

Numérique et transition énergétique

Par Laurent MICHEL

Directeur général de l'énergie et du climat au ministère de la Transition écologique et solidaire
et Guillaume MEHEUT

En charge des sujets de coordination interne et du suivi de la R&D et de l'innovation à la direction générale de l'énergie et du climat, en tant que directeur de cabinet

Les transitions énergétique et numérique sont deux transformations majeures en cours, mais qui sont fondamentalement différentes : la première nous emmène vers un but souhaitable, à savoir une économie et une société bas carbone. La seconde est, quant à elle, un moyen devant être mis au service d'objectifs supérieurs (économiques, sociaux ou environnementaux).

Cependant, la conjugaison de ces deux transitions nous offre des opportunités formidables : le numérique fournit de nouvelles possibilités à tous les acteurs (consommateurs, collectivités, entreprises) par un accès démultiplié aux données et par l'émergence de modèles énergétiques plus interactifs, plus flexibles et plus décentralisés.

De nombreux enjeux doivent être pris en compte pour pouvoir tirer pleinement profit de ce potentiel numérique : maîtriser la consommation énergétique des outils numériques eux-mêmes, assurer la sécurité des systèmes numérisés, créer de nouveaux services à valeur ajoutée et repenser le rôle des acteurs publics et privés.

Les transitions énergétique et numérique sont deux transformations majeures en cours. Cependant, une différence fondamentale les distingue : la transition énergétique nous emmène vers un but souhaitable, à savoir une économie et une société bas carbone. La transition numérique est, quant à elle, un outil, un moyen, qui doit être mis au service d'objectifs supérieurs, que ceux-ci soient économiques, sociaux ou environnementaux.

Les développements récents des technologies, des politiques publiques et des initiatives privées montrent, au plan international autant qu'aux plans national et local, que la conjugaison de ces deux transitions nous offre des opportunités formidables, en particulier à travers la mobilisation et la participation de tous les acteurs : entreprises, État et collectivités territoriales, citoyens et associations. Le numérique fournit ainsi de nouvelles possibilités à tous ces acteurs par un accès démultiplié et en temps réel à une grande masse de données, et par l'émergence de modèles plus interactifs, plus flexibles et plus décentralisés.

De nombreux enjeux doivent être pris en compte pour tirer pleinement profit de ce potentiel numérique : en particulier, maîtriser la consommation énergétique des outils numériques eux-mêmes, assurer la sécurité des systèmes numérisés, créer de nouveaux services à valeur ajoutée et repenser le rôle des acteurs publics et privés dans un contexte numérique.

De nouvelles possibilités numériques pour tous les acteurs des systèmes énergétiques

Les outils numériques s'appuient avant tout sur la production et l'exploitation de données. Ces données peuvent être produites à tous les niveaux des systèmes énergétiques et, par conséquent, sont susceptibles d'intéresser tous les types d'acteur intervenant sur ces systèmes.

La réussite de la transition énergétique passe notamment par une forte amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment ⁽¹⁾, qui nécessite une meilleure maîtrise par les consommateurs de leurs consommations. Cela repose sur une bonne connaissance de ces consommations et des leviers d'action associés, laquelle peut s'appuyer sur des instruments de comptage et d'affichage adaptés aux particuliers comme aux professionnels. La mise en réseau d'objets et d'appareils connectés permet ensuite de contrôler ou de rendre plus flexibles les consommations (par exemple, au moyen d'effacements ou d'une programmation horaire judicieuse tenant compte de l'état du réseau ou d'autres paramètres extérieurs). Bien évidemment, la technologie n'est rien sans

(1) Le secteur résidentiel et tertiaire représentait 45 % de la consommation finale d'énergie en France en 2015 (source chiffres clés de l'énergie - SOeS).

une approche socioéconomique adéquate permettant de prendre en compte les exigences des utilisateurs et de faciliter leurs usages en évitant les pièges de la complexité ou du gadget. La Stratégie nationale de recherche énergétique, adoptée en décembre 2016 ⁽²⁾, souligne l'importance de la compréhension des comportements dans l'accompagnement des « consomm'acteurs » et le danger d'une approche descendante qui viserait à imposer des nouvelles technologies sans en expliquer la valeur ajoutée potentielle et sans en accepter une appropriation différente par chacun de nous.

Pour les producteurs d'énergie, les outils numériques ouvrent un vaste champ d'optimisation de leurs installations, que ce soit par la prévision du productible (par exemple, des outils météorologiques pour anticiper la production d'électricité photovoltaïque ou éolienne), la maintenance prédictive (des analyses statistiques pour prévenir des pannes et augmenter les facteurs de charge moyens), l'insertion dans les réseaux (participation aux services systèmes ou optimisation de la stratégie de vente sur le marché), etc.

Si l'on dépasse la séparation entre ces catégories (consommateurs *versus* producteurs), le numérique accompagne la décentralisation des systèmes *via* l'émergence de l'autoconsommation, y compris collective, pour laquelle un cadre réglementaire est désormais en place, après l'adoption de plusieurs textes d'application de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte et d'une loi *ad hoc* ⁽³⁾. Des outils sont nécessaires pour assurer à la fois la gestion technique en temps réel de portions de réseau, où se met en place l'autoconsommation, et la gestion économique des flux d'énergie associés entre les participants.

Pour les gestionnaires de réseaux, les outils numériques permettent une optimisation globale, à différents horizons temporels, des systèmes dont ils ont la charge (par exemple, le calcul des investissements nécessaires dans les infrastructures, l'intégration des énergies variables et la gestion du foisonnement, l'envoi de signaux aux consommateurs pour maîtriser la demande...). La montée en puissance des énergies renouvelables, qui pose des défis aux réseaux historiquement construits en étoile autour de centres de production de grande taille et fournissant une énergie constante dans le temps, bénéficie ainsi grandement de l'outil numérique.

Pour les pouvoirs publics, la remontée de données de consommation, de production et de transit sur les réseaux fournit une masse d'informations précieuses pour pouvoir évaluer les enjeux, définir une stratégie énergétique et planifier les investissements les plus utiles (rénovation des bâtiments, modernisation des transports, diversification du *mix* énergétique, etc.). La capacité d'exploiter les données disponibles pour construire des modèles prospectifs fiables et tracer des scénarios de transition robustes est ici cruciale.

On voit que tous les acteurs de la transition énergétique sont concernés par la transition numérique et que chacun d'eux a un rôle à jouer pour utiliser à bon escient les nouvelles technologies.

De nombreux défis à relever pour transformer le potentiel numérique en réalité bas carbone

Tout d'abord, la transition numérique pose un véritable défi d'efficacité énergétique. La multiplication des centres de données, l'expansion des réseaux de télécommunications et la distribution massive de terminaux connectés font véritablement exploser la consommation électrique de ce secteur. Il s'agit de maîtriser cette consommation, à la fois par la mise au point d'équipements plus sobres et par une conception intelligente. Ainsi, par exemple, des projets de récupération de la chaleur produite par les centres de données sont en train d'être développés : ils permettent de limiter les dépenses énergétiques pour le refroidissement de ces centres tout en fournissant de la chaleur à des zones résidentielles ou tertiaires. Les industriels du numérique, qui sont de plus en plus conscients des enjeux environnementaux liés à leurs activités, sont par ailleurs parmi les plus actifs dans la recherche de sources d'énergie renouvelables.

En outre, il est indispensable d'assurer dès le départ la sécurité des systèmes et des données pour bâtir une véritable confiance numérique :

- la sécurité des systèmes tout d'abord, c'est-à-dire la cybersécurité des installations (qu'il s'agisse de centrales de production, de centres de gestion ou de lignes de transmission), pour qu'elles ne puissent pas être dégradées ou contrôlées par malveillance à distance. Les infrastructures énergétiques sont d'importance vitale et il ne faut surtout pas les fragiliser par une mise en réseau non sécurisée. La numérisation permet également souvent une plus forte automatisation, qui implique de stricts critères de fiabilité et une réflexion sur le bon niveau de l'interface homme/machine pour ne pas diminuer la résilience et les capacités d'intervention en urgence.
- la sécurité des données ensuite. Celle-ci est fondamentale, et ce que ces données présentent une valeur économique ou qu'elles soient à caractère personnel.

Et, au-delà de la sécurité, se posent les questions relatives aux manières de conjuguer les utilisations de ces données pour développer de nouvelles applications, tout en protégeant les intérêts légitimes des personnes morales ou physiques tant dans leur vie privée que professionnelle. La Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL) est d'ailleurs très impliquée dans la définition du cadre réglementaire relatif aux données de consommation d'énergie, qui peuvent, par exemple, donner beaucoup d'indications sur le mode de vie d'un foyer.

Enfin, et surtout, pour tirer pleinement profit du numérique, il est nécessaire de créer de nouveaux services apportant une réelle valeur ajoutée aux consommateurs d'énergie. Les outils domotiques existent depuis de nombreuses

(2) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/recherche-et-developpement-lenergie>

(3) Ordonnance n°2016-1019 du 27 juillet 2016 relative à l'autoconsommation d'électricité ; loi n°2017-227 du 24 février 2017, décret n°2017-676 du 28 avril 2017.

années et le simple fait de les mettre en réseau grâce à la dernière génération d'objets connectés ne suffira pas (à apporter les économies d'énergie tant attendues. De même, les « *Big Data* » et autres « *smart grids* » résonnent parfois à nos oreilles comme des incantations magiques, mais le travail à réaliser pour fournir des solutions complètes, performantes et réellement utilisables de gestion intelligente en temps réel des réseaux est considérable.

De nombreux projets de recherche et de démonstration sont ainsi soutenus par l'État, notamment à travers le programme des Investissements d'avenir (40 projets financés à hauteur de 120 millions d'euros environ par l'Ademe, depuis 2011) pour relever ce défi. Ces projets visent notamment des essais d'ilotage de portions de réseau pour se protéger localement d'un problème sur le réseau (projet Nice Grid), des tests de couplage entre installations de production d'énergies renouvelables et moyens de stockage pour alimenter des zones d'activité (projet Smart ZAE, à Toulouse), la mise au point d'outils de gestion pour des opérations d'autoconsommation collective, par exemple à base de *blockchain* (projet Digisol, dans les Pyrénées-Orientales), etc. Des expérimentations à plus grande échelle sont désormais en route avec la désignation de territoires régionaux pilotes (projet Smile en Bretagne-Pays de Loire et projet Flexgrid en PACA), qui sont en train de présenter leurs premiers projets opérationnels.

Dans ce contexte, les acteurs publics ont également un rôle d'animation et de mobilisation à jouer. L'ouverture des données peut permettre de libérer l'innovation et aussi de donner aux acteurs les outils de connaissance pour leur permettre d'orienter leurs actions. C'est ce qui motive, par exemple, l'organisation d'« *hackathons* ⁽⁴⁾ », comme celui mis en place par le ministère de l'Environnement en mai 2016 ⁽⁵⁾ sur l'utilisation des données produites par les compteurs connectés, dans le cadre de l'initiative « *Greentech* ». L'« État régulateur » s'accompagne ainsi d'un « État plateforme », qui met à disposition des données (ou pousse les acteurs économiques à le faire) afin de mobiliser la créativité et les compétences de tous. En application de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte, des décrets ont été publiés ⁽⁶⁾, à l'été 2016, qui imposent la mise de données relatives à l'énergie à la disposition des personnes publiques. L'ouverture des données a également été largement renforcée par la loi pour une République numérique.

Un secteur clé : la révolution numérique au service de la transition énergétique dans les transports

Le secteur des transports, premier émetteur de gaz à effet de serre au niveau national (29 % du total en 2014), est emblématique de transformations apportées par le numérique susceptibles, dans le même temps, de constituer des opportunités majeures pour la transition énergétique.

L'accès à de nouvelles masses de données sur les flux de personnes et de marchandises et une vision plus interconnectée de l'offre de transports devraient permettre de faciliter une planification intelligente des investissements,

dans une approche intégrée du développement des territoires tant urbains que ruraux. Les collectivités vont par exemple pouvoir proposer de nouveaux services de mobilité s'appuyant davantage sur l'intermodalité et sur une information des usagers, en temps réel et sans coupure. Les entreprises vont pouvoir optimiser leurs chaînes logistiques. Les consommateurs vont plus facilement recourir à des solutions ayant une moindre empreinte environnementale telles que le covoiturage ou le partage de véhicules, et ce grâce à une mise en réseau efficace (plateformes Blablacar, IDVroom, Drivy...). L'arrivée des véhicules connectés et autonomes ouvre également un vaste champ à exploiter, avec des perspectives d'optimisation de la conduite. Sur tous ces points, des réductions des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre et de polluants atmosphériques sont à notre portée, mais cela nécessite encore des efforts très importants.

L'État, à travers la Stratégie nationale de développement de la mobilité propre (publiée en octobre 2016 ⁽⁷⁾), soutient ces évolutions. On retrouve ici tous les enjeux que nous avons évoqués précédemment. Les autorités publiques ont un rôle crucial à jouer pour libérer les données, faire communiquer entre eux tous les modes de transport (ce qui implique notamment des enjeux concurrentiels à gérer).

Un besoin de réglementation apparaît par ailleurs pour garantir un développement sécurisé des nouveaux services tels que les véhicules connectés (et bientôt autonomes). Nous sommes entrés, sur ce sujet, dans une phase d'expérimentation sur le terrain et les acteurs français sont en pointe : l'Institut pour la transition énergétique VeDeCom ⁽⁸⁾, qui regroupe des acteurs publics et privés autour d'un programme de R&D financé par le programme des Investissements d'avenir, les PME Navya et EasyMile, qui testent des navettes sans chauffeur à Lyon et à Paris, etc. Le cadre réglementaire en termes d'évolution du code de la route, de définition des responsabilités, d'encadrement technique de divers enjeux comme la cyber-sécurité, doit vite évoluer pour donner de la lisibilité aux apporteurs de solutions comme aux utilisateurs.

La mobilité électrique soulève en outre des défis technologiques, du fait des appels de puissance sur les réseaux. Mais elle peut fournir une brique essentielle pour le bon

(4) Événement au cours duquel des développeurs volontaires se réunissent pour se livrer à la programmation informatique collaborative et inventer de nouvelles applications, par exemple à partir d'une banque de données mise à disposition. C'est un processus créatif fréquemment utilisé dans le domaine de l'innovation numérique.

(5) <https://www.data.gouv.fr/fr/posts/compteurconnect-les-donnees-du-hackathon-sur-la-consommation-energetique/>

(6) Décret n°2016-973 du 18 juillet 2016 relatif à la mise à disposition des personnes publiques de données relatives au transport, à la distribution et à la production d'électricité, de gaz naturel et de biométhane, de produits pétroliers et de chaleur et de froid ; décret n°2016-972 du 18 juillet 2016 relatif à la confidentialité des informations détenues par les opérateurs gaziers et par les gestionnaires des réseaux publics de transport ou de distribution d'électricité.

(7) http://www.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/Strategie_developpement_mobilite_propre.pdf

(8) <http://www.vedecom.fr>

fonctionnement de ces réseaux et appuyer le déploiement d'une gestion plus décentralisée, sous réserve d'un pilotage intelligent de la charge (voire de l'utilisation des batteries des véhicules pour injecter dans le réseau de l'électricité stockée). Là encore, des projets de démonstration sont en cours, avec un soutien fort du programme d'Investissements d'avenir, pour mettre au point les algorithmes et les protocoles de communication nécessaires (à l'instar, par exemple, du projet BienVEnu d'Enedis pour la gestion optimisée de recharge des véhicules électriques dans le résidentiel collectif).

Conclusion

En conclusion, on voit que les promesses (et, déjà, les réalisations) sont nombreuses. Tout comme le sont les

prérequis à résoudre et les obstacles à franchir. La mobilisation de tous les acteurs dans les prochaines années permettra de concilier la révolution numérique et la transition énergétique pour transformer l'essai en un succès environnemental, économique et social. Il est donc important de poursuivre l'effort d'innovation technologique, systémique et sociétale en déployant, en parallèle, un cadre réglementaire et réglementaire à la fois adapté et facilitateur et une démarche d'accompagnement de l'expérimentation de ces nouveaux outils, avant leur déploiement. Le travail en commun d'univers nombreux et parfois fortement cloisonnés (les mondes de l'énergie, du numérique, des infrastructures de transport, de l'automobile, l'État, les collectivités locales, les assureurs, la société civile...) est plus que jamais nécessaire pour y parvenir.