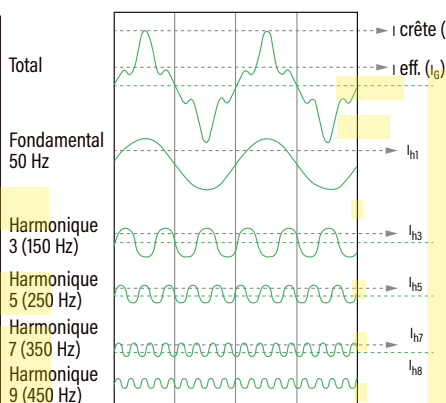


DU COURANT, OUI, MAIS DE QUALITÉ...

Enedis n'a pas seulement la charge d'apporter le courant à ses clients, il doit aussi veiller à sa qualité. « C'est ce que l'on appelle la "qualité de l'onde", ou "qualité de tension", explique Kevin Lorenzo, ingénieur-chercheur au département MIRE (Mesures et Systèmes d'Informations des Réseaux Électriques). L'onde parfaite est une sinusoïde d'amplitude 230 V, et d'une fréquence de 50 Hz. Mais les nouveaux usages, notamment tout ce qui transforme le courant alternatif en courant continu (chargeurs de téléphone portable, lampe LED) génère un "bruit" parasite qui s'ajoute au signal initial. La sinusoïde se retrouve déformée. » L'application d'une transformée de Fourier permet de visualiser directement ces perturbations, l'onde étant décomposée en sa fondamentale (la sinusoïdale initiale non déformée) et une série de sinusoïdes de plus faibles amplitudes, les harmoniques, responsables des perturbations (cf. schéma). « Pour une tension fournie de qualité, la somme des amplitudes des harmoniques (appelée "taux de distorsion harmonique totale" ou THD) ne doit pas dépasser 8% de l'amplitude de l'onde fondamentale, précise Florian Couronne, également ingénieur-chercheur au département MIRE. Car ces harmoniques engendrent des courants parasites qui chauffent les composants électroniques des usagers, ce qui peut mener à une casse du matériel. »

FILTRE ANTIHARMONIQUE

Au niveau de chaque équipement électronique, des normes d'application obligatoire limitent l'amplitude de chaque courant harmonique de manière à limiter le THD induit sur le réseau à moins de 8%. Sauf que ces normes ne sont pas toujours respectées. Il existe aussi des solutions locales, comme l'application de filtres antiharmoniques, mais c'est du cas par cas...



« Il faut aller sur site, trouver la source de la perturbation, et appliquer un filtre antiharmonique spécifique, détaille Kevin Lorenzo. C'est donc très ponctuel. »

Pour l'instant, les éléments perturbants sont en général de faible puissance et n'occasionnent que rarement des THD élevés. Mais cela va

Panneaux photovoltaïques, voitures électriques et pompes à chaleur sous la surveillance de l'IA

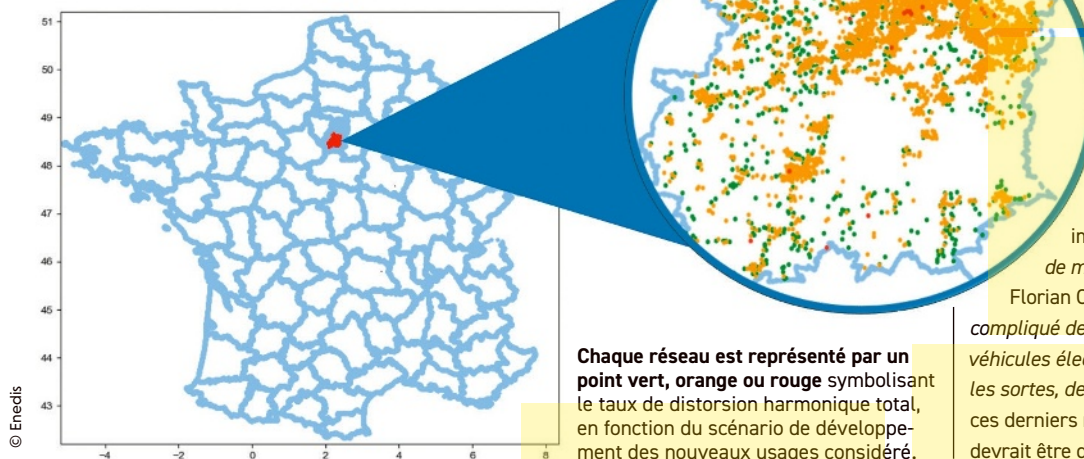
potentiellement changer avec le développement de trois types d'équipements contenant de l'électronique de puissance : les panneaux photovoltaïques, les voitures électriques et les pompes à chaleur. Avec des puissances de l'ordre du kilowatt, ils occasionneront des perturbations plus conséquentes. Comment vont-elles se répartir sur les 800 000 réseaux basse tension disséminés sur tout le territoire ? Estimer le THD par réseau

demanderait un grand nombre de simulations. Pour chacun, il existe une trentaine de paramètres (nombre de clients desservis, longueur des câbles, puissance du transformateur...) qu'il faut mettre en regard avec le taux de pénétration supposé de ces différents équipements jusqu'en 2035, horizon fixé par Enedis. Impossible de procéder de la sorte avec les 800 000 réseaux, d'autant plus qu'il faut considérer plusieurs scénarios de développement. Cela prendrait des dizaines d'années de simulation. D'où l'idée de recourir à l'intelligence artificielle pour optimiser ces calculs.

RÉGULARISATION DE TIKHONOV

« La première étape a consisté à lister tous les paramètres réellement influents sur les harmoniques, détaille Florian Couronne. Ensuite, nous avons élaboré une base d'apprentissage de 20 000 réseaux représentative pour des études harmoniques de ce que l'on peut trouver sur le territoire. Puis nous avons modélisé le comportement de ces réseaux grâce à un algorithme de type Machine Learning, avec des scénarios prenant en compte divers taux de pénétration des équipements. Nous sommes ainsi parvenus à mettre au point un algorithme final, un cœur de calcul, capable d'estimer le THD de n'importe lequel des 800 000 réseaux, en fonction d'une dizaine de paramètres seulement, et du taux de pénétration envisagé. » Pour la mise au point du cœur de calcul proprement dit, les ingénieurs ont passé au crible les différentes solutions existantes : réseaux de neurones, arbres de décisions, régressions à vecteurs de support... Ils ont choisi finalement un type hybride, conjuguant plusieurs des modèles ci-dessus, et utilisant une « régularisation de Tikhonov ».

Le résultat final se présente sous la forme d'une « carte de France du risque harmonique » (cf. illustration ci-contre), où l'état de chaque réseau apparaîtra selon un code couleur. L'entreprise sera alors à même d'ajuster la localisation et l'échéance de ses investissements pour renforcer le réseau. Une première mouture a été élaborée cette année, encore imparfaite. « Quelques paramètres de modélisation sont à revoir, conclut Florian Couronne. Il est notamment très compliqué de modéliser le comportement des véhicules électriques, car il en existe de toutes les sortes, de toutes les marques... » Une fois ces derniers réglages effectués, le logiciel final devrait être disponible courant 2021.



Chaque réseau est représenté par un point vert, orange ou rouge symbolisant le taux de distorsion harmonique total, en fonction du scénario de développement des nouveaux usages considéré.