

## Épisode 4 : Le réseau vivant

### Smartgrid intégrant sources d'énergie renouvelables et véhicules électriques

#### Contexte et enjeux

Les réseaux électriques connaissent aujourd'hui une transformation profonde liée aux évolutions technologiques, énergétiques et sociétales. Historiquement conçus autour d'une production centralisée et relativement prévisible, ils deviennent progressivement des « systèmes de systèmes » de plus en plus complexes.

Un premier tournant est intervenu dans les années 2000 avec le développement des énergies renouvelables, qui a entraîné une décentralisation de la production d'électricité et l'intégration de sources souvent intermittentes et difficilement contrôlables. Dans les années 2010, les progrès du numérique et de la puissance de calcul ont favorisé l'émergence des smartgrids, des réseaux instrumentés et pilotables à l'aide d'algorithmes d'optimisation. Le développement de la mobilité électrique, du stockage de l'énergie et des microgrids a ouvert également de nouvelles possibilités pour la gestion locale de l'électricité, notamment grâce à la flexibilité qui permet d'adapter certains usages ou équipements aux besoins du réseau.

Si ces évolutions offrent de nouvelles capacités de pilotage, elles introduisent aussi davantage d'incertitudes dans un système dont la continuité de fonctionnement est essentielle. Les réseaux électriques se situent au croisement de plusieurs disciplines (informatique, mathématiques, économie, sciences de l'environnement), mobilisant des approches interdisciplinaires.

#### Les recherches menées

Les recherches portent sur la modélisation, la conception et le pilotage des systèmes d'énergie, dans un contexte de production décentralisée, de diversification des acteurs du système énergétique et d'incertitude liée à la complexité croissante du système électrique :

- Un premier ensemble de travaux s'intéresse à la conception de systèmes énergétiques plus résilients, capables de maintenir un fonctionnement fiable malgré les perturbations ou les variations de production et de consommation. Ces recherches explorent notamment la répartition de l'intelligence et des capacités de calcul dans le réseau, afin de déterminer dans quelle mesure les décisions de pilotage peuvent être centralisées ou distribuées pour améliorer l'efficacité énergétique et la robustesse du système.
- Un autre axe porte sur l'intégration du stockage d'énergie distribué au sein des réseaux électriques intelligents, notamment à travers les concepts de Vehicle-to-Grid (V2G), Vehicle-to-Home (V2H) et Vehicle-to-Building (V2B). Les chercheurs étudient les stratégies de pilotage bidirectionnel des véhicules électriques et leur rôle en tant que ressources flexibles, en analysant leur impact sur l'équilibrage du réseau, la gestion des pointes de consommation et la résilience des infrastructures électriques locales.
- Les recherches portent également sur le développement de microgrids, des réseaux électriques locaux capables de fonctionner de manière autonome ou connectée au réseau principal en s'appuyant sur les ressources locales. Ils constituent un levier important pour renforcer la résilience des infrastructures énergétiques, notamment dans des sites isolés, difficiles d'accès ou confrontés à des contraintes spécifiques.
- Pour répondre à ces enjeux, les chercheurs mobilisent de nouvelles approches méthodologiques, notamment l'intelligence artificielle pour améliorer le pilotage des systèmes énergétiques grâce à des algorithmes de contrôle distribués capables de s'adapter aux variations du réseau et de traiter de grandes quantités de données.
- Enfin, une attention croissante est portée à la soutenabilité des systèmes énergétiques, en intégrant sobriété et économie des ressources dans la conception et la gestion des réseaux.