



photographies peuvent être prises sous des angles différents et des luminosités variables. Par ailleurs, un poteau envahi de lichen n'aura pas la même couleur qu'un neuf. La lecture des images par l'algorithme est d'autant plus délicate. Et si certaines anomalies sont évidentes, comme un poteau penché, ou un isolateur brisé, d'autres sont plus subtiles. Par exemple, les anneaux qui portent les lignes HTA s'usent sous l'effet des frottements dus au vent. Neufs, ils mesurent 15 mm de diamètre. Ils doivent être changés lorsqu'ils n'en font plus que 5.

UNE DÉTECTION FIABLE

Détecter de si faibles écarts sur un cliché pris à une dizaine de mètres au moins est une gageure. « Pour parvenir à des résultats satisfaisants, nous devons bâtir une banque d'images exhaustive, continue Cécile Dondé. Actuellement, nous entraînons notre algorithme avec 10 000 images. Mais certaines anomalies rares ne sont pas bien documentées, il faut donc toujours compléter. Cela prend du temps. »

Afin de tester la faisabilité d'un tel projet, Enedis, avec le support de la direction R&D d'EDF, a organisé en 2019 un challenge

Nous entraînons notre algorithme avec 10 000 images. Mais pour documenter les anomalies rares, il faut toujours compléter

SAIRA (Système d'Analyse d'Images Réseau Automatisé) avec des fabricants de drones, des start-up ou des PME spécialisées dans l'intelligence artificielle, et des grands industriels. Les compétiteurs devaient examiner un jeu d'images comportant 30 sortes d'anomalies différentes. Les meilleurs ont relevé jusqu'à 70 % d'un type de défaut spécifique (par exemple, 70 % des lignes sectionnées présentes dans l'échantillon). Un résultat suffisamment bon pour être utilisé en appui opérationnellement, même si l'objectif fixé par Enedis est une détection de 95 % des occurrences, pour chaque catégorie d'anomalie.

Un nouveau challenge sera organisé en 2021, ce qui permettra de mesurer les progrès réalisés. Le projet, commencé il y a trois ans, pourrait aboutir d'ici à 2025. « Détecter 95 % des occurrences est un objectif élevé, conclut Cécile Dondé. D'autant plus qu'Enedis souhaite minimiser les fausses alarmes, ce qui nécessite un réglage délicat de la sensibilité. Nous obtenons d'ores et déjà des résultats satisfaisants quant à la reconnaissance des divers éléments du réseau. Il nous reste à progresser sur l'identification des anomalies. »

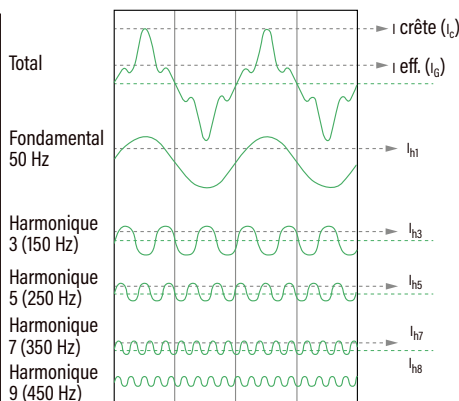
Aussi performant soit-il, un logiciel de reconnaissance d'images ne pourra qu'analyser celles prises lors des campagnes

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.

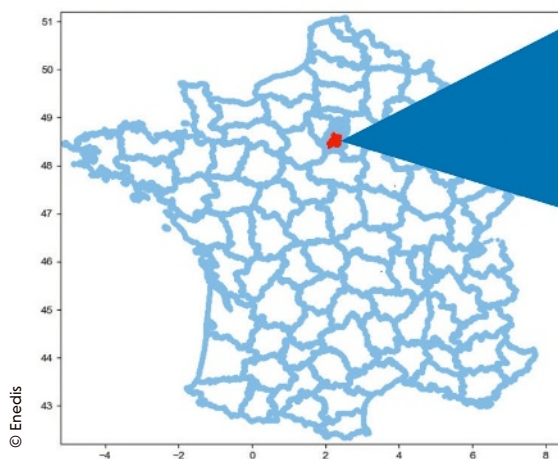
Pour chacun, il existe une trentaine de paramètres (nombre de clients desservis, longueur des câbles, puissance du transformateur...) qu'il faut mettre en regard avec le taux de pénétration supposé de ces différents équipements jusqu'en 2035, horizon fixé par Enedis. Impossible de procéder de la sorte 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.