

PLANIFIER LES OPÉRATIONS DE MAINTENANCE

La multiplication des productions électriques d'origine renouvelable sollicite les installations et engendre ainsi flux et reflux de puissance sur le réseau. La prévisibilité des transits devient plus difficile, notamment au niveau des départs, ces portions de câbles qui vont du poste source vers les clients. Cela complique la tâche des chargés de conduite qui doivent planifier les opérations de maintenance, depuis l'une des trente agences de conduite réparties sur le territoire. L'intelligence artificielle (IA) pourrait les aider. « L'idée consiste à l'utiliser afin de prévoir les parties du réseau qui pourraient être en difficulté,

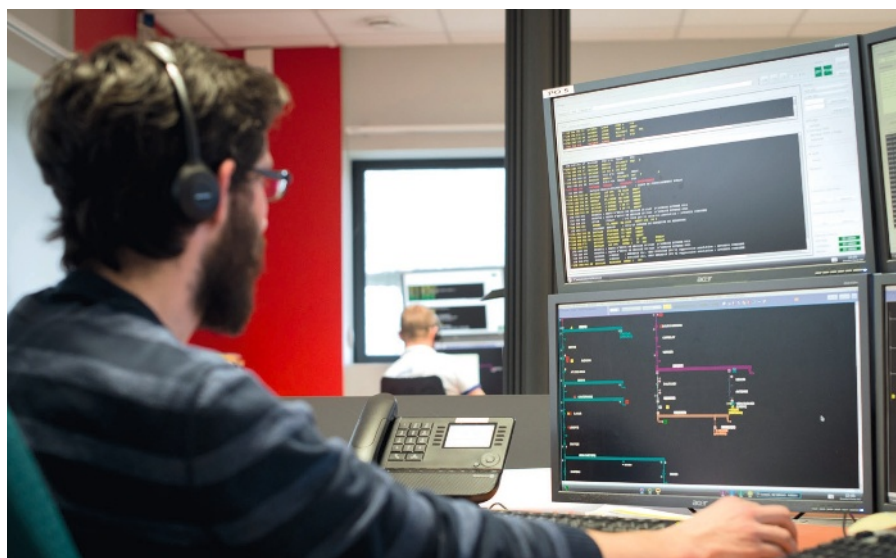
Automatiser les tâches répétitives pour se concentrer sur les situations qui sortent de l'épure

imagine Benoît Bouzigon. Pour cela, il faut commencer par identifier quelles sont les "constantes vitales" du réseau (tension, production, consommation, événements météo...). L'intelligence artificielle se chargera ensuite de suivre ces constantes et d'alerter le chargé de conduite si un incident se déclare en certains points du réseau... »

Dans cet esprit, mais à visée plus large, une thèse a débuté cette année à l'université

de Grenoble, financée par Enedis et co-encadrée par Vincent Debusschere, afin d'identifier les besoins des chargés de conduite et proposer des solutions pour les secondar, via l'IA. « Nous allons commencer par observer les tâches qu'ils effectuent et voir concrètement comment on peut les aider, explique le chercheur. Nous devons également faire l'inventaire des données du réseau accessibles : mesures de tension, caractéristiques des câbles, des transformateurs, le profil de charge... Il s'agit de faire feu de tout bois car

l'intelligence artificielle a besoin de beaucoup d'informations, diverses et sur un temps long, pour être entraînée. » L'objectif est ensuite de déterminer parmi les différentes techniques d'IA déjà existantes lesquelles sont adaptées à tel ou tel type de tâche. « Notre objectif est de soulager le plus possible le chargé de conduite, insiste Vincent Debusschere, par exemple en automatisant certaines tâches répétitives afin qu'il puisse se concentrer sur les événements les plus graves. Pour l'heure, nous n'en sommes qu'à l'identification des besoins. »



Une trentaine d'agences de conduite régionales couvrent le territoire (ici, l'ACR de Mérignac).

► L'apport de ces nouveaux producteurs d'énergies renouvelables dépasse bien entendu le simple cadre d'une alimentation de secours. Selon les intentions gouvernementales, synthétisées dans la programmation pluriannuelle de l'énergie, la part des ENR dans la production élec-trique française doit atteindre 40 % en 2030. Elle est aujourd'hui de 21,1 %. Ce qui représente 370 000 installations, produisant 20 gigawatts au total. « Bien sûr, il faut avant tout se réjouir de l'arrivée de cette énergie d'origine éolienne ou solaire, reprend Pierre Mallet. Mais par définition, leur production, dépendante de la météo, est intermittente. Nous devons donc intégrer ces nouveaux fournisseurs sans perturber le réseau. Un vrai défi ! D'autant plus qu'il nous faut surveiller le coût des solutions à mettre en œuvre, et donc limiter

le recours à un développement trop important du réseau. Le maître mot est plutôt l'optimisation du système. L'intelligence artificielle constitue un outil idéal pour y parvenir. »

GÉRER LES VARIATIONS DE TENSION

Enedis est engagé contractuellement à fournir une tension HTA de 20000 volts, à 5 % près. Cette tension est obtenue dans les postes sources, via des transformateurs, à partir du courant haute tension dont RTE (Réseau de transport d'électricité) a la charge. Il alimente ensuite des départs HTA, qui eux-mêmes irriguent des postes HTA-BT, autrement dit la basse tension que l'on achemine chez les clients. Cependant, la tension dans le réseau varie : elle diminue avec la

distance au poste source. Mais elle peut aussi s'accroître si un producteur d'ENR est relié au réseau. Enfin, la consommation varie également tout au long de la journée en fonction de l'activité. Un quartier d'habitations connaîtra un pic de consommation le matin de 7 heures à 9 heures, tandis qu'une zone industrielle s'animerait plutôt à partir de 9 heures... Bref, en fonction des lieux qu'il dessert, chaque poste source va appliquer une tension de consigne légèrement différente des 20 000 volts, de telle sorte que la tension effective sur le réseau soit bien comprise dans la fourchette des $\pm 5\%$ de tolérance.

« Cette tension de consigne est fixée une bonne fois pour toutes pour chaque poste source, sauf gros travaux dans la zone, reprend Benoît Bouzigon. Elle permet de



L'apport d'électricité d'origine renouvelable est géré au sein des agences de conduite régionales (ici celle de Mérignac). Le recours à l'intelligence artificielle permettra d'utiliser au mieux cette production par nature variable.

rester dans les nuages, mais finalement sans finesse. Surtout, lorsqu'il y a trop de productions d'ENR, nous ne savons plus trouver une tension de consigne applicable toute l'année. D'où l'idée de passer d'une tension de consigne fixe à une tension dynamique, qui s'adapterait plusieurs fois par jour à l'état réel de la consommation et de la production. » Enedis a donc entrepris des actions R&D afin de mettre au point un algorithme capable de réaliser une telle tâche. Pour cela, un élément clé consiste à disposer en temps réel d'une image de la tension sur le réseau.

« Nous sommes partis d'un algorithme bien connu, un estimateur d'état, explique Dominique Croteau. Il a fallu l'adapter, car il est utilisé sur le réseau transport, qui est en boucle, et comporte de nombreux capteurs de tension et de puissance. Du fait de ces boucles, il y a de nombreuses redondances qui permettent à l'estimateur d'être très précis. Davantage même que les capteurs, dont il corrige les erreurs de mesure. » Il faut en effet bien distinguer le réseau de transport, à très haute tension, qui part des centrales vers les postes sources

où se trouvent les transformateurs HT-HTA, et le réseau distribution qui part de ces postes et va jusqu'au client. Cette configuration est en antenne en quelque sorte, avec un émetteur, le poste source et les récepteurs: les clients. « Dans ce cas, il n'y a pas de boucles, et donc moins de redondances, reprend Dominique Croteau. L'estimateur d'état n'a pas grand-chose à se mettre sous la dent. Notre but était donc de trouver des indicateurs de tension sur le réseau, sans multiplier les capteurs, ce qui coûterait trop cher. »

OPTIMISATION DE LA DISTRIBUTION

La solution est venue des fameux postes « HTA-BT ». On en compte près de 800 000 sur tout le territoire. De parfaits « indices », pourvu que l'on sache s'en servir... « En modélisant la courbe de charge d'un poste HTA-BT tout au long de l'année, nous nous sommes rendu compte que nous obtenions une très bonne estimation de la tension à ce nœud du réseau, raconte Dominique Croteau. Chaque poste constitue donc un point de mesure supplémentaire

pour nourrir l'estimateur d'état. Nous avons également ajouté des capteurs, en nombres limités. Au final, nous avons un profil de tension en chaque nœud du réseau à 1 % près de la réalité, remis à jour toutes les 10 minutes! »

Cette image est la clé d'une gestion dynamique du réseau. Sitôt qu'une anomalie en tension est détectée quelque part, par exemple un apport d'énergie dû à des panneaux photovoltaïques, un second algorithme se met en route pour recalculer instantanément la nouvelle tension de consigne à appliquer au poste source. « Grâce à cette optimisation de la distribution, reprend Benoît Bouzignon, nous gérons l'arrivée de nouveaux producteurs d'ENR en limitant le développement du réseau physique. Auparavant, nous pouvions être amenés à créer un départ depuis le poste source vers ce nouveau producteur, de façon à l'isoler du reste du réseau. Ce ne sera plus nécessairement le cas avec cette gestion dynamique ; l'intérêt économique est évident. »

Deux brevets ont déjà été déposés. La phase de test a commencé, dans deux postes sources situés dans les Pays de la Loire, un autre en Côte d'Azur et un quatrième en cours d'installation en région Bretagne. « Nous attendons le retour d'expérience de ces quatre postes avant de décider un déploiement plus large, conclut Benoît Bouzignon. Par ailleurs, cette gestion dynamique n'a vocation à être utilisée que sur 10 à 30 % du territoire, là où les ENR sont très présentes. » Les leçons de ces expérimentations devraient être tirées à la fin de 2021. ●

La gestion dynamique du réseau permet de gérer l'arrivée des producteurs d'ENR en limitant le besoin d'infrastructures physiques