnaire réversible, sous forme de batteries électrochimiques, qui permettront d'absorber le surplus solaire en journée pour le restituer en soirée ou le lendemain matin, lors des phases d'activité du logement.



Figure 3 : La station Soweel permet de piloter son confort au degré et à l'euro près – © Crédit photo A. Daste.

“Toutefois, la difficulté à stocker l'électricité, sur un temps long et en quantité, impose de faire coïncider les phases de production solaire aux périodes de forte consommation du logement.”

Ces deux options sont analysées à la *Maison connectée bas carbone* où des essais de solutions techniques de pilotage et de stockage sont réalisés pour le compte d'EDF ENR, filiale du Groupe spécialisée dans les installations photovoltaïques et l'autoconsommation.

L'intégration de la *Maison connectée bas carbone* au laboratoire *Concept Grid* rend également possible l'évaluation de solutions d'autoconsommation collective. Une expérimentation a permis de tester le fonctionnement d'une communauté, par exemple un immeuble, dotée d'une capacité de production photovoltaïque mutualisée, cette production pouvant être utilisée par les différents logements. L'expérimentation visait à évaluer l'efficacité du pilotage orchestré des ballons d'eau chaude des logements, afin de maximiser la consommation locale de l'énergie produite, et également de limiter au maximum la réinjection du surplus non consommé sur le réseau électrique. Les essais dans les laboratoires R&D permettent également de valider des solutions techniques proposées par EDF dans des projets pilotes d'autoconsommation collective.

Anticiper les pannes des équipements

La résilience des équipements est également un aspect important pour un logement connecté. Cette résilience se traduit par la capacité à détecter rapidement, voire à anticiper, les pannes des équipements : c'est la maintenance proactive et préventive.

Ces questions sont étudiées au laboratoire, dans le cadre de travaux avec CHAM, filiale du Groupe dédiée à l'installation et la maintenance de systèmes

thermiques : chaudières, pompes à chaleur, ballons d'eau chaude... L'objectif est de pouvoir proposer aux logements résidentiels une offre de suivi et d'alerte en temps réel qui permettra à CHAM d'intervenir plus rapidement, à bon escient et de façon efficace. Le service proposé se base sur l'exploitation des données issues d'équipements connectés – qui remontent pour certains des diagnostics de panne – ou de dispositifs non intrusifs à installer sur l'équipement. Les données collectées permettent alors de faire un diagnostic de fonctionnement de l'équipement, d'identifier la panne ou le risque de panne et potentiellement la source du problème, et ainsi d'intervenir au plus vite ou de programmer un rendez-vous ultérieur si le problème n'est pas critique.

Intégrer les contraintes du réseau électrique

Enfin, la maison connectée doit être en interaction avec le réseau électrique, pour s'adapter aux besoins ou urgences potentiels et ainsi favoriser la sûreté globale du réseau électrique.

L'évolution rapide des réseaux électriques (développements des énergies renouvelables intermittentes, arrêt des centrales thermiques au charbon ou au fioul) induit un besoin de flexibilité accru de la part des consommateurs. Historiquement, ce sont plutôt les grands sites industriels qui participent à l'équilibre du réseau, car ils représentent des volumes de consommation très importants, accessibles en un seul endroit. Les sites résidentiels étant par définition beaucoup plus diffus, le coût d'accès aux gisements de flexibilité associés est élevé et souvent difficilement rentabilisable.

Mais le développement rapide d'équipements connectés dans la maison offre de nouvelles perspectives : les équipements étant nativement pilotables, le coût marginal de la flexibilité est très réduit, voire nul. Il devient alors possible de répondre à des sollicitations du réseau électrique de façon totalement transparente pour l'habitant, par exemple en pilotant les systèmes de chauffage électrique (convecteurs, pompes à chaleur), ou en décalant des usages programmables (usages blancs par exemple). Ces actions doivent se faire en respectant les attentes des habitants en termes de confort.

Des essais sur ce thème sont menés au laboratoire, et via des simulations numériques, afin d'évaluer les potentiels de flexibilité des différents usages du logement (chauffage, ballons d'eau chaude, véhicule électrique, batteries stationnaires, ...). Les essais en laboratoire permettent par ailleurs d'analyser le comportement des équipements face aux sollicitations du réseau, en particulier leur niveau de réactivité (temps de latence avant coupure ou relance de l'équipement).

Favoriser l'émergence de solutions neutres en carbone

Le troisième axe des travaux menés à la *Maison connectée bas carbone* consiste à identifier et proposer des solutions techniques permettant d'atteindre les objectifs de neutralité carbone fixés par les autorités françaises et européennes. Pour cela, plusieurs éléments sont étudiés.

Intégrer les systèmes thermodynamiques performants

Dans le secteur résidentiel, les deux usages les plus émetteurs de gaz à effet de serre sont le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire. Un bon moyen de réduire l'empreinte carbone de ces deux usages indispensables est le développement des solutions thermodynamiques (pompes à chaleur).



... **“ Dans le secteur résidentiel, les deux usages les plus émetteurs de gaz à effet de serre sont le chauffage et la production d’eau chaude sanitaire. Un bon moyen de réduire l’empreinte carbone de ces deux usages indispensables est le développement des solutions thermodynamiques (pompes à chaleur). ”**

En effet, ces systèmes présentent l’avantage d’être particulièrement performants, en captant une large part de l’énergie dans l’environnement ambiant : air extérieur, sol, nappe phréatique... Ainsi, avec un kilowatt-heure (kWh) d’électricité consommé, il est possible de produire trois voire quatre kWh d’énergie utile, pour le chauffage ou l’eau chaude sanitaire. L’électricité consommée étant, en France, largement décarbonée, les systèmes thermodynamiques sont donc très faiblement émetteurs de CO₂.

Dans ce cadre, la direction R&D d’EDF réalise des co-développements techniques avec les partenaires industriels, afin d’accélérer la mise sur la marché de solutions performantes : fonctionnement optimisé, paramétrage automatique à l’installation, détection des dysfonctionnements... La *Maison connectée bas carbone* participe à ces travaux (figure 4), notamment via des essais sur le pilotage des systèmes et la prise en compte de sollicitations extérieures, provenant du réseau électrique ou d’autres équipements.

Optimiser l’autoconsommation locale

Si l’intégration de sources locales d’énergie renouvelable permet de rendre le logement plus résilient, cela offre également la possibilité de réduire l’empreinte carbone du logement, en particulier dans des pays où le contenu carbone du mix électrique (i.e. la quantité de CO₂ émise pour chaque kWh produit) est élevé. Dans ce cas, il convient de pouvoir piloter de façon optimale un maximum d’usages consommateurs, pour réduire le recours

au réseau électrique national et consommer une quantité importante d’électricité renouvelable locale.

C’est dans ce sens que des travaux ont été menés à la *Maison connectée bas carbone*, pour développer des solutions de pilotage optimisé des équipements. Les algorithmes de pilotage tiennent compte des prévisions météorologiques et des contraintes de fonctionnement des équipements, par exemple les anti-courts cycles des systèmes thermodynamiques, pour assurer le confort du logement et maximiser le taux d’autoconsommation. Ces algorithmes ont été testés en simulation, grâce au jumeau numérique du laboratoire, et en situation réelle dans la *Maison connectée*

bas carbone (figure 5). Après cette phase de validation, ils ont été intégrés dans la solution de pilotage Yuze proposée par EDF ENR à ses clients particuliers.

Anticiper le développement des véhicules électriques

Le secteur des transports est le plus émetteur de gaz à effet de serre, du fait de l’usage majoritaire de véhicules à moteur thermique. L’émergence des véhicules électriques et à hydrogène constitue le principal axe de réduction de l’empreinte carbone de ce secteur, en particulier pour les véhicules particuliers. Mais le rapide développement des véhicules électriques, et donc des installations de recharge des batteries, doit s’accompagner d’une réflexion sur l’intégration de ces systèmes de recharge dans le réseau électrique, qui pourraient modifier en profondeur les besoins en électricité.

C’est dans ce cadre que la *Maison connectée bas carbone* étudie la recharge du véhicule à domicile, et son interaction avec le logement. En effet, la recharge du véhicule électrique peut représenter une part très importante de la consommation globale du foyer et parfois nécessiter des



Figure 4 : Les travaux menés sur les systèmes thermodynamiques visent notamment à faciliter le paramétrage lors de l’installation du système – © Crédit photo A. Daste.

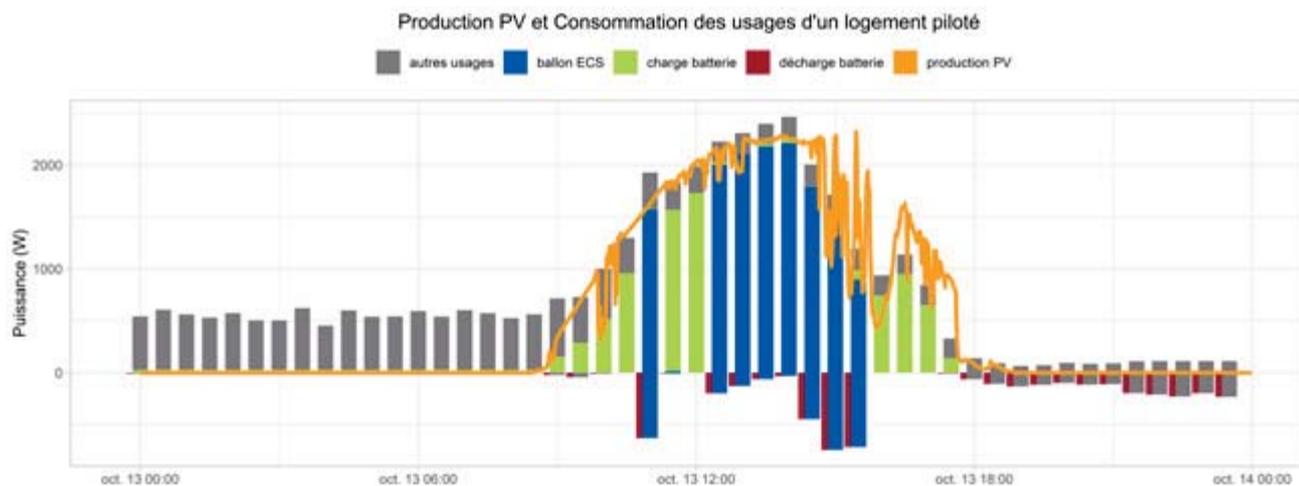


Figure 5 : Le pilotage des usages permet de capter une plus grande part de la production électrique renouvelable locale. Ci-dessus, le pilotage du ballon d'eau chaude et de la batterie stationnaire permet d'ajuster la consommation du logement.

adaptations de puissance souscrite, pour permettre une recharge rapide tout en assurant le service des autres usages. Le pilotage de la recharge devient donc un élément incontournable de l'intégration des véhicules électriques dans les logements, et, par conséquent, de leur développement chez les clients particuliers.

Par ailleurs, le véhicule électrique représente une formidable opportunité pour le développement de l'autoconsommation, puisqu'il constitue une capacité de stockage électrique (certes non stationnaire) importante, de l'ordre de trois à quatre fois la capacité de stockage des batteries stationnaires (45 à 60 kWh pour les véhicules électriques actuels contre 10 à 15 kWh pour les batteries stationnaires).

Enfin, le véhicule électrique peut devenir lui-même source d'énergie, dans la mesure où il est possible de piloter sa décharge progressive vers le réseau électrique du logement : c'est le *Vehicle To Home* (V2H), un cas particulier du *Vehicle To Grid* (V2G). Ces deux types de pilotage apportent une résilience supplémentaire et peuvent également être valorisés sur les marchés de l'électricité pour éviter l'enclenchement de moyens de production carbonés à la pointe. C'est le parti pris de la filiale Dreev d'EDF, qui cherche à valoriser les capacités de stockage et décharge des véhicules électriques.

Concevoir les briques élémentaires de la maison connectée

Disposer d'une maison confortable, résiliente et bas carbone nécessite de s'appuyer sur des fondations techniques solides, aptes à répondre à ces enjeux.

Orchestrer le fonctionnement des équipements

À mesure que les équipements du foyer deviennent connectés et pilotables, de nouveaux cas d'usage émergent : pilotage du confort, optimisation de la facture, autoconsommation... Néanmoins, la multiplication des équipements pilotables et la variété des cas d'usage provoquent une complexité croissante, qui rend parfois difficilement lisibles les possibilités offertes par les acteurs de la maison connectée. De plus, la juxtaposition de stratégies de pilotage pour chaque équipement induit généralement un résultat global sous-optimal, voire génère des conflits entre équipements.

Il est donc nécessaire, et même indispensable, de disposer d'un orchestrateur, apte à piloter chaque équipement en tenant compte du comportement global du logement. Les travaux menés à la *Maison connectée bas carbone* ont permis le développement d'un tel orchestrateur, qui se

présente sous la forme d'un algorithme d'optimisation et de pilotage, apte à communiquer avec différents types d'équipements : ballon d'eau chaude, systèmes de chauffage, batterie stationnaire ou de véhicule électrique, usages électroménagers... Basé sur un algorithme utilisant l'intelligence artificielle, il a été développé pour répondre à une multitude d'objectifs, pouvant être priorisés par le client ou par un opérateur externe. L'une des forces de cet orchestrateur est de pouvoir s'adapter à n'importe quelle configuration d'équipements et d'être en mesure d'adresser une grande variété de cas d'usages : gestion de l'autoconsommation, sécurité des biens et des personnes, optimisation de la consommation d'énergie du logement...

Ce dispositif d'orchestration peut par ailleurs être intégré localement dans une passerelle de pilotage des usages, telle que la solution Yuze d'EDF ENR, ou bien fonctionner sur un serveur distant accessible par le réseau Internet.

Préparer l'interopérabilité entre les équipements

Comme c'est le cas pour beaucoup de technologies émergentes, une multitude de protocoles de communication existent dans la maison connectée. Si des initiatives de convergence de protocoles s'amorcent, il reste encore une large palette de proto-

“La multiplication des équipements connectés engendre une augmentation conséquente du volume de données produites et de leur transfert aux serveurs des fabricants, via la passerelle Internet du client généralement.”

●●● coles de communication, certains plus ouverts que d'autres mais chacun ayant des spécificités correspondant au cas d'usage visé : débit de données, autonomie énergétique, portée, sécurité des communications,...

Toutefois, pour voir émerger une maison connectée de façon large et étendue, l'interopérabilité entre les différents équipements est un passage obligé. En effet, il est difficilement concevable de demander à l'utilisateur de s'équiper uniquement chez un fabricant d'objets, d'autant que le panel des équipements pilotables est si large qu'un seul acteur ne peut couvrir tout le périmètre.

Ces questions d'interopérabilité sont donc étudiées à la R&D, qui participe à plusieurs consortiums et aux instances de normalisation françaises et européennes. La *Maison connectée bas carbone* est un terrain de jeu idéal pour tester en situation réelle la pertinence des différents protocoles et la capacité d'interaction entre des équipements de marques différentes. La notion d'interopérabilité peut s'entendre à différents niveaux, depuis la communication entre objets à la communication au niveau des serveurs (communication *Cloud To Cloud*), en passant par une interopérabilité des passerelles IP (*Internet Protocol*).

Améliorer la sobriété numérique et énergétique du logement

La multiplication des équipements connectés engendre une augmentation conséquente du volume de données produites et de leur transfert aux serveurs des fabricants, via la passerelle Internet du client généralement. Si ce volume de don-

nées est particulièrement intéressant pour permettre le pilotage automatique et optimisé des équipements et le suivi de leur fonctionnement, la question du transfert de ces données sur Internet peut se poser. En effet, ce transfert induit des risques potentiels sur la protection des données et une consommation d'énergie importante pour les transférer et les stocker sur les serveurs distants.

Afin de répondre aux craintes et attentes des habitants sur ce sujet, la direction R&D, au travers du laboratoire Maison connectée bas carbone, étudie plus spécifiquement l'impact du calcul embarqué dans les équipements (*edge computing*). Le calcul embarqué apporte une réponse particulièrement pertinente sur plusieurs points :

- les données brutes sont conservées et traitées en local par l'équipement, ce qui réduit à la fois la quantité de données transmises et les risques quant à la sécurité des données personnelles ;
- seules les données pertinentes sont envoyées, via Internet, au fabricant ou à l'opérateur de services désigné, ce qui limite la consommation d'énergie liée à leur stockage ;
- les calculs étant réalisés localement, les risques de pertes de données pendant le transport et la latence de communication sont considérablement diminués.

Tous ces éléments confèrent une résilience forte au système de communication, ce qui permet *in fine* d'offrir une continuité de services indispensable au bon pilotage des équipements connectés.

L'auteur



Frédéric Gastiger, après des études à l'École centrale Paris, a intégré EDF en 2013 en Recherche & Développement. D'abord impliqué dans des travaux de modélisation et simulation numérique, il a développé ensuite des algorithmes et services pour la maison connectée. Il pilote depuis 2017 un projet de recherche dans ce domaine, qui vient en support des différentes filiales et entités opérationnelles.

Un laboratoire ouvert aux partenariats

La *Maison connectée bas carbone* est en pointe sur de nombreux sujets innovants qui apportent ainsi des améliorations au logement, le rendant plus confortable, efficace et économe en énergie ; elle permet de tester et d'éprouver les tendances émergentes identifiées dans ce secteur.

Entièrement configurable et instrumenté, apte à évaluer diverses solutions innovantes, le laboratoire est également ouvert aux entreprises du secteur : la direction R&D d'EDF propose aux start-ups, PME et grands groupes de co-construire et co-développer les solutions performantes qui feront le logement de demain, en s'appuyant sur l'expertise des équipes et les laboratoires du Groupe EDF.

C'est en travaillant de façon ouverte et en partenariat qu'il sera possible de transformer, rapidement, chaque logement en maison connectée bas carbone. ■



© Andrey Suslov / Shutterstock

Résumé

Fournisseur d'énergie de plus de 25 millions de foyers, EDF innove pour ses clients dans le secteur résidentiel. Vitrine du Groupe dans ce domaine, le laboratoire «Maison connectée bas carbone» permet de développer et tester les produits, offres et services qui pourront être proposés par EDF ou ses partenaires aux particuliers.

La *Maison connectée bas carbone* a été conçue pour être confortable, résiliente et bas carbone :

- confortable pour permettre aux clients de se sentir bien chez eux, tout en réduisant leur facture énergétique ;
- résiliente pour apporter de la sérénité aux clients, par exemple en anticipant les pannes des équipements ;
- bas carbone, par l'intégration des énergies locales, et via le pilotage des équipements pour limiter le recours aux énergies fossiles.

Pour développer ces trois axes, les travaux menés dans la Maison connectée bas carbone s'élargissent naturellement à d'autres questions : l'orchestration optimisée du pilotage des équipements en fonction des besoins des occupants, l'interopérabilité et la communication entre équipements, la facilité d'installation des objets et équipements connectés et, enfin, les questions de cybersécurité. ■

Abstract

As it supplies energy to more than 25 million French dwellings, EDF is deploying innovative offers for its residential customers. Built as a showcase, the *Low Carbon Smart Home* laboratory lets the R&D teams develop and test the new products and services that will be offered by EDF or its partners.

The *Low Carbon Smart Home* was designed to be comfortable, resilient and carbon neutral:

- comfortable, to help customers feel well at home, while reducing their energy bill;
- resilient, as it brings peace of mind to the customer, for instance with predictive maintenance of heating systems;
- carbon neutral, by using local renewable energy sources, through energy management systems limiting the use of fossil fuels.

To develop these three areas, research performed in the *Low Carbon Smart Home* is obviously addressing wider questions: the optimal orchestration of systems, based on occupants' needs, the interoperability and communication between devices, the ease of installation and, finally, cyber-security issues. ■