

Introduction

Par **Edmond BARANES**

Montpellier Recherche en Économie (MRE), Université de Montpellier

Le secteur énergétique est révolutionné par le développement des technologies numériques. La numérisation de ce secteur s'est fortement accélérée ces dernières années. Le numérique transforme la manière dont l'énergie est produite en même temps qu'il marque fortement sa consommation. Les enjeux sont considérables, surtout dans un contexte où le secteur de l'énergie est confronté à la transition énergétique. Si le numérique est indéniablement un des outils à privilégier dans la lutte contre le changement climatique, la question de son impact environnemental agite aussi régulièrement le débat public, avec au centre des discussions la neutralité carbone des *data centers* et les efforts déployés en matière d'éco-conception des services numériques.

C'est notamment pour l'électricité que les technologies numériques produisent les changements les plus remarquables. Les systèmes électriques sont en effet considérablement bouleversés par le numérique. Les transformations sont multiples et modifient en profondeur l'organisation et la gestion des réseaux. Les changements les plus notables sont certainement ceux liés à l'émergence des *smart grids*. Ces réseaux intelligents qui intègrent de nombreuses technologies numériques sont une caractéristique forte des mutations en cours. Ils apparaissent aujourd'hui comme des outils incontournables pour faciliter l'intégration des énergies renouvelables dans le mix énergétique et atteindre les objectifs fixés en matière de décarbonisation. Le numérique apparaît donc comme un facilitateur de la transition énergétique. Les initiatives et politiques publiques récentes montrent combien les opportunités sont grandes. Le *cluster 5* « climat, énergie, mobilité » du programme Horizon Europe est une illustration forte de la volonté d'orienter les innovations vers de nouveaux modèles énergétiques s'appuyant sur le numérique.

Les enjeux de la numérisation des systèmes électriques sont nombreux. Tout d'abord, les technologies numériques permettent aux gestionnaires de réseaux d'améliorer leur efficacité. Des outils numériques bien intégrés aux réseaux existants favorisent une meilleure optimisation des réseaux traditionnels. C'est le cas des innovations techniques qui, en reposant sur la production et l'exploitation des données, offrent une flexibilité accrue et améliorent ainsi les mécanismes d'équilibrage. Il en va ainsi, par exemple, des capteurs et autres solutions innovantes déployés par les gestionnaires de réseaux pour contrôler l'état de leurs installations et développer la maintenance prédictive. C'est aussi le cas des jumeaux numériques, qui sont amenés à jouer un rôle important dans l'optimisation des systèmes. D'autres équipements, comme les compteurs électriques et diverses solutions numériques, contribuent aussi à améliorer l'efficacité des systèmes en aidant à mieux mesurer la consommation énergétique et à modifier les comportements des consommateurs finals. Devant ces évolutions, la régulation de l'électricité doit s'adapter pour faire face aux nouveaux enjeux liés notamment à l'émergence de nouveaux modèles économiques chez les acteurs traditionnels. Avec la numérisation des systèmes électriques, le régulateur dispose aussi d'une masse de données importante qui offre des possibilités pour améliorer l'efficacité de la régulation de l'électricité.

Au-delà de la modernisation des réseaux électriques, l'intégration des technologies numériques dans les systèmes électriques ouvre des perspectives intéressantes dans le cadre de la transition énergétique, en facilitant l'intégration des énergies renouvelables et en favorisant le développement de nouveaux usages comme ceux de la mobilité électrique. Les réseaux intelligents facilitent ainsi l'insertion des énergies intermittentes dans les réseaux, et une meilleure organisation et gestion

des productions décentralisées d'électricité. Le consommateur devient acteur du système, il peut produire sa propre énergie, l'autoconsommer ou la revendre. La capacité du « consomm'acteur » à piloter sa consommation d'électricité se traduit par une interdépendance entre la consommation et la production dans laquelle la consommation peut s'adapter à la production. La logique traditionnelle de l'équilibre du réseau est alors modifiée, on assiste à une décentralisation des systèmes, et le foisonnement des innovations numériques devrait permettre d'améliorer d'autant plus l'efficacité des systèmes électriques. Des micro-réseaux électriques (*microgrids*) se constituent, qui permettent d'agréger des installations de production et de consommation locales, et peuvent ou non être raccordés au réseau de distribution. Les modèles économiques qui accompagnent le développement de ces micro-réseaux prennent des formes diverses. Ils s'appuient généralement sur des plateformes qui organisent les échanges d'électricité en intégrant les technologies numériques les plus récentes, et plus particulièrement la technologie *blockchain* et l'intelligence artificielle.

Ces évolutions répondent aux exigences de la transition énergétique, elles répondent aussi à la demande d'une autonomie accrue des territoires en matière de politique énergétique. S'il est indéniable que les technologies numériques organisent un changement profond des systèmes électriques, il n'en demeure pas moins que la technologie ne fait rien sans l'appropriation et le consentement des usagers. Or, la réussite de la révolution numérique des systèmes électriques repose sur la production et l'exploitation des données. Cela pose alors de manière accrue la question de la protection des données et du respect de la vie privée. La sécurité des systèmes est aussi un enjeu important, surtout dans un contexte de cybermenaces en forte évolution, et face à l'intensification de la production et de l'exploitation des données au sein des systèmes électriques.

Ce numéro d'*Enjeux numériques* présente des articles permettant de nourrir la réflexion sur des questions posées par la numérisation des systèmes électriques. Les premières contributions abordent les enjeux de la numérisation sous différents aspects : économiques et réglementaires, technologiques, environnementaux et de politiques publiques. Les articles qui suivent abordent des questions plus spécifiques parmi lesquelles celles relatives aux nouveaux modèles économiques, aux nouveaux acteurs et métiers émergents, ou encore à la mobilité électrique.

Très bonne lecture !