

SURVEILLANCE DE RÉSEAU POSSIBLE VIA LE RÉSEAU

Des réseaux bien surveillés sont essentiels pour une alimentation électrique fiable. Des systèmes de surveillance aident à détecter et à éliminer rapidement d'éventuelles défaillances. Un système correspondant existe réellement depuis des années sur le réseau de transmission européen. A l'avenir, des systèmes de surveillance comparables devraient être appliqués également sur le réseau de distribution. Pour cela, des scientifiques de la Haute école de Lucerne travaillent sur une communication de données économique et fiable par le biais du réseau électrique (PLC). Ils développent ainsi le fondement pour des systèmes de surveillance performants basés sur des unités de mesure de vecteurs de phase (PMU) et créent des solutions de protection et d'automatisation.



Prof. Ulrich Dersch sur le campus de la Haute école de Lucerne - technique & architecture à Horw. Les poteaux électriques en arrière-plan sont une extension de l'essai en laboratoire avec lequel les chercheurs lucernois ont analysé les exigences de latence vis-à-vis de la transmission de données PMU par le biais du réseau moyenne tension. Photo: B. Vogel

Les câbles conducteurs des réseaux électriques sont utilisés depuis longtemps pour transmettre des informations en plus de l'électricité. C'était le cas des programmes radio, des conversations téléphoniques, des signaux de commande pour les appareils électriques et, plus récemment, des données informatiques. La transmission de données par le biais du réseau électrique, également nommée «communication par courants porteurs en ligne» ou PLC pour Power Line Communication, présente un grand avantage: au lieu de devoir construire un réseau électrique ou radio propre, il est possible d'utiliser les câbles en cuivre disponibles. De cette façon, il est possible de créer des réseaux d'ordinateurs sans poser de nouveaux câbles ou de prolonger la connexion internet à un taux de transfert élevé d'un routeur à une pièce voisine.

L'utilisation de la PLC permet d'économiser de l'argent et du poids. Ces avantages rendent la communication par courants porteurs en ligne intéressante pour les applications comme, par exemple, la communication des données dans les trains ou les avions. Un Airbus 380 comprend 500 km de câbles de données d'un poids total de 5,7 tonnes. «La PLC permet d'économiser un poids pouvant atteindre une tonne dans un gros-porteur et des coûts considérables en utilisant le réseau de bord des trains pour la transmission des données», affirme le prof. Ulrich Dersch de la Haute école de Lucerne technique & architecture (HSLU) à Horw. Le docteur en physique a réalisé des recherches dans le domaine de la PLC pendant deux décennies avant de devenir chargé de cours et chercheurs à la HSLU en 2008.

Les réseaux moyenne tension sous contrôle

La PLC pour les avions et les trains sont des domaines de recherche actuels que Dersch et son équipe de 20 chercheurs traitent au centre de compétence pour capteurs et réseaux intelligents (CC ISN) de la HSLU. L'application de la PLC promet également de grands avantages dans le domaine du réseau électrique. En Suisse, ce dernier se compose du réseau haute et très haute tension national exploité par Swissgrid ainsi que de réseaux de distribution sur les niveaux de moyenne et basse tension exploités par environ 600 exploitants de réseaux de distribution. Le réseau de distribution européen est déjà équipé d'un système de surveillance moderne depuis des années. Il permet de détecter l'état du réseau en temps réel dans le centre de contrôle Swissgrid d'Aarau et d'agir sans délai. Le système de surveillance se base sur des appareils de mesure installés sur des nœuds de réseau très éloignés les uns des autres (unités de mesure de vecteur de phase / PMU)

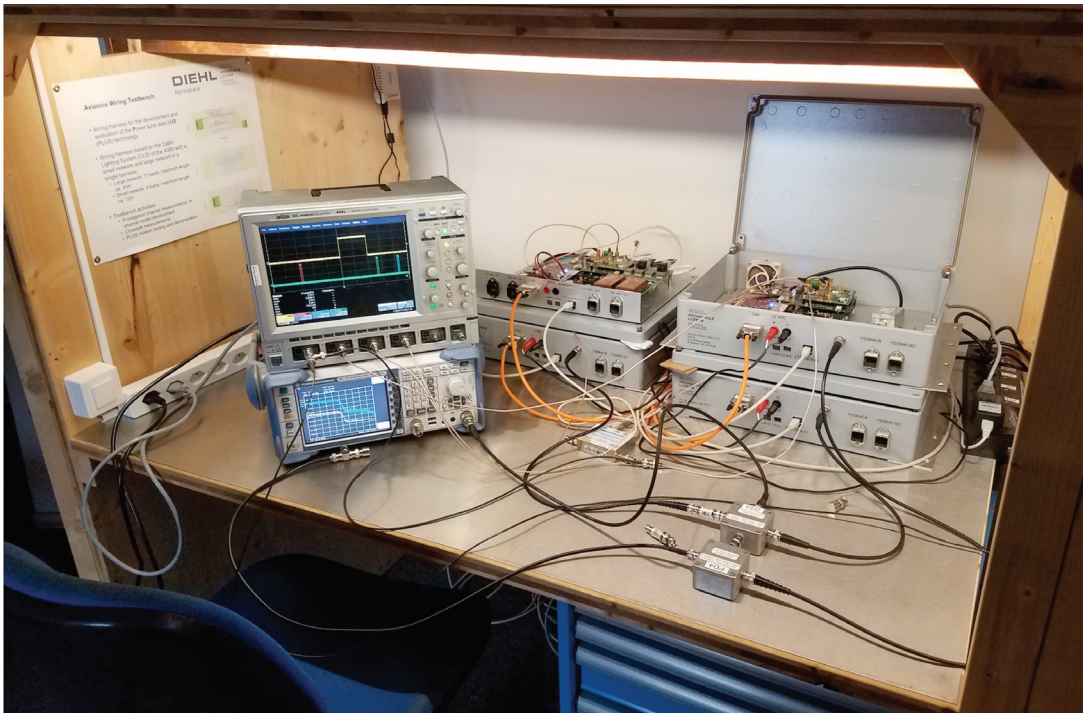
qui détermine la tension et le courant 50 fois par seconde et transmettent les données de mesure à la centrale Swissgrid pour l'évaluation. Toutes les données sont horodatées. Ainsi, la surveillance de l'état du réseau complet peut avoir lieu pratiquement en temps réel.

Un système de surveillance comparable est également souhaitable pour les réseaux de distribution. En raison de l'alimentation de plus en plus décentralisée en électricité issue du soleil, de la biomasse et du vent, ces réseaux électriques nécessitent également une surveillance fiable. Toutefois, le système de surveillance européen avec PMU ne peut pas être appliqué précisément de la même manière sur les réseaux

COMMENT LES PMU IDENTIFIENT L'ÉTAT D'UN RÉSEAU ÉLECTRIQUE

Depuis quelques années, des systèmes «Wide Area Monitoring & Control» (WAMC) sont appliqués sur les réseaux de transmission pour la détection, l'analyse et l'élimination précoces d'écarts de tension et de fréquences ainsi que de phénomènes d'oscillation. Ce faisant, les «Phasor Measurement Units» (PMU) réparties sur le réseau mesurent généralement l'amplitude de la tension et du courant 50 fois par seconde. La tension et le courant sont des oscillations sinusoïdales harmonieuses dont on peut représenter l'amplitude, la fréquence et l'angle de phase sous la forme d'un vecteur de phase. Les PMU sont synchronisées avec la plus grande précision sur une heure commune. Les valeurs de mesure des PMU permettent par exemple de consulter l'état du réseau et les phénomènes dynamiques comme les oscillations de puissance ou encore de localiser les erreurs. À l'avenir, les PMU pourraient apporter une importante contribution pour la protection du réseau.

Pour pouvoir comparer les valeurs de mesure des PMU entre elles, chaque mesure est horodatée avec une extrême précision (de l'ordre de la micro/nanoseconde); avec l'horodatage, le vecteur de phase devient un synchrophaseur. Ce système nécessite une heure de référence. L'heure de référence peut être déterminée, par exemple, avec un signal GPS si un tel signal est disponible ou avec un protocole réseau, un processus qui synchronise les appareils associés au réseau. Les PMU doivent transmettre les données de mesure très rapidement (latence brève) à l'unité d'analyse centrale pour leur traitement. BV



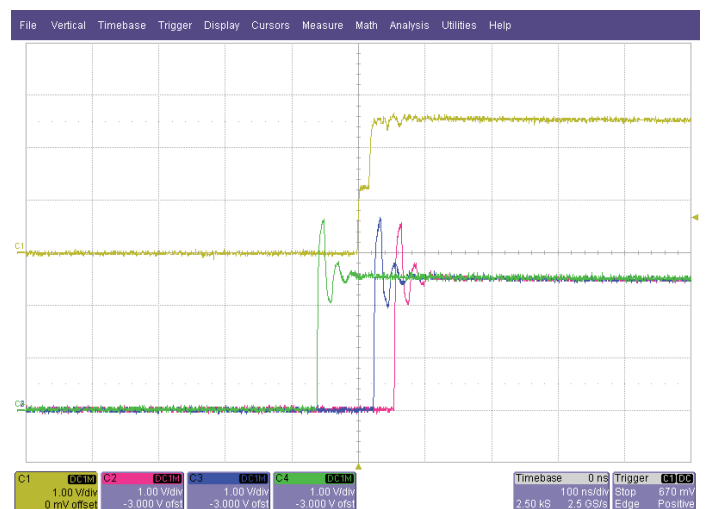
Pièces de la structure d'essai en laboratoire de la Haute école de Lucerne - technique & architecture. Photo: HSLU

de distribution car les lignes de ces derniers sont plus courtes. Par conséquent, les PMU doivent être synchronisées avec plus de précision. Zaphiro Technologies, par exemple, propose des PMU adaptées pour le réseau moyenne tension. La start-up de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) a conçu, entre autres, cette technologie dans le cadre d'un projet P+D de l'Office fédéral de l'énergie et l'a testé avec succès sur le réseau de distribution de la ville de Lausanne. Le second problème est la transmission rapide et fiable des données PMU précisément horodatées (c'est-à-dire avec un temps de latence suffisamment court) à la centrale. L'équipe de chercheurs d'Ulrich Dersch souhaite atteindre ces deux objectifs, une transmission rapide des données et la synchronisation précise simultanée avec le signal PLC sur le réseau de distribution moyenne tension en utilisant le réseau électrique lui-même pour la transmission des données. Les scientifiques ont élaboré les bases de 2016 à 2018 au cours de deux projets de recherche financés par l'OFEN.

La PLC assure l'évaluation des données PMU.

Les principaux résultats de ces études se résument en un chiffre. Avec leur premier projet, les chercheurs lucernois montrent que les différentes PMU peuvent être synchronisées avec une précision de 0,5 microsecondes sur le réseau moyenne tension, et ce, sans recourir à une solution GPS: une solution hautement précise mais relativement chère et sujette

aux défaillances. Ce résultat promet une marge élevée comparé à la valeur maximale de 3,1 microsecondes applicable aux réseaux haute et très haute tension. Cette synchronisation est-elle toutefois suffisamment précise pour assurer la surveillance stable d'un réseau moyenne tension à l'aide de PMU? «Cette question n'a pas encore de réponse définitive. Pour cela, nous devons réaliser d'autres analyses sur un réseau moyenne tension réel», affirme Ulrich Dersch.



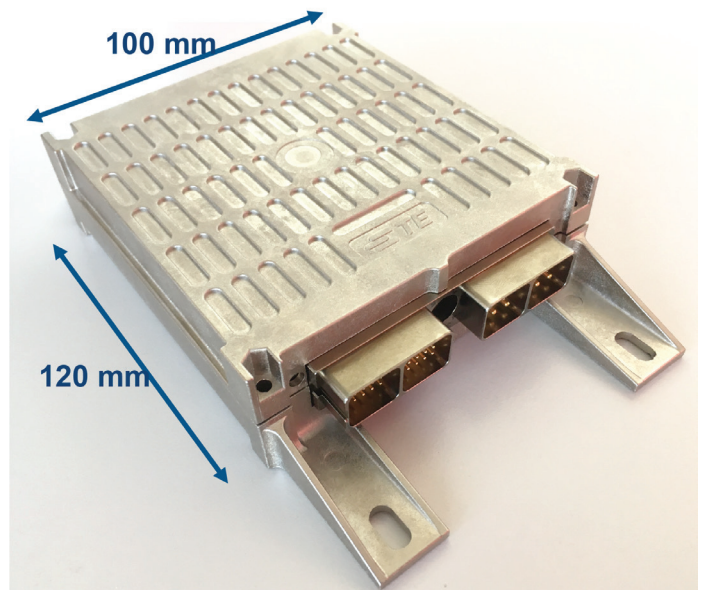
Exemple de synchronisation de trois modems PLC à l'aide d'un signal de référence (jaune). La subdivision de l'axe x est 100 nanosecondes (ns). On reconnaît que les trois modems sont synchronisés sur une plage de +/- 150 ns. Graphique: HSLU

Avec les essais au laboratoire et un essai ultérieur approfondi réalisés lors du second projet terminé à la fin de l'année 2018, les chercheurs ont prouvé qu'il était possible d'obtenir une latence inférieure à 20 millisecondes des PMU à l'unité d'analyse centrale pour la transmission de données par PLC sur le réseau moyenne tension. Selon Dersch, «si ces résultats devaient se confirmer sur le terrain, la technologie PLC serait une solution très économique pour la communication des données et la synchronisation temporelle pour des solutions d'automatisation et de protection très performantes basées sur la surveillance PMU sur le réseau moyenne tension».

La question reste ouverte quant à la manière dont la PLC se différencie des autres technologies de communication possibles (telles que la radio mobile, la fibre optique), notamment en termes de coûts. Ulrich Dersch et son équipe de chercheurs souhaitent répondre à cette question en collaboration avec le groupe BKW et le fournisseur de technologie PMU Zaphiro dans le cadre d'un projet pilote de l'OFEN.

Des solutions économiques pour la surveillance du réseau de distribution

Dr Michael Moser, responsable du programme de recherche sur les réseaux à l'Office fédéral de l'énergie, est convaincu qu'une solution adaptée fera l'objet d'une grande demande: «Avec la consolidation du photovoltaïque et d'autres alimen-



Prototype actuel du modem PLC de la Haute école de Lucerne - technique & architecture. Photo: HSLU

tations électriques décentralisées, les exploitants de réseaux de distribution auront besoin de solutions économiques pour la surveillance et l'automatisation de leurs réseaux moyenne et basse tension», affirme Moser.

Il fait référence à des solutions innovantes déjà conçues au

L'EXEMPLE ESPAGNOL

Aujourd'hui, la transmission de données par le biais du réseau à basse tension est appliquée avec succès des millions de fois dans le monde pour la lecture à distance des compteurs. Jusqu'à présent, la PLC est moins répandue sur les réseaux moyenne tension. Ulrich Dersch prend le groupe espagnol Iberdrola SA comme exemple d'utilisation du réseau moyenne tension pour la transmission des données. Depuis 2008, l'entreprise a équipé environ onze millions de clients avec des smart meters. Les données sont transmises par le biais du réseau basse tension avec la PLC à des concentrateurs de données des postes de transformations locaux. Les données parcourent le chemin en sens inverse entre les postes de transformation et la centrale du groupe par PLC en partie par le biais des lignes moyennes tension. Pour cela, des cellules de 10 à 15 postes de transformation sont formées. Ces dernières communiquent entre elles et les données sont finalement acheminées vers un point à partir duquel elles parviennent à la centrale par le biais d'une connexion au réseau public (DSL, téléphonie mobile).

Même si Iberdrola n'utilise pas la PLC pour surveiller le réseau jusqu'à présent, les expériences récoltées depuis bientôt 10 ans montrent que la PLC fonctionne aussi au niveau de la moyenne tension de manière fiable et économique. Avec 99,95%, la disponibilité moyenne mesurée des installations PLC est nettement plus élevée que celle des installations de télécommunication de 99,6%. La différence est mise en évidence lors de la comparaison des temps de panne annuels en valeurs absolues: 35 heures par rapport à 4,5 heures. BV

cours des dernières années sous le nom de Gridbox, GridEye et GridSense (cf. article spécialisé OFEN «Le réseau a des yeux», consultable sur www.bfe.admin.ch/CT/electricite). Ces derniers et d'autres systèmes comparables requièrent une base temporelle aussi précise que possible et doivent notamment communiquer leurs données. Les expériences réalisées jusqu'à présent montrent que la synchronisation temporelle par le biais d'antennes GPS est relativement coûteuse et sujette au sabotage, comme Michael Moser l'explique: «Les connaissances acquises par les chercheurs lucernois concernant la transmission des données par le réseau électrique peuvent permettre de contribuer à la percée des systèmes de surveillance au niveau des réseaux de distribution.»

- Vous trouverez les **rapports finaux** des deux projets de la HSLU «Precise Time Synchronization of Phasor Measurement Units with Broadband Power Line Communications» et «Mission- & Time Critical Medium Voltage Broadband Power Line Communications pour applications de vecteur de phase sur le réseau de distribution» sur: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=38158> et <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=40191>
- Le professeur Ulrich Dersch ([ulrich.dersch\[at\]hslu.ch](mailto:ulrich.dersch[at]hslu.ch)), directeur du centre de compétence Intelligent Sensors and Networks à la Haute école de Lucerne - technique & architecture, communique des **informations** 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/ec-electricite.