

# La baguette numérique de la Fée Électricité

Par Patrick MORILHAT

EDF, direction de la R&D, responsable du programme de recherche sur l'amélioration des performances des centrales nucléaires

et Thomas BLADIER

EDF, direction de la R&D, responsable du programme de recherche et innovation sur la relation client, le logement connecté (*smart home*) et le numérique pour les activités de commercialisation et de services énergétiques

Pour garantir durablement la fourniture d'une énergie bas carbone, sûre et compétitive, offrir les services qu'attendent ses clients et conforter sa place dans le peloton de tête des leaders mondiaux de l'énergie, EDF accélère sa transformation numérique. Numérisation des processus internes, digitalisation de la relation client, développement de réseaux intelligents, recours à la réalité virtuelle et à l'intelligence artificielle pour simplifier la conception et l'exploitation des actifs industriels de production : ce sont là autant d'innovations qui permettent des gains de productivité, mais qui changent aussi durablement la façon d'exercer les métiers de l'entreprise et, donc, les compétences nécessaires à leur réalisation.

Quels gains attendre de la transformation numérique en cours à EDF ? Quelles questions soulève-t-elle ? Comment associer au plus tôt les acteurs impliqués dans cette transformation à tous les niveaux ? Quelles sont les clés de succès, et les facteurs de risque ? Autant de questions que nous aborderons dans cet article.

## Le numérique, un levier fondamental de la compétitivité de la filière nucléaire

La quatrième Révolution industrielle, fondée sur l'usage massif des technologies numériques, est à l'œuvre dans tous les secteurs d'activité. Au-delà des formidables progrès technologiques que l'on observe tous les jours, la transformation numérique est un levier essentiel de compétitivité pour les entreprises. Mais c'est également un formidable vecteur de rupture pour les organisations, les métiers et l'ensemble de la chaîne de valeur.

Il est donc naturel que l'industrie nucléaire française – et, en premier lieu, son chef de file EDF – soit elle aussi engagée dans cette transformation numérique. L'objectif est bien sûr de gagner en compétitivité dans l'exploitation et la rénovation du parc des centrales existantes ou dans les projets à l'international, mais c'est aussi d'assurer une meilleure coopération entre les partenaires de la filière nucléaire française, qui est la troisième filière industrielle nationale après l'aéronautique et l'automobile, avec 2 500 entreprises.

Pour EDF, la transition numérique n'est pas un sujet totalement neuf. L'outil numérique y est largement utilisé depuis les années 1980 pour la simulation et la modélisation

des phénomènes physiques, ou le pilotage des procédés. Rappelons simplement qu'avec plusieurs industriels de la filière française, EDF a conçu de manière totalement numérique, puis construit, autour des années 2000, deux centrales nucléaires, celles de Chooz et de Civaux, avec des salles de commande entièrement informatisées, ce qui a constitué une première mondiale pour l'époque.

La révolution numérique en cours revêt cependant trois dimensions nouvelles : l'accélération récente des progrès technologiques, son extension à tout le cycle de vie de l'installation et l'importance de la notion de continuité numérique pour garantir que donneurs d'ordres et fournisseurs avancent au même pas dans la recherche de gains de productivité.

La première dimension est technique : automatisation des procédés et basculement des systèmes analogiques vers les systèmes numériques, développement de l'Internet des objets et donc augmentation des flux de données, fortes avancées en intelligence artificielle, que ce soit en matière de puissance des algorithmes ou d'augmentation des capacités de calcul.

Dans ce domaine, un exemple d'innovation en cours concerne les systèmes de surveillance pour la main-

tenance prédictive des matériels. Des systèmes dits « *e-monitoring* » ont été développés au début des années 2000 et déployés avec succès sur les parcs nucléaire, thermique et hydraulique d'EDF. Le besoin est aujourd'hui d'étendre le champ de la surveillance à l'ensemble des procédés et d'instrumenter à bas coût, donc, si possible, sans fil, des matériels « orphelins » jusque-là non instrumentés, en particulier dans la partie secondaire des centrales (échangeurs, vannes...). Les progrès des technologies *Big Data* et des méthodes d'apprentissage permettent désormais d'envisager des solutions plus agiles, moins chères et moins dépendantes des technologies en place. Ces solutions facilitent les croisements de données hétérogènes, comme celui des données numériques fournies par le procédé et des données textuelles issues de rapports de maintenance.

La deuxième dimension de la révolution numérique en cours est temporelle et couvre le cycle de vie de l'installation. Les applications numériques concernent la conception des réacteurs (avec des outils de simulation numérique), l'exploitation et la maintenance des installations (via des outils d'imagerie virtuelle, de réalité augmentée et d'intelligence artificielle) et, enfin, la déconstruction (avec le recours à des opérations robotisées).

Dans ce dernier domaine, on peut citer l'usage de la réalité virtuelle et des technologies immersives. Le service de R&D d'EDF a développé un outil de visite virtuelle d'un bâtiment réacteur complet à partir de photos panoramiques 360° à haute définition, de scans laser 3D, de données CAO et de plans. Cet outil est utilisé depuis un an pour préparer les chantiers du « grand carénage » des centrales françaises. Grâce à une technologie empruntée à l'univers des jeux vidéo, l'utilisateur se déplace virtuellement à l'intérieur du bâtiment réacteur pour préparer son intervention (par exemple, déterminer la hauteur optimale d'un échafaudage ou vérifier au décimètre près l'espace nécessaire pour réaliser l'intervention). Les technologies de « *deep learning* » sont également utilisées pour identifier automatiquement dans une masse de photos des objets ou isoler des repères d'identification de matériels.

La troisième dimension est organisationnelle et concerne la relation entre EDF et ses partenaires. Si, en phase d'exploitation, l'essentiel de la valeur ajoutée est créé par EDF, il n'en va pas de même pendant les phases d'arrêt périodique des installations, durant lesquelles la valeur est créée principalement par les prestataires de maintenance. Les gains de productivité apportés par le numérique doivent donc être présents sur l'ensemble de la chaîne donneur d'ordres/fournisseur de rang 1/fournisseur de rang 2.

Cette continuité numérique dans un fonctionnement en entreprise étendue nécessite un accord sur le partage et la propriété des données, des outils collaboratifs et interopérables, l'adoption de standards communs pour nommer des objets ou des concepts identiques, etc. Pour avancer sur le sujet, EDF a lancé un « club de la transition numérique » pour réfléchir à la création d'une plateforme numérique commune avec ses partenaires, à l'instar de la

plateforme BoostAerospace qui existe déjà dans le secteur aéronautique. L'objectif est de permettre aux acteurs de la filière nucléaire de collaborer sur les mêmes projets en partageant la documentation, les modèles, etc., tout en assurant la traçabilité des exigences et des données.

Un exemple de travaux menés en « continuité numérique » porte sur l'utilisation de méthodes d'ingénierie système couplées aux progrès de la simulation pour concevoir numériquement les systèmes de conduite des centrales et prototyper rapidement de nouvelles salles de commande des réacteurs. Des travaux de R&D ont fait l'objet d'un projet financé par la direction générale des entreprises (DGE), qui a réuni pendant 4 ans EDF, AREVA et le CEA, mais aussi d'autres partenaires de la filière nucléaire, comme ATOS, RRCN, ESTEREL/ANSYS ou bien encore ALSTOM/GE. Ce projet a donné naissance en 2014 au FabLab Connexion. Les outils élaborés permettent de réduire considérablement la durée des études et seront utilisés pour des projets de conception de nouveaux réacteurs ou de modification des réacteurs existants.

Toutes ces innovations de R&D ont pour vocation essentielle de préparer le futur pour simplifier la conception et l'exploitation des centrales nucléaires. Mais bien d'autres innovations sont également développées directement par l'ingénierie ou l'exploitant.

C'est ainsi que les équipes d'ingénierie d'EDF multiplient les échanges pour promouvoir l'entreprise étendue dans la conception des nouveaux réacteurs autour d'une même infrastructure de type *Plant Life Management* (PLM) : les données de référence des équipements sont gérées sous forme numérique et non plus sous la forme de documents papier, et toutes les modifications de ces données sont automatiquement redirigées vers les services utilisant celles-ci dans leurs études. Ainsi, pour la construction de l'EPR de Flamanville (dans la Manche), la gestion du chantier a été numérisée depuis 2015 : par exemple, tous les essais d'ensemble sont désormais digitalisés, ce qui permet de respecter le calendrier de démarrage.

Du côté des équipes d'exploitation, le digital occupe également une place de plus en plus importante. Huit cents applications numériques ont ainsi été développées pour la production nucléaire – rien qu'en 2016 ! Beaucoup d'innovations simplifient non seulement la vie des intervenants sur le terrain, mais aussi celle des managers : saisie numérique des informations de rondes, mise en place de packs métiers digitaux (documentation et procédures informatisées), portails d'information métier permettant de décloisonner les divers systèmes d'information...

Jusqu'où est-il possible (ou souhaitable) d'aller, en matière de numérisation ? Les questions de propriété et de gouvernance des données, les aspects liés à la cybersécurité, l'appréciation exacte de la valeur ajoutée des innovations numériques au regard de leurs coûts (qui sont souvent sous-estimés) ou encore l'impact de la numérisation sur l'évolution des compétences et des métiers restent autant de défis à relever pour EDF et l'ensemble de la filière nucléaire.

## Le numérique, une nouvelle ère pour le fournisseur et le distributeur d'énergie !

### Les « *smart grids* », ou la transformation numérique des réseaux d'électricité

Le numérique constitue aussi une formidable opportunité de transformation des réseaux électriques. C'est la dynamique des « *smart grids* », qui a conduit depuis plusieurs années à déployer des technologies télécom et informatiques pour piloter, grâce au numérique, les réseaux de transport et de distribution de l'électricité. Ces technologies ont été mises au point grâce à des démonstrateurs à grande échelle, qui ont permis de faire converger les multiples acteurs de l'écosystème (gestionnaires de réseaux de distribution, commercialisateurs d'électricité, équipementiers...) sur l'adoption de normes communes.

Grâce à cette transformation, les réseaux d'électricité seront plus résilients aux aléas et plus flexibles. Ils pourront ainsi accompagner la transition énergétique : les réseaux « intelligents » peuvent, par exemple, s'adapter au caractère intermittent des sources d'énergie renouvelables (éoliennes, parcs de production photovoltaïque...) ou moduler la demande d'électricité à un instant donné pour tenir compte du prix instantané de l'électricité ou de son contenu en CO<sub>2</sub>.

Pour les clients particuliers, l'évolution la plus visible est le déploiement du compteur communicant Linky. Celui-ci permet un suivi beaucoup plus fin de la consommation d'électricité : nos concitoyens ont ainsi accès à une information plus précise à même de les aider à maîtriser leur consommation d'énergie. Linky permet également de construire des offres tarifaires modulées dans le temps, au-delà des simples heures pleines et heures creuses, pour s'adapter aux profils de consommation des clients et ainsi mieux encourager l'adoption de comportements vertueux. Moins visibles du grand public, des compteurs communicants sont aussi déployés chez des entreprises clientes qui n'en avaient pas bénéficiés jusqu'ici.

Aux compétences classiques mobilisées dans les réseaux d'électricité (électrotechnique, ingénierie...) s'ajoutent donc des compétences télécom et informatiques. Dans ces domaines, les évolutions à venir sont nombreuses, comme le foisonnement de solutions télécom pouvant s'appliquer au « *machine to machine* » ou à la supervision et à la conduite de réseaux, ou encore les solutions constituant une réponse aux défis croissants liés à la cybersécurité.

### L'utilisation des *data* améliore considérablement les performances des fournisseurs d'énergie

La transition numérique se caractérise par une abondance de données : aux données des compteurs communicants s'ajoutent les données générées par les processus de l'entreprise, mais aussi les données mises à disposition par des tiers (*Open Data*) ou générées par des objets communicants. C'est, pour le fournisseur d'énergie, un moyen d'optimiser ses processus internes et de proposer de meilleurs services à ses clients.

L'*Open Data* a, par exemple, été utilisé pour améliorer la prévision de la saisonnalité des appels téléphoniques des clients. EDF répond en effet chaque année à plus de 30 millions d'appels, avec de très fortes fluctuations quotidiennes. L'observation des requêtes formulées sur les moteurs de recherche Internet portant sur le thème de l'immobilier lui a permis d'anticiper les pics d'appels générés par les déménagements, et donc de mieux y répondre.

Grâce au traitement des données, EDF aide également ses clients à mieux maîtriser leur consommation. EDF a créé des sites Internet qui permettent aux clients particuliers, mais aussi aux collectivités ou aux entreprises, de suivre et de comprendre leur consommation d'électricité ou de gaz : quelle est la saisonnalité de leur consommation, quels sont leurs usages les plus consommateurs, comment moins consommer ? De plus en plus, ces conseils s'enrichissent des données générées par les objets connectés que les clients peuvent interfacer avec ces services.

Les compétences mobilisées par ces travaux sont très variées : les *data scientists* alliant le traitement des données (statistiques...) à la capacité de les extraire et de les manipuler (informatique) ; le *design* et l'ergonomie, pour concevoir des interfaces intuitives et efficaces, aussi bien pour les utilisateurs internes à l'entreprise que pour ses clients ou ses partenaires... Les méthodes de travail évoluent également : l'agilité est privilégiée, grâce à des dispositifs d'innovation permettant de tester rapidement de premières idées ou des prototypes. Le travail s'organise de manière transversale au sein de l'entreprise, et l'ouverture vers des partenaires académiques et industriels, ou vers de jeunes pousses, est un accélérateur d'innovation incontournable.

### Le numérique, l'occasion de nouer de nouvelles relations avec l'entreprise

Au-delà des innovations technologiques, la transition numérique se manifeste aussi par de nouvelles attentes des clients en termes de relations avec l'entreprise. Les relations « horizontales », de pair à pair, sont plébiscitées. EDF expérimente ainsi, à Nice, avec CityOpt, un dispositif dans lequel les clients se regroupent en communautés virtuelles (avec un fonctionnement de type « réseau social »), dans lesquelles ils choisissent un projet ou une association locale auxquels ils feront bénéficier de leurs efforts en matière d'efficacité énergétique. La valeur ajoutée d'EDF est dans la mise en relation et dans la proposition d'un cadre dans lequel les consommateurs disposent d'une large autonomie dans le choix de leurs actions et dans l'affectation de leurs gains.

De même, sur le marché des entreprises, EDF a mis en place EDF Connect Entreprises, une plateforme numérique de services basée sur le principe de la coconstruction entre des clients, des *start-ups* et EDF. Le catalogue des services proposés s'enrichit des contributions de la communauté : en fonction des besoins et des attentes exprimés par des clients, des tiers (*start-ups*, PME in-

novantes, développeurs) peuvent proposer des services existants, ou en mettre au point de nouveaux. Les clients bénéficient de services innovants, et les *start-ups* profitent d'un retour rapide et d'une mise en visibilité. Plutôt que de chercher à apporter toutes les réponses, EDF joue un rôle de mise en relation, offrant ainsi à ses clients l'accès à une large gamme de services numériques répondant à leurs besoins.

### Grâce aux objets connectés, le numérique contribue à l'évolution des modèles d'activité du fournisseur d'énergie

EDF a lancé fin 2016 une nouvelle filiale, Soweel. Il s'agit d'un fournisseur d'énergie qui propose également à ses clients un objet connecté, un *hub* domotique pour le logement. Cette activité de conception, de vente et d'exploitation d'objets connectés est totalement nouvelle pour EDF, qui n'est pas un fabricant de produits matériels. Elle illustre bien les opportunités qu'apporte le numérique en termes d'évolution des modèles d'activité. Grâce à cette offre, le client dispose du meilleur des deux mondes tant en matière de produits (objets connectés) que de services (fourniture d'énergie). En lui fournissant à la fois l'énergie et le dispositif de pilotage de son chauffage, Soweel permet en effet au client de piloter conjointement son budget et son confort : le client peut ainsi définir le budget maximal qu'il souhaite consacrer à son chauffage, le système s'y adaptera.

Dans un tout autre cadre, EDF va déployer auprès des foyers en situation de précarité énergétique un dispositif d'affichage en temps réel (et en euros) de leur consommation d'électricité. Ce système s'appuiera sur le nouveau compteur communicant Linky. Il permettra aux particuliers de mieux comprendre leur consommation, de la visualiser en temps réel et donc de mieux la maîtriser. Le métier de fournisseur d'énergie va ainsi évoluer jusqu'à intégrer la conception, la diffusion et l'exploitation d'un vaste parc d'objets connectés.

Le numérique (en particulier l'Internet des objets) va enfin constituer un levier déterminant pour la transition énergétique. La montée en puissance des véhicules électriques, le déploiement de panneaux solaires sur les bâtiments, le partage d'énergie entre consommateurs et producteurs locaux : toutes ces évolutions vont être facilitées par l'interconnexion des systèmes électriques avec les objets connectés, et par l'échange de données indispensables au bon fonctionnement de ces écosystèmes. L'articulation entre les « *smart grids* » et les autres acteurs « *smart* » (*smart city, smart home, smart factory, smart building...*) sera de plus en plus étroite : les innovations numériques conduisent ainsi à étendre la mission du fournisseur d'énergie, elles apportent d'innombrables opportunités de nouveaux services pour les clients et vont permettre à la collectivité de toujours mieux maîtriser sa consommation d'énergie et de réduire ses émissions de CO<sub>2</sub> grâce à un nucléaire de plus en plus performant, au développement des énergies renouvelables (ENR) et à un pilotage plus efficace à la fois des réseaux électriques et des installations, chez les clients finaux.



La salle de commande de la centrale de Chooz (Ardennes).

Photo © Alexandre Sargos/EDF Mediathèque