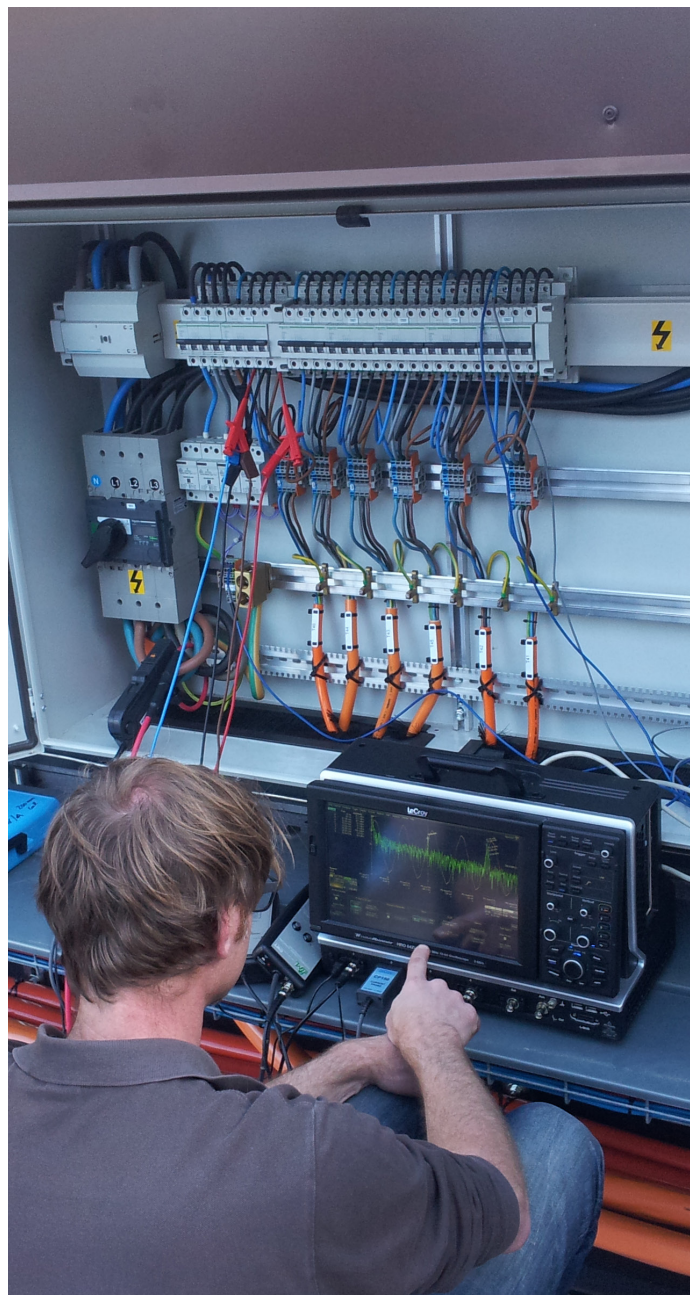


DES SMART METERS PAS PERTURBÉS

Les compteurs intelligents (smart meters) associent l'espoir de prestations innovantes et un esprit de compétition plus intense dans le secteur de l'alimentation électrique. Pour que les smart meters apportent une valeur ajoutée, ils doivent pouvoir communiquer avec l'exploitant de réseau avec la plus grande fiabilité. Le transport des données des smart meters via le réseau électrique serait pratique et économique mais cette voie de communication n'est pas encore fiable en toutes circonstances. Des scientifiques de la Haute École d'Ingénierie de Sion (VS) ont établi des bases pour la consolidation de la communication.

Les smart meters, des compteurs électriques équipés de fonctions de contrôle et de commande supplémentaires, sont sur toutes les lèvres. Au cours des dernières années, les producteurs-distributeurs d'électricité ont commencé à équiper les foyers et les entreprises de smart meters sur une surface plus ou moins étendue dans toute la Suisse. Les Services Industriels de Genève (SIG), pour citer un exemple, mènent différents projets pilotes sur le réseau de distribution genevois avec plusieurs centaines de smart meters. Et ce n'est qu'un début: le Conseil fédéral a récemment décidé que 80% des dispositifs de mesure d'une zone de desserte d'électricité seraient



Dominique Roggo, professeur à la HES-SO Valais-Wallis, pendant la mesure de perturbations sur une installation photovoltaïque. Photo: D. Roggo

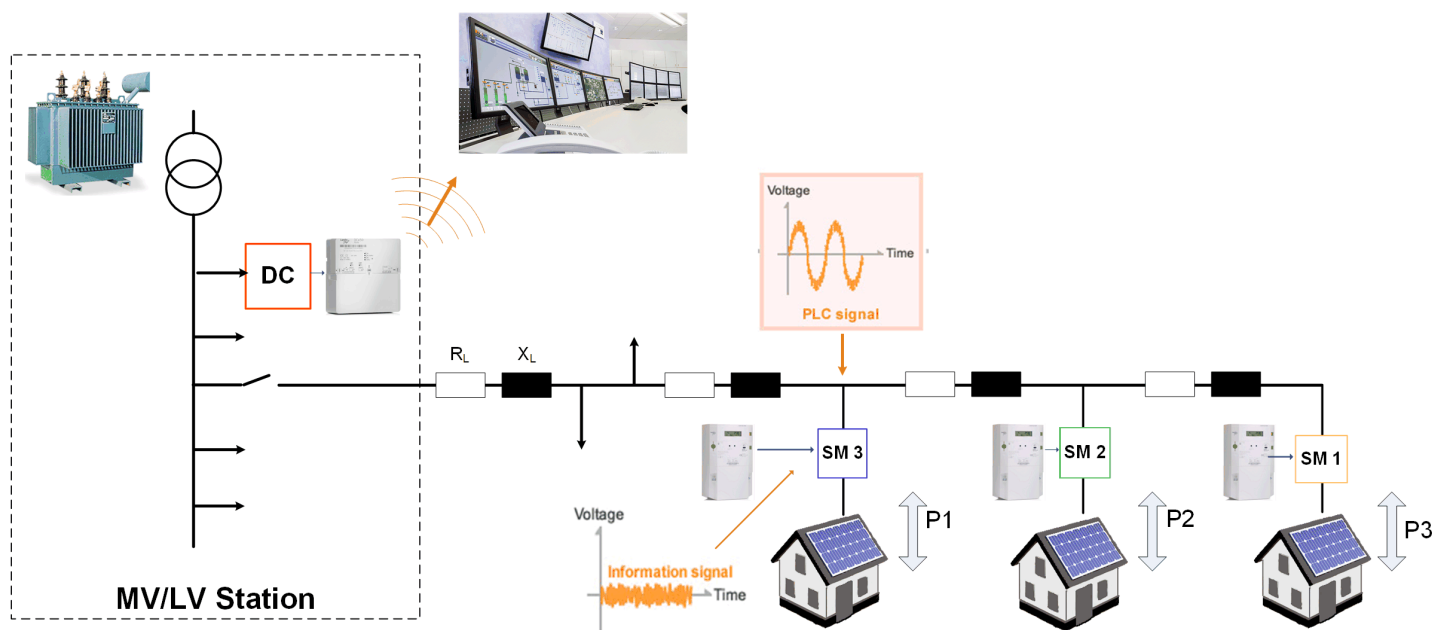
équipés de smart meters d'ici fin 2027. Pour le moment, il est encore difficile de déterminer avec certitude les fonctions que les compteurs intelligents prendront en charge à l'avenir. Il semble clair que les nouveaux appareils transmettent le niveau du compteur au moins une fois par mois à la centrale électrique afin que celle-ci puisse assurer la facturation.

Les smart meters offrent toutefois un potentiel beaucoup plus important. Ils ouvrent de nouvelles perspectives pour les services de conseil en énergie, le commerce de l'électricité et l'exploitation (presque) en temps réel du réseau. «Demand Response» ou «Demand Side Management» (maîtrise de la demande en énergie) comptent parmi ces possibilités: grâce aux smart meters, les consommateurs d'électricité (par ex. les pompes à chaleur) d'un foyer ou d'une entreprise peuvent être contrôlés intelligemment. Ils peuvent, par exemple, être activés ou désactivés en fonction du prix de l'électricité, ce qui permet d'optimiser les frais d'électricité dans un marché de tarification dynamique. Pour rendre de telles applications possibles, les smart meters doivent communiquer activement avec l'exploitant du réseau. Les données d'un foyer et d'une exploitation commerciale ou industrielle sont alors communiquées chaque heure ou plus souvent aux fournisseurs d'électricité. Et selon l'application, des informations circulent régulièrement dans l'autre sens, c'est-à-dire du fournisseur aux consommateurs.

Une transmission de données robuste par PLC

Pour rendre de telles applications possibles à l'avenir, une communication fiable des données entre les smart meters et les fournisseurs d'électricité doit être assurée. Une telle communication peut être établie par le biais du réseau mobile, de l'Internet ou d'un réseau optique, si un tel réseau est disponible. La possibilité la plus économique reste la transmission par courants porteurs en ligne (CPL) ou en anglais Power Line Communication (PLC), c'est-à-dire la transmission des données directement par le biais de la ligne électrique. De nombreux fournisseurs d'énergie favorisent cette voie, comme les SIG de Genève, car elle leur permet d'utiliser leur propre réseau électrique pour la transmission des données. Dans la pratique, la transmission de données part du consommateur jusqu'au prochain transformateur par le biais de la PLC. Les données y sont alors réunies dans un «concentrateur de données». La transmission des données entre le transformateur et la centrale a ensuite lieu par le biais de l'Internet ou de la radiocommunication. La voie de transmission est la même dans la direction opposée.

« Malheureusement, la circulation des données entre le consommateur et le transformateur par PLC n'est pas toujours garantie aujourd'hui », affirme Dominique Roggo, professeur à la Haute École d'Ingénierie de la Haute École spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) de Sion dans le canton du Va-



De plus en plus de foyers sont équipés de smart meters. Leurs données sont transmises à la centrale électrique ou à l'exploitant du réseau. Le réseau électrique (Power-Line-Communication/PLC) est souvent utilisé pour la transmission de données entre les smart meters et le transformateur (station MV/LV). Dans certaines circonstances défavorables, la qualité de cette transmission de données peut être altérée par l'onduleur et autres composants électroniques de puissance. Illustration : D. Roggo

lais. Dans un projet pilote intitulé REMIGATE réalisé sur deux ans et terminé en mars 2018, l'ingénieur électricien formé à l'EPF de Zurich et son équipe de chercheurs ont recherché une méthode visant à améliorer la robustesse de la PLC côté réseau. Les Services Industriels de Genève et le fabricant de compteurs électriques Landis&Gyr ont participé à ce projet. L'Office fédéral de l'énergie a financé les recherches dans le cadre de son programme pilote et de démonstration. Un soutien financier a également été obtenu auprès de EOS Holding et de la HES-SO dans le cadre du groupe de compétences SC-CER Furies. «Notre projet ne peut pas encore fournir de solution définitive. Nos résultats aident toutefois les exploitants des réseaux de distribution à identifier et à remédier aux perturbations survenant sur leurs réseaux », affirme Roggo.

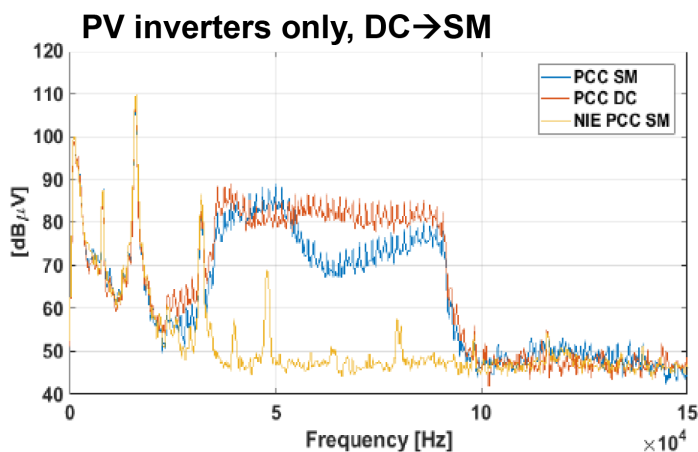
Défaillances provoquées par les convertisseurs

Pourquoi la communication rapide et robuste par PLC n'atteint-elle pas encore la qualité souhaitée? L'intégration fortement croissante d'électronique de puissance sur le réseau est l'une des raisons. Les convertisseurs installés pour transformer le courant alternatif en courant continu (ou l'inverse) en font partie; par exemple les onduleurs des installations photovoltaïques qui transforment le courant continu produit par l'énergie solaire pour pouvoir alimenter le réseau de courant

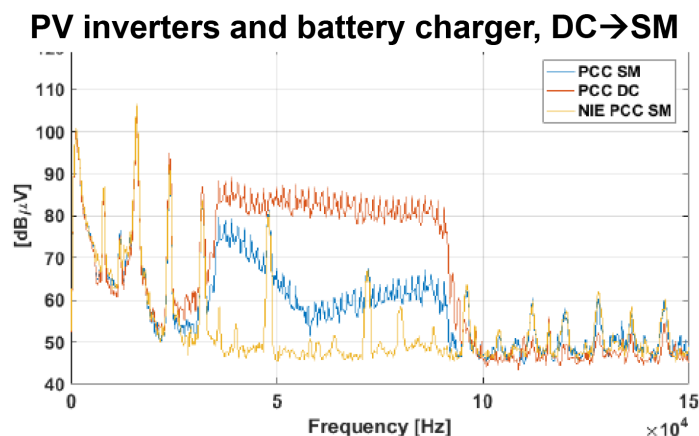


Mesure de terrain sur le réseau basse tension d'Avusy, une commune rurale dans le sud-ouest du canton de Genève. L'alimentation énergétique de deux installations photovoltaïques est mesurée à l'aide de smart meters. Le troisième compteur intelligent mesure la consommation électrique dans la maison. Photo: D. Roggo

alternatif 50 Hz. Des blocs d'alimentation potentiellement perturbateurs sont appliqués dans de nombreux autres appareils électriques, du chargeur de téléphone portable à la station de recharge pour voitures électriques en passant par les lampes à LED.



G3-PLC : 100%



G3-PLC : 0%

Les graphiques montrent l'intensité d'un signal de communication que l'exploitant du réseau de distribution transmet à un smart meter installé chez un client. La ligne rouge indique l'intensité du signal émis par le concentrateur de données (DC) situé à la station transformatrice. La ligne bleue indique l'intensité du signal lorsqu'il atteint le smart meter (SM). Sur les deux graphiques, le signal de communication est affaibli en fonction de la fréquence. Sur le graphique de gauche, l'affaiblissement du signal est provoqué uniquement par l'onduleur d'une installation photovoltaïque; les filtres CEM des deux appareils provoquent une atténuation plus importante du signal de communication. La ligne jaune indique les harmoniques (émissions indésirables/NIE). Il s'agit de perturbations provoquées par l'onduleur de l'installation PV (à gauche) ou par les convertisseurs de l'installation PV et du chargeur de batterie (à droite). On constate que les harmoniques ne surviennent que sur certaines fréquences. L'affaiblissement du signal par les filtres CEM concerne la plage de fréquence complète. Graphique: L. Capponi

Le problème: les onduleurs et autres composants électroniques de puissance fonctionnent avec une fréquence proche ou identique à celle utilisée pour la transmission des données par PLC (env. 35 à 91 kHz). Les émissions conduites générées à la fréquence de fonctionnement de l'onduleur ou à ses composantes harmoniques et les ondes des signaux des smart meters peuvent alors se superposer. Ces chevauchements (interférences) peuvent altérer la transmission des signaux. «De telles interférences ne sont pas problématiques lorsqu'un compteur intelligent transmet une valeur de mesure par mois. En revanche, elles représentent un sérieux problème lorsque les exploitants de réseau souhaitent fonder des réseaux intelligents », affirme Dominique Roggo.

Mesures sur le terrain à Avusy

Les influences perturbatrices des convertisseurs sur la transmission des données sont connues depuis longtemps. Mais désormais, les réseaux basse tension, sur lesquels de nombreuses installations PV sont raccordées, doivent être utilisés pour une communication intense des données des smart meters. Cela est possible uniquement à condition de contrôler les influences perturbatrices des convertisseurs. Les chercheurs de Sion ont abordé le problème en deux étapes. Dans un premier temps, ils se sont rendus à Avusy, une commune rurale dans le sud-ouest du canton de Genève. Ils y ont analysé une section du réseau basse tension des Services Industriels de Genève (SIG) qui inclut 60 maisons équipées de smart meters et huit installations photovoltaïques. Les scientifiques ont déterminé la qualité de la transmission en mesurant la qualité des données des smart meters d'une part et du concentrateur de données d'autre part, puis en comparant les résultats obtenus. La transmission était de moins bonne qualité lorsque les installations PV et les onduleurs correspondants étaient en service. Le niveau de pertes en termes de qualité dépendait du type d'onduleur utilisé.

Afin d'endiguer les influences perturbatrices des convertisseurs, ces derniers sont aujourd'hui équipés par défaut de filtres CEM (CEM pour: compatibilité électromagnétique) qui atténuent efficacement, même si pas entièrement, les harmoniques. Les filtres CEM ont toutefois un effet secondaire déplaisant: les effets de résonance des filtres peuvent altérer l'impédance du réseau électrique (impédance de réseau en fonction de la fréquence), et absorber les signaux émis par les smart meters lorsque les fréquences de résonances sont proches des fréquences utilisées par le système PLC. Autrement dit, l'ironie est que les filtres supposés assurer la transmission

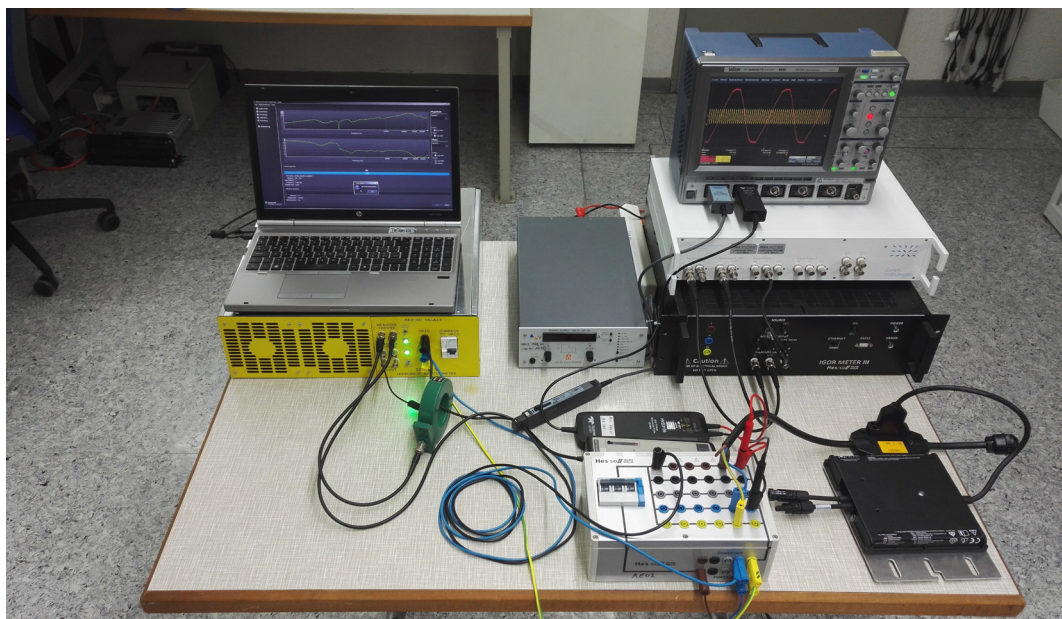
des données par PLC (en réprimant les harmoniques) peuvent l'altérer en influençant l'impédance du réseau. «À Avusy, nos mesures ont confirmé l'influence négative des onduleurs des installations photovoltaïques sur la communication des smart meters. Sur les réseaux basse tension avec plusieurs installations photovoltaïques, ils peuvent poser un sérieux problème», affirme Roggo.

Objectif à long terme de la simulation

Les chercheurs du Valais ont approfondi les résultats des mesures sur le terrain en laboratoire. À cette fin, ils ont construit une version simplifiée du réseau de distribution d'Avusy dans les sous-sols de la Haute École de Sion. Un analyseur réseau conçu par leurs soins («IGOR») a joué un rôle essentiel dans les mesures sur le terrain et au laboratoire en permettant aux scientifiques de déterminer l'impédance du réseau au niveau des fréquences de la communication PLC. Un effet secondaire bénéfique du projet fut que les chercheurs ont amélioré la qualité de mesure de cet appareil et réduit sa consommation

INPUT POUR LES ORGANISMES DE NORMALISATION

Dominique Roggo est membre du Comité technique 77A (compatibilité électromagnétique - phénomènes basse fréquence), de la Commission internationale électrotechnique (IEC), l'organisme international de normalisation compétent. Il est également membre du Comité spécial SC205 «Mains Communicating Systems» du Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC). Selon Roggo, les organismes de normalisation devraient être plus attentifs à l'atténuation des signaux due aux filtres CEM. Jusqu'à présent, ils se seraient principalement concentrés sur les dysfonctionnements dus aux harmoniques et réclamé à l'industrie la construction de filtres destinés à réduire efficacement les harmoniques. Les organismes de normalisation devraient obtenir une vue d'ensemble incluant également le prix, l'atténuation des signaux par l'impédance du réseau et la consommation énergétique des filtres, revendique Roggo: «Les filtres CEM réduisent l'efficacité énergétique des convertisseurs d'environ 0.5%. Une très forte atténuation des harmoniques provoque même des pertes pouvant atteindre 1%. Ici se cache un conflit d'intérêts ; nous risquons en effet de perdre une partie essentielle des économies d'énergie espérées avec les smart meters par l'installation des filtres, tout en sachant que l'utilisation des smart meters est impossible sans eux.» BV



La version actuelle (à gauche en jaune) et une version plus ancienne (à droite) de l'analyseur de réseau IGOR: les scientifiques du Valais ont pu améliorer continuellement la qualité de mesure de l'appareil et réduire sa consommation électrique à un cinquième. Photo: A. Ganchino

électrique à un cinquième. Ce dernier point est important pour assurer l'autonomie de l'équipement exploité indépendamment du réseau, afin qu'il ne fausse pas lui-même les résultats de mesure.

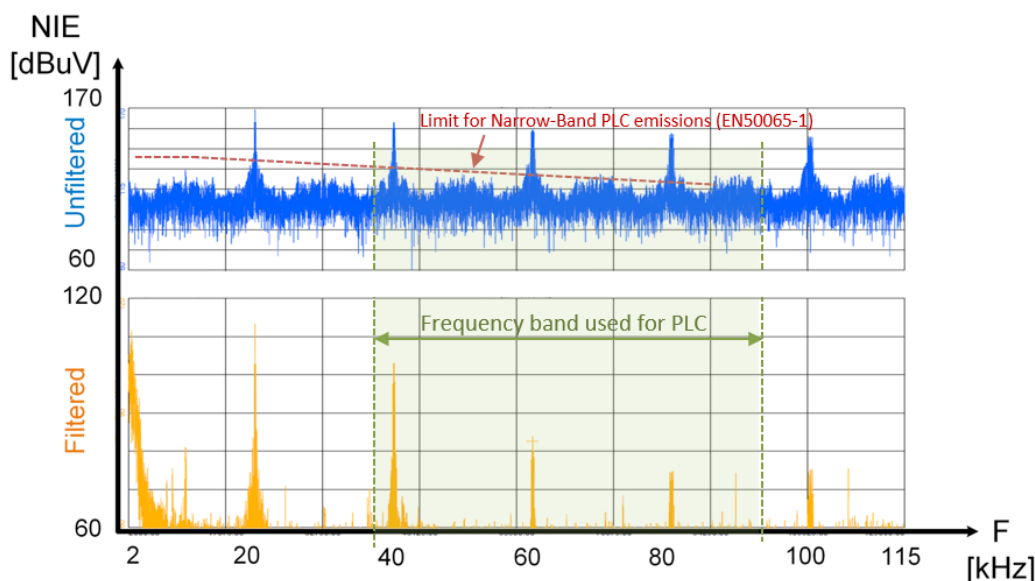
Le projet a contribué à une meilleure compréhension des filtres CEM sur les réseaux de distribution et de leur influence sur la communication PLC. Les résultats ont ainsi apporté une contribution pour les conditions réglementaires relatives aux

harmoniques (Non Intentional Emission/NIE) générées par des appareils raccordés au réseau (cf. zone texte p.4). Idéalement, le projet pilote aurait abouti à la conception d'un logiciel permettant aux exploitants de réseau de simuler leurs réseaux et de reproduire les perturbations provoquées par les convertisseurs et les filtres correspondants afin d'estimer leur impact sur la transmission des données des smart meters. « Jusqu'à présent, nous n'avons atteint cet objectif que partiellement. Les réseaux de distribution sont extrêmement com-

UN PROJET DE L'OFEN SE CONCENTRE SUR LA QUALITÉ DE LA TENSION

Les problématiques du projet pilote entre Valais et Genève, en plus des autres aspects concernant la qualité de la tension, seront approfondis au cours du nouveau projet «Optimisation de la planification et de l'exploitation des réseaux de distribution en tenant compte de la qualité de la tension» (OptiQ). Le projet de recherche sera dirigé par le professeur Michael Höckel de la Haute École Spécialisée de Berne, assisté par la Haute École spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO Valais-Wallis) et soutenu par sept exploitants de réseau, AEW Energie AG, BKW Energie AG, Energie Service Biel/Bienne, Energie Thun AG, EWZ, Bündner Repower AG et les Services Industriels de Genève. Le partenaire industriel Schaffner International AG mettra des solutions de filtres à disposition. L'OFEN soutient financièrement les travaux.

Le projet, qui a débuté mi-2017 et s'étendra sur les trois prochaines années, analyse en particulier la qualité de la tension sur les réseaux basse tension. La qualité est justement fortement influencée par la présence croissante de l'électronique de puissance, comme les convertisseurs des installations PV (décrité dans l'article principal) susceptibles de modifier significativement l'impédance du réseau dans sa réponse en fréquence. La mesure et la simulation permettent d'établir des bases et d'élaborer des recommandations en collaboration avec les exploitants de réseaux. Des outils pour la planification du réseau cible sont également développés. BV



La plage de fréquence de 35 à 91 kHz est appliquée pour la communication des données des smart meters. Le Comité européen de normalisation électrotechnique (CENELEC) a fixé des valeurs maximales situées entre 120 dB et 134 dB (ligne rouge) pour les signaux PLC. Les valeurs maximales assurent que les signaux PLC ne puissent pas endommager les autres composants raccordés au réseau électrique. Les onduleurs des installations photovoltaïques génèrent toutefois des harmoniques indésirables (« non intentional emissions »/NIE, en bleu), susceptibles d'interférer avec le signal PLC et d'entraîner ainsi un dépassement de la valeur maximale déterminée par le CENELEC. Les harmoniques des onduleurs sont filtrées afin d'éviter ce dépassement: ce filtrage permet de respecter les valeurs maximales du CENELEC (orange). Graphique: D. Roggo

plexes et représenter tous les composants et leurs influences respectives par simulation est tout aussi complexe », affirme Roggo. Sa déclaration exprime la volonté de concevoir une simulation que les exploitants de réseaux pourraient intégrer aux modèles existants. « Développer un produit commercial à partir de nos découvertes serait une mission fascinante pour une Spin-off. »

Déterminer les positions optimales pour les smart meters

Les exploitants de réseaux comme les SIG suivent les activités de recherche actuelles avec un grand intérêt. « Nous acquérons ici un important savoir-faire qui nous permettra à l'avenir de proposer des solutions fiables à nos clients », affirme Fabrice Decorvet, qui a accompagné le projet pilote du côté des SIG. « Les études ont permis de créer des outils de simulation nous permettant de déterminer les points d'installation optimaux pour les compteurs communicants sur notre réseau de distribution. Nous sommes en mesure de détecter plus rapidement les problèmes de communication PLC et d'agir efficacement. Finalement, le projet fournit les informations nécessaires pour nous permettre d'équiper les réseaux en fonction de nos besoins. »

➤ Dr. Michael Moser (michael.moser[at]bfe.admin.ch), directeur du programme de recherche de l'OFEN sur les

réseaux, communique des **informations supplémentaires** sur le projet.

➤ Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets phares et de recherche, les projets pilotes et les démonstrations dans le domaine des réseaux sur www.bfe.admin.ch/CT/strom.

PROJETS PILOTES, DE DÉMONSTRATION ET DES PROJETS PHARES

Le projet REMIGATE de la Haute École spécialisée de Suisse occidentale (HES-SO) de Sion dans le canton du Valais pour la communication entre les smart meters compte parmi les projets pilotes et de démonstration par lesquels l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) soutient l'application économique et rationnelle de l'énergie et encourage l'utilisation des énergies renouvelables. L'OFEN soutient les projets pilotes, de démonstration et les projets phares par une participation jusqu'à concurrence de 40% des dépenses imputables non amortissables. Des requêtes peuvent être déposées à tout moment.

➤ www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration,
www.bfe.admin.ch/leuchtturmprogramm