

# DES ALGORITHMES RENDENT LE RÉSEAU TRANSPARENT

Les compteurs électriques modernes (« smart meters ») déterminent la consommation d'électricité chez les clients finaux et l'envoient au gestionnaire du réseau de distribution (distributeur d'énergie). Cependant, les compteurs d'électricité pourraient également être utilisés pour surveiller et exploiter avec fiabilité les réseaux de distribution à l'avenir. Un test de terrain réalisé par Romande Energie SA dans la petite ville vaudoise de Rolle, avec la participation de la Haute école de Lucerne, du fabricant d'appareils Landis+Gyr et du fournisseur de technologie VIA Science, montre comment cela est possible.



Dispositif de test pour l'essai sur le terrain dans le laboratoire de Romande Energie à Morges. Photo : Romande Energie



A Rolle (VD), au bord du lac Léman, la Haute école de Lucerne a réalisé un test sur le terrain avec le soutien de Romande Energie. Photo : Shutterstock

Comme tous les autres gestionnaires de réseau de distribution suisses, Romande Energie (Morges/VD) équipe ses 220'000 clients de compteurs électriques intelligents (« Smart Meters ») conformément aux directives de la loi sur l'approvisionnement en électricité. Ces appareils sont intelligents dans la mesure où ils transmettent automatiquement la consommation d'électricité à l'exploitant du réseau, ce qui permet de facturer sans avoir à relever le compteur. Dans les foyers équipés d'une installation solaire, les appareils indiquent en outre la quantité d'électricité injectée. Ils peuvent également être utilisés pour des applications de domotique. De 500 à 600 appareils sont installés chaque semaine par les techniciens de Romande Energie. D'ici 2025, 80% des foyers de Romande Energie (clientèle captive) devraient être équipés de compteurs intelligents.

Dans la ville de Rolle, au bord du lac Léman, des compteurs intelligents sont déjà installés depuis un certain temps. Dans un quartier de la ville, ils ont été remplacés en juin de cette année dans 30 foyers par une nouvelle génération. Le remplacement n'est pas dû à la présence de défauts, mais à un projet pilote avec lequel Romande Energie voulait vérifier à l'automne 2023 si les compteurs intelligents pouvaient être utilisés autrement: il s'agit d'un système de mesure qui permet de déterminer presque en temps réel les courants qui circulent dans le réseau électrique. Pour les lignes du réseau à haute tension, une telle surveillance du réseau est depuis longtemps monnaie courante. Dans les ramifications fines

des réseaux de distribution locaux (réseau basse tension) cependant, elle n'est pas encore possible. L'utilisation des compteurs intelligents devrait changer la donne.

### Éviter les surcharges du réseau

Un test d'un mois auprès de 30 ménages à Rolle en octobre 2023 l'a maintenant montré: les compteurs intelligents peuvent effectivement être utilisés pour surveiller le réseau de distribution d'électricité. « C'est une bonne nouvelle pour nous », déclare Arnoud Bifrare, responsable des projets stratégiques chez Romande Energie. « Il est prévisible que les stations de recharge pour voitures électriques, les pompes à chaleur et les installations photovoltaïques solliciteront



Modem et routeur tels qu'ils ont été utilisés lors de l'essai sur le terrain à Rolle. Photo : Romande Energie/HSLU

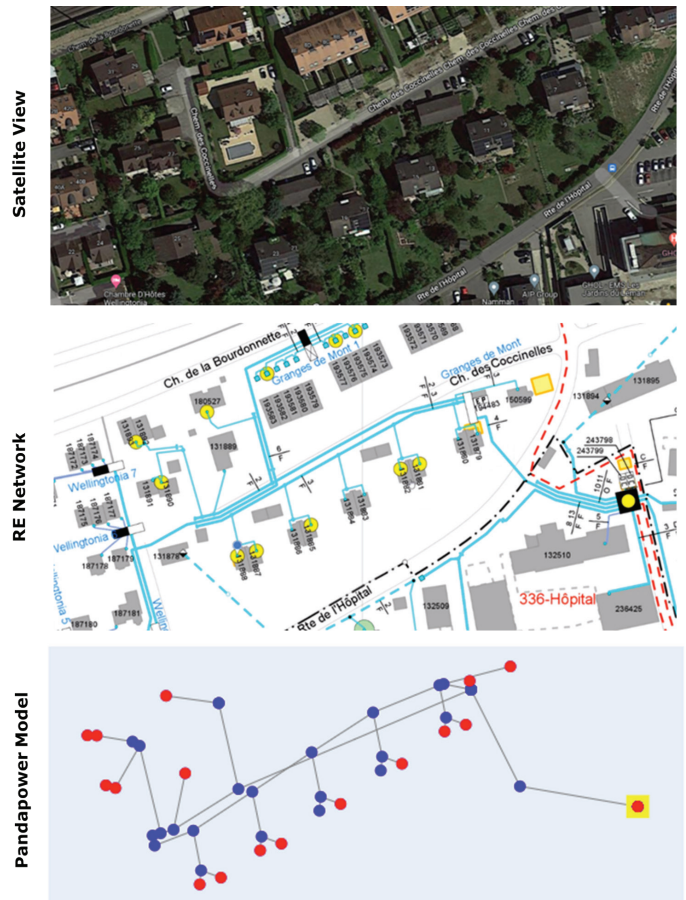
d'avantage les réseaux de distribution d'électricité à l'avenir. Les résultats de ce projet fournissent des bases permettant d'accroître la visibilité et la prévisibilité des éventuelles congestions du réseau. Ces connaissances permettent aux gestionnaires de réseau d'assurer la stabilité du réseau en activant la flexibilité nécessaire (par exemple auprès des consommateurs finaux ou fournisseurs de service de flexibilité) localement et dans le temps ».

L'essai sur le terrain avait été préparé de longue date. Cela devrait garantir qu'aucun dysfonctionnement ne se produise lors de la mise en œuvre dans des foyers réels. Avant d'être installés dans les foyers, les compteurs intelligents ont été testés au siège de Romande Energie à Morges, non seulement les compteurs intelligents eux-mêmes, mais aussi les modems qui assuraient l'échange de données pendant l'essai sur le terrain. Ce n'est que lorsque tout a fonctionné correctement que l'infrastructure de test a été installée dans les foyers et que le test sur le terrain a été effectué.

### Traitement décentralisé des données

L'essai sur le terrain à Rolle s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche de la Haute école de Lucerne (HSLU). Une équipe dirigée par le professeur Dr Antonios Papaemmanouil, directeur de l'Institut d'électrotechnique, y a développé une solution technique permettant d'utiliser les données des compteurs intelligents pour la surveillance des réseaux de distribution. Les compteurs intelligents enregistrent la consommation d'électricité ainsi que les valeurs de tension et de courant dans chaque foyer. Si ces valeurs de mesure sont traitées dans une base de données centrale ou décentralisée, là où elles sont générées, on a un bon aperçu de l'état du réseau de distribution d'un quartier ou d'une partie de la ville. Une utilisation centralisée des données des compteurs intelligents à des fins de surveillance du réseau consomme beaucoup de ressources et enfreint la loi sur la protection des données. Conformément aux dispositions légales, les données des compteurs intelligents ne peuvent être utilisées en premier lieu que pour la facturation. En revanche, si elles doivent être utilisées pour une exploitation optimisée du réseau de distribution, elles doivent être préalablement pseudonymisées ou anonymisées.

C'est précisément ce que fait la solution technique développée par l'équipe de chercheurs de la HSLU: « Nous collectons et traitons les données de manière décentralisée, les compteurs intelligents voisins communiquant entre eux



Lors d'un essai sur le terrain à Rolle, 30 foyers (maisons individuelles, maisons à deux logements et un immeuble de huit appartements) ont été équipés de compteurs intelligents spéciaux. Illustration : HSLU

via des modems de téléphonie mobile; ce n'est qu'une fois les données agrégées et traitées de manière appropriée que nous transmettons à la centrale les valeurs importantes pour la description de l'état du réseau », explique le Prof. Papaemmanouil, chercheur à la HSLU, à propos de cette approche innovante. Le point fort: les données qui parviennent à la centrale ne contiennent plus de données privées et ne posent donc aucun problème en matière de protection des données.

### Industrie des appareils impliquée

Pour que le traitement des données puisse être décentralisé, chaque compteur intelligent doit être équipé d'un logiciel d'exploitation spécial (firmware) sur lequel fonctionne un algorithme développé à la HSLU. Pour le test sur le terrain, il a donc fallu installer à Rolle des compteurs intelligents modernes suffisamment performants pour exécuter les algorithmes. Les appareils correspondants ont été développés en collaboration avec Landis+Gyr. La coopération s'était imposée parce

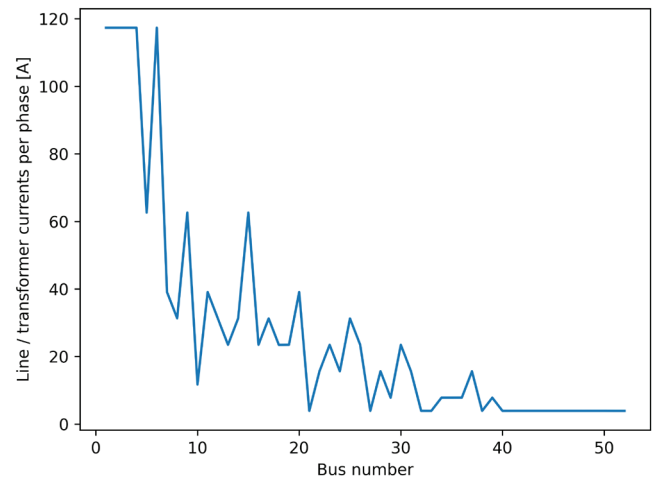
que l'entreprise zougnoise fournit des appareils à Romande Energie pour son déploiement de compteurs intelligents.

Outre la mise à disposition du matériel et des logiciels adéquats, la réalisation de l'essai sur le terrain a nécessité la clarification de nombreux aspects de détail, comme le rapporte le chef de projet Severin Nowak: « Le logiciel pour les tests sur le terrain devait être implémenté sur le matériel existant des compteurs intelligents, les différents composants informatiques devaient être adaptés les uns aux autres, les normes de sécurité élevées de l'opérateur de réseau devaient être respectées, la protection des données devait être prise en compte de manière conséquente. Toutes ces tâches ont été autant de défis à relever, ce qui n'est pas étonnant dans la mesure où il s'agit d'une première! »

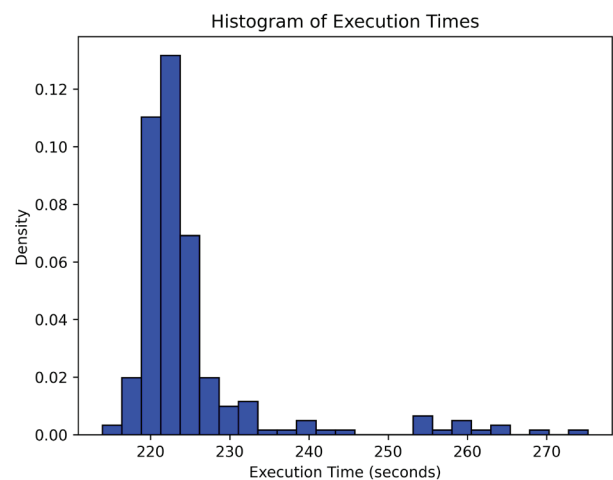
### Prévisions sur 24 heures de l'état du réseau

L'analyse des données des compteurs intelligents permet d'obtenir une image du réseau de distribution toutes les 15 minutes. Les compteurs intelligents enregistrent en effet les valeurs de tension et d'intensité sur cette période (alors que l'infrastructure existante permettrait même de lire des valeurs à granularité plus fine). Sur cette base, il est possible de bien évaluer l'état actuel du réseau électrique. Pour un gestionnaire de réseau, il est toutefois important de prévoir à temps les éventuelles congestions du réseau afin de pouvoir prendre des mesures préventives. Le projet de la Haute école de Lucerne vise donc à prédire le profil de charge probable du réseau de distribution avec une avance de 24 heures. Ce pronostic est calculé à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique, en utilisant les données actuelles des compteurs intelligents et les données de l'année précédente.

« Le test sur le terrain a montré qu'il était possible d'utiliser des modèles de prévision automatique sur le matériel existant des compteurs intelligents afin de pouvoir faire des prévisions de charge décentralisées des profils des clients finaux », explique Severin Nowak. « Dans un deuxième temps, ces prévisions de charge ont été utilisées dans une analyse décentralisée des flux de charge afin de pouvoir prédire la charge du réseau à différents endroits critiques du réseau. Cette analyse des flux de charge a pu être réalisée de manière entièrement décentralisée grâce à la communication entre les compteurs intelligents voisins, sans devoir centraliser la moindre donnée ou étape de calcul. Nous avons pu valider avec une bonne précision les résultats des tests sur le terrain avec les résultats basés sur la simulation », explique Nowak.



Le projet de recherche permet de déterminer le flux de charge à travers chaque élément du réseau de distribution, aussi bien pour les transformateurs que pour les lignes de distribution. L'axe Y représente le flux de courant à travers chaque élément du réseau de distribution, tandis que l'axe X représente les différents éléments du réseau de distribution répartis par numéro de nœud. Graphique : HSLU



La durée moyenne pour le calcul de la prévision de charge décentralisée et de l'analyse des flux de charge est d'environ 210 secondes (3,5 minutes) dans le cas d'un réseau de distribution avec 30 clients finaux. Environ 20'000 points de données sont alors calculés. Graphique : HSLU

### Préparation des réseaux pour de nouvelles charges

L'essai sur le terrain de Rolle est un pas vers une meilleure transparence des réseaux de distribution d'électricité : une nécessité pour que les réseaux puissent répondre aux exigences futures, explique le Prof. Papaemmanouil, scientifique à la HSLU. « Le réseau électrique suisse est conçu de manière très robuste. Mais l'électrification du secteur des transports,

avec le développement des stations de recharge pour véhicules électriques et l'intégration d'un plus grand nombre d'installations photovoltaïques décentralisées, entraîne pour les réseaux de distribution de nouvelles charges considérables et des changements en temps réel pour lesquels les réseaux ne sont pas conçus. Nous nous attendons à ce que les réseaux suisses atteignent leur limite dans cinq ans, dix au plus tard. L'approche décentralisée que nous avons développée aidera les gestionnaires de réseau à planifier leurs réseaux de distribution en fonction des besoins et à les exploiter de manière optimale, en toute sécurité et dans le respect de la protection des données. L'utilisation décentralisée des données des compteurs intelligents permet de surveiller les réseaux de distribution presque en temps réel, et ce sans investissement supplémentaire dans l'infrastructure de surveillance. En outre, il est possible de prévoir la charge et la sollicitation du réseau, d'assister la planification opérationnelle en vue de maîtriser les changements rapides et fréquents de la charge et de la production ainsi que de garantir la fiabilité du réseau ».

- Le **rapport final** du projet de recherche « KnowLEDGE - IA décentralisée, sûre et protégeant la vie privée pour améliorer la fiabilité du réseau, la résilience et les coûts des GRD » est disponible à l'adresse suivante:  
[www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=47352](http://www.aramis.admin.ch/Grunddaten/?ProjectID=47352).
- Michael Moser ([michael.moser@bfe.admin.ch](mailto:michael.moser@bfe.admin.ch)), responsable du programme de recherche Réseaux de l'OFEN communique des **informations** à ce sujet.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine de l'électricité sur [www.bfe.admin.ch/ec-electricite](http://www.bfe.admin.ch/ec-electricite).