

Coévolution des systèmes électriques et informatiques du Groupe EDF depuis vingt ans

Par **Vincent NIEBEL**

Directeur des systèmes d'information du Groupe EDF

Contributeurs : les DSI de la filière numérique et SI du Groupe EDF :

Jean-Claude LAROCHE, Bruno SUTY, François RAYNAUD, Gilles FEUILLADE, Thierry RAISON, Bertrand NACHBAUR, Vincent GAYRARD, Stéphane TANGUY et Bruno GINOUX.

Introduction

Après l'ouverture à la concurrence des marchés européens de l'énergie au début des années 2000, l'urgence climatique et la transition énergétique impulsent une nouvelle dynamique de changement, et induisent une accélération notable du développement des énergies renouvelables non pilotables, de l'électrification des usages, du développement du stockage électrique (batteries, hydrogène), ainsi que de l'autoconsommation.

Le renforcement des exigences de sécurité et de sûreté dans le domaine du nucléaire depuis Fukushima, comme dans les réseaux de distribution avec la tempête de 1999, ou encore dans les systèmes d'information avec la multiplication des cybermenaces, impose des évolutions tangibles aux industriels concernés.

Dans cet article, nous nous proposons de présenter, sur chacun des grands métiers liés aux systèmes électriques du groupe EDF (production, optimisation, distribution et commercialisation), le rôle et l'évolution des SI (systèmes d'information) pour répondre à ces défis industriels, économiques et réglementaires.

La production nucléaire

Le parc de centrales électronucléaires d'EDF doit fournir une énergie pilotable et à bas coût, en toute sûreté et sécurité. Depuis dix ans, outre le renforcement des exigences réglementaires et de cybersécurité, le contexte de cette production a fortement évolué sous l'impulsion de deux gigantesques chantiers : l'augmentation de la durée de vie du parc existant au-delà de quarante ans d'exploitation, et le démantèlement industriel des centrales les plus anciennes.

Dans ce contexte, le SI est devenu un outil indispensable pour garantir un niveau élevé de performance, de surveillance et de conformité réglementaire. Il s'est adapté pour répondre à plusieurs objectifs :

- **l'accessibilité et la mobilité** : un réseau 4G privé et sécurisé, en cours de déploiement et évolutif 5G, permet aux intervenants l'accès au SI à tout instant et en tout lieu. De nombreuses perspectives d'usage restent encore à explorer ;
- **la sécurisation des intervenants** : grâce à des dispositifs connectés, les opérations

d'interventions en conditions difficiles, comme la localisation des travailleurs dits « isolés », sont désormais sécurisées ;

- **l'amélioration de la performance** : le levier de l'innovation et de la simulation a été fortement mobilisé : usages de l'IA pour tous les acteurs (maintenance prédictive, analyses de dysfonctionnement, optimisations, aide au diagnostic), jumeaux numériques des installations pour les modifications lourdes ou le démantèlement afin de « faire bien du premier coup », constitution d'un socle de données fiables (55 To de données de maintenance et d'exploitation, enrichies par l'IoT) ;
- **l'entreprise étendue** : le SI permet à EDF de collaborer en toute sécurité avec ses partenaires de la Filière nucléaire française ;
- **la résilience et la cyberprotection**, par construction !

Le nucléaire de nouvelle génération et son ingénierie se conjuguent également avec SI et données, au moyen d'outils de gestion des cycles de vie des centrales (PLM), d'IA ou de jumeaux numériques, pour assurer qualité de conception et sûreté, performance et industrialisation.

La production hydraulique

L'évolution du mix énergétique et le besoin de flexibilité dans des délais toujours plus courts a conduit l'électricité hydraulique, fortement pilotable, à jouer un rôle de plus en plus important au cours des vingt dernières années, tant sur un plan systémique qu'économique.

À partir de 2004, EDF Hydro a ainsi regroupé le pilotage des centrales les plus importantes sur quatre centres de conduite hydraulique, capables de modifier à tout moment les programmes de production selon les besoins. Le SI industriel a été le premier levier actionné pour s'adapter, avec le déploiement :

- d'automates d'usine et barrage, au-delà du regroupement progressif du contrôle/commande (maille vallée, régionale puis nationale), préservant une autonomie locale ;
- d'un important dispositif de diffusion d'alarmes jusqu'au domicile des intervenants d'astreinte pour compléter, si nécessaire, l'action automatique locale garantissant la sûreté à l'aval des ouvrages, notamment en période de crue ;
- des télémesures filaires ou mobiles de niveau d'eau notamment, avec l'évolution des technologies (IoT) complétant les capacités de télécommande.

Le SI s'est également appuyé sur une politique de données destinée à de multiples usages :

- le réglage en temps réel de la fréquence et de la tension nécessite la transmission de données du producteur vers le responsable de la sécurité du système électrique (RTE). Ces données permettent aujourd'hui l'optimisation de l'usage des actifs de production ;
- les données environnementales, à l'origine de prévisions hydrométéorologiques, améliorent la gestion des ouvrages en période de crue ou la gestion du stock d'énergie dans les lacs en altitude ou dans le manteau neigeux ;
- les données sur les équipements alimentent des modèles auto-apprenants pour surveiller les installations (écarts de fonctionnement ou de comportement, diagnostics de panne, optimisation de la maintenance) ;
- les échanges de données avec les partenaires institutionnels, locaux, associatifs, assurent une bonne coordination, voire une optimisation de l'ensemble des missions.

Le SI hydraulique prévoit d'augmenter davantage encore ses moyens de mesure et sa couverture réseau avec des solutions LTE (4G/5G), l'IoT et les drones, pour proposer au salarié intervenant un accès au SI ou une assistance en mobilité, tout en veillant à la cybersécurité des solutions déployées.

La production d'électricité renouvelable

Il y a vingt ans, le secteur des énergies nouvelles renouvelables en était à ses balbutiements. Les premiers acteurs, de taille très modeste (environ 10 M€ de CA), déployaient principalement de l'éolien terrestre. Les technologies renouvelables se sont progressivement diversifiées (éolien terrestre et *offshore*, solaire photovoltaïque, stockage par batteries), en parallèle d'une très forte concurrence. Le modèle de rémunération a également évolué, passant d'une garantie d'électricité à des centrales hybrides « renouvelable + stockage », rémunérées dans des schémas d'appels d'offres, d'enchères, voire même totalement sur le prix de marché.

Le SI a accompagné cette évolution en deux étapes :

- **le démarrage du SI industriel** : dès 2010, EDF RE a investi dans des systèmes de supervision de ses actifs, reposant sur un outil éditeur et quelques solutions propres. Ces systèmes sont utilisés avant tout pour la gestion des actifs de production et les activités d'opérations et maintenance (O&M) ;
- **le numérique, levier de compétitivité** : à partir de 2015, le SI restructure le pilotage des actifs industriels de plus en plus diversifiés (éolien *offshore*, stockage) autour de la donnée pour augmenter les capacités d'anticipation et d'innovation des opérateurs.

Le SI est désormais principalement composé d'un lac de données commun, et d'un système de contrôle/commande des actifs et de remontée des données. Le but de ce système est de disposer d'un ensemble cohérent, au niveau mondial, basé sur un *cloud* unique fortement cybersécurisé. Le caractère international de ce système est la clef de sa valeur ajoutée et de sa complexité. Il permet une augmentation des productibles grâce aux comparaisons, une optimisation des activités d'O&M (opération et maintenance), et, surtout, une nouvelle gamme d'offres demandée par le marché : les centrales virtuelles (*virtual power plant*).

L'optimisation amont-aval

L'ouverture des marchés de l'énergie européens a conduit ces derniers à progressivement évoluer vers des échanges toujours plus proches du temps réel, s'intégrant davantage au niveau européen et garantissant transparence et intégrité (règlement REMIT). L'Union européenne a également lancé, depuis 2017, plusieurs plateformes pour échanger des réserves d'énergie mobilisables, en moins de 30, 15 et 5 minutes (règlement "*balancing*").

Les développements de productions renouvelables diffuses et intermittentes, de nouveaux usages de l'électricité et d'outils de pilotage de la demande, ont conduit à l'apparition de nouveaux acteurs de marché, comme les agrégateurs valorisant ces actifs diffus.

Ces évolutions de marché et d'acteurs ont entraîné une forte complexification des SI pour répondre à plusieurs besoins :

- l'augmentation de la puissance de calcul pour faire tourner dans un temps toujours plus contraint des modèles d'optimisation de plus en plus complexes (intermittence, modélisation de produits, pas de programmation) ;
- l'accroissement important des échanges et flux d'informations liés à la multiplication des acteurs ;
- la réactivité proche du temps réel avec l'accélération des marchés infra-journaliers ;
- la traçabilité accrue pour répondre aux exigences réglementaires d'« auditabilité » et de transparence.

L'impact sur les systèmes d'information s'est traduit par le passage de systèmes historiques « monolithiques » verticaux, de type MainFrame, à des technologies de plus en plus agiles et

distribuées, ouvertes sur des données et services d'acteurs variés, mêlant les technologies de la *data*, du calcul de puissance (HPC) et des architectures micro-services.

Ces dernières années ont vu émerger de nouvelles technologies comme la *blockchain* pour certifier les transactions, ou encore l'intelligence artificielle pour sécuriser des processus opérationnels ou de prévision de production ou de consommation.

La distribution d'électricité

La tempête de 1999 a privé d'électricité près de quatre millions de foyers. Cet épisode a conduit le distributeur à revoir fortement sa gestion du réseau, et à lancer un grand programme de sécurisation et de développement de systèmes : SI clients en cas d'incidents ou de travaux, SI géographique (SIG) contenant la description technique des réseaux et du patrimoine industriel, outils de conduite automatisée du réseau et de pilotage des investissements.

Par ailleurs, l'ouverture des marchés le 1^{er} juillet 2004 a modifié en profondeur le dialogue avec les clients et les parties prenantes, en raison de la séparation entre distribution et commercialisation. Elle a généré de nouveaux besoins SI : un portail pour les fournisseurs et responsables d'équilibre, et un SI client.

Dans les années 2010, le rôle central du distributeur s'est fortement développé avec l'émergence de la production décentralisée et le déploiement de compteurs numériques intelligents. ENEDIS, en tant que gestionnaire du réseau de distribution, devient l'opérateur de données, au bénéfice du fonctionnement du marché, du pilotage et de la gestion du réseau, et de nombreux nouveaux services aux clients. L'architecture SI évolue pour intégrer l'explosion du nombre de serveurs (16 000 aujourd'hui) et de données (14 Po - pétaoctets).

Ce rôle central se renforce encore avec l'ambition d'une transition énergétique climatique, induisant notamment le raccordement d'infrastructures de production décentralisée et de recharge des véhicules électriques, l'autoconsommation individuelle et collective, le développement du stockage. De nouvelles fonctionnalités sont développées pour être en capacité de fournir des données à l'échelle micro-locale, au service des *smart grids*, des *smart cities* et des *smart homes*. Réseau électrique et réseau numérique évoluent désormais de concert vers un réseau d'énergie intelligent s'appuyant sur la convergence des systèmes et sur les nouvelles technologies, ainsi que sur des exigences très fortes de supervision, de maintenance et de (cyber)protection.

La commercialisation de l'électricité

L'ouverture des marchés a également fortement influencé la fonction de commercialisation : construire les nouveaux processus et conduire le changement auprès de tous les salariés, expliquer aux clients toutes ces évolutions, se confronter à la concurrence. Le SI a incarné cette mutation de la fonction commerciale, en trois phases :

- 1999-2007 : le progiciel, complété de nombreuses fonctions spécifiques au marché de l'énergie, constituait le SI commercial d'EDF. Des centres d'appels sont venus progressivement compléter les parcours clients, en parallèle de la diminution des agences EDF-GDF ;
- 2008-2018 : une refonte profonde et progressive du SI a été lancée pour faciliter l'accès aux données et accélérer les cycles de développement. Webservices, API et données, « référentiels » ont permis de construire une gestion omnicanale de la relation client. Pour gérer la vélocité, EDF Commerce a adopté la méthode « Agile à l'échelle » (SAFE 4.0), déployée en deux ans auprès de l'ensemble des équipes et managers.
- aujourd'hui, le marché, très concurrentiel, voit se développer les services de maîtrise de

la consommation, les certificats d'économies d'énergie et travaux associés, les systèmes d'autoproduction/consommation. Pour répondre à ces besoins ont été développés des services de valorisation des données de consommation, des objets connectés et des outils de fédération (*smart home*), ainsi que de nombreux services de maîtrise de l'énergie, notamment au niveau bâtimentaire ou pour les réseaux de chaleur des villes. Micro-services et technologies du *cloud* (PaaS) sont pleinement mobilisés pour répondre à ces nouvelles attentes dans un système énergétique de plus en plus complexe.

Conclusion

Après l'ouverture à la concurrence et la segmentation des années 2000, les années 2010 ont connu une croissance exponentielle de la génération et de l'utilisation des données au sein du système électrique. Leur exploitation et valorisation a nécessité la mise en œuvre de toute la palette des technologies du numérique : IA, *data engineering*, IoT, *blockchain*, réseaux mobiles (4G, LoRA, WiFi).

Mais le potentiel de transformation du système électrique par le numérique est encore très important, tiré par certaines technologies :

- le *cloud* souverain ou encore les espaces souverains de partage des données faciliteront le développement d'écosystèmes, de plateformes et de nouveaux services au sein de la filière : *virtual power plant*, marché de l'hydrogène, rénovation énergétique ;
- l'IA de confiance : si les réseaux de neurones et l'IA sont déjà fortement utilisés, les systèmes critiques tels que le pilotage d'actifs industriels nécessiteront explicabilité et certification ;
- le quantique : les nouveaux usages de l'électricité sont porteurs de problématiques très complexes lors du passage à l'échelle. Ainsi, l'informatique quantique et les avancées des algorithmes d'optimisation pourraient apporter bien des réponses, aux problèmes de recharge intelligente et bidirectionnelle de véhicules électriques par exemple.

L'avenir des systèmes électriques, en raison de l'évolution de leur nature, des usages et des besoins de maîtrise, se conjuguera avec celui de leurs SI. Cette convergence constitue le socle de la transition énergétique et climatique, afin de disposer de villes, de maisons ou de réseaux intelligents. Elle comporte également de nombreux risques – cybersécurité, numérique responsable, éthique, résilience –, qu'il conviendra d'intégrer dans des schémas d'évolution désormais symbiotiques.