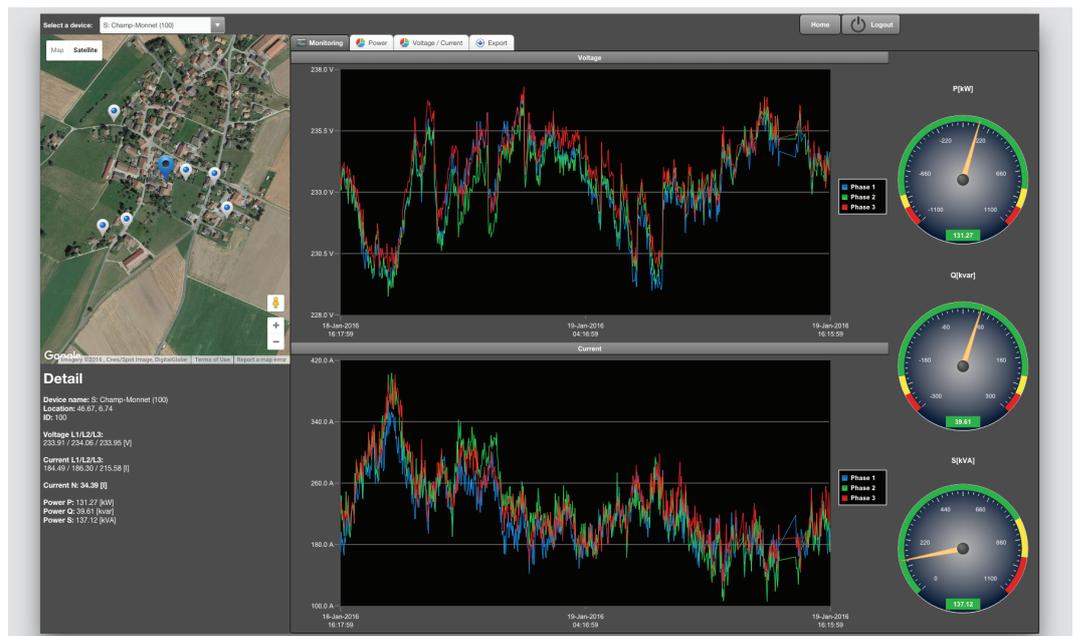


Le réseau a des yeux

Différentes équipes de chercheurs suisses travaillent actuellement sur des techniques pour le monitoring et la commande en temps réel de réseaux de distribution d'électricité. À l'avenir, les systèmes devraient être appliqués, entre autres, sur les réseaux électriques avec installations de production décentralisées afin d'assurer leur exploitation conforme. La technologie GridEye de la société romande DEPsys tente de concilier les avantages de différentes approches dans un système commercialisable.



L'illustration montre comment les données de mesure d'un module GridEye sélectionné (site mis en évidence en bleu en haut à gauche sur la photo) sont traitées dans le poste de conduite. Les deux graphiques montrent les données pour la tension (en haut) et l'intensité (en bas) sur une période de 24 heures. Photo : DEPsys

Dr. Benedikt Vogel, sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN)

La production décentralisée d'électricité renouvelable avec des modules photovoltaïques, des turbines éoliennes ou des installations de biogaz est un défi pour les exploitants de réseaux électriques. Lors de la construction, les réseaux ont en effet été disposés pour des centrales de grande puissance, c'est-à-dire en tant que système hiér-

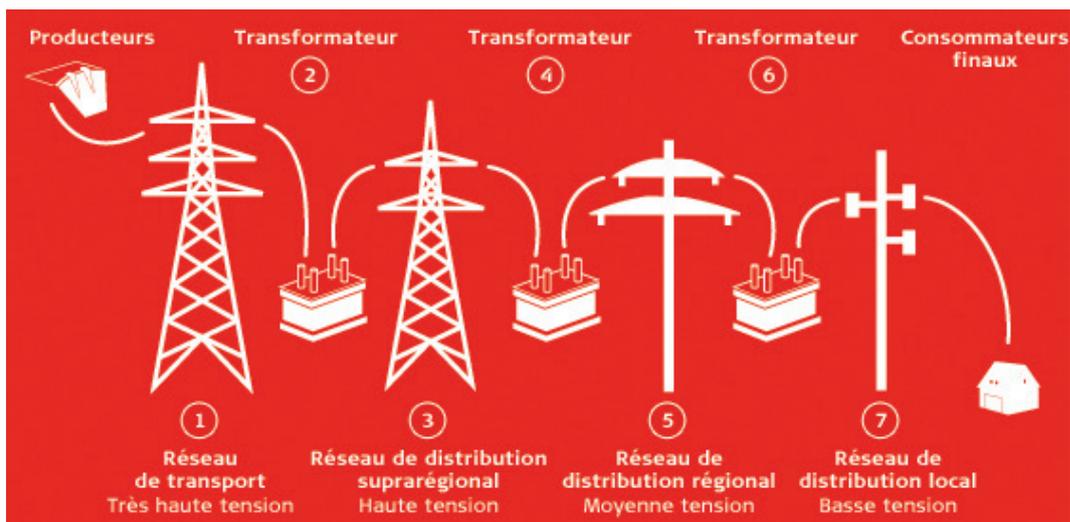
archisé dans lequel le courant circule de haut en bas : le courant des centrales de grande puissance et de l'importation est transmise en haute et très haute tension (plans de réseau 2 et 3) puis transformé en basse et moyenne tension et apporté aux consommateurs électriques (plans de réseau 5 et 7). Il en résulte un réseau électrique qui se ramifie de plus en plus. Aujourd'hui toutefois, l'énergie ne circule plus uniquement en « top-down » : de plus en plus de centrales électriques décentralisées

Article spécialisé concernant les connaissances acquises lors de plusieurs projets de recherche dans le domaine des réseaux soutenu financièrement par l'Office fédéral de l'énergie. L'article a été publié, entre autres, dans le magazine spécialisé Bulletin SEV/VSE (édition mai 2016).



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'énergie OFEN



Grâce à l'infrastructure de mesure renforcée, la société nationale Swissgrid a une bonne connaissance du réseau haute et très haute tension (plans de réseau 1 et 3). Actuellement, un tel monitoring n'est pas encore possible pour les réseaux de distribution (plans de réseau 5 et 7) dans la plupart de cas. Graphique : Swissgrid

apparaissent sur le plan de réseau 7 de même que plus d'accumulateurs pour, par exemple, stocker provisoirement le courant solaire jusqu'à ce que les consommateurs l'utilisent. Les réseaux sont confrontés à des défis pour lesquels ils n'ont pas été conçus au départ.

Une installation photovoltaïque seule ne suffit pas pour rétablir l'équilibre du réseau. En cas de renforcement massif de la production d'électricité solaire comme on l'observe par exemple dans le sud de l'Allemagne, les lignes existantes atteignent leurs limites. Dans de cas extrême, il en résulte des surcharges ainsi que des pointes et des variations de tension non conformes. L'approche conventionnelle pour résoudre ce problème serait un renforcement des réseaux de distribution mais les coûts seraient élevés. C'est pourquoi de nombreux acteurs perçoivent la solution dans l'équipement des réseaux de distribution en systèmes de monitoring et de commande. Ces infrastructures de mesure permettent aux exploitants d'obtenir des informations en temps réel sur les flux de puissance dans leurs réseaux de distribution. L'idée de base est que les exploitants de centrales électriques décentralisées peuvent utiliser ces connaissances pour commander des accumulateurs ainsi que de petites et grandes charges afin de rendre

un renforcement du réseau inutile ou au moins de le retarder. En outre, les systèmes de monitoring et de commande présentent une série d'avantages supplémentaires : les exploitants de réseau, par exemple, sont ainsi en mesure de prouver le respect des normes relatives à l'exploitation de réseaux (comme la norme EN 50160) aux autorités de contrôle. Ou encore ils permettent de ne pas installer de transformateurs surdimensionnés et ainsi, inutilement chers.

Central versus décentral

Les réseaux électriques qui permettent l'intégration économique et fiable des énergies renouvelables sont ce qu'on appelle « Smart Grid ». L'apparence concrète d'un Smart Grid est longtemps restée vague mais la notion gagne de plus en plus en clarté. Actuellement en Suisse, plusieurs équipes travaillent sur des systèmes en mesure de revendiquer le nom Smart Grid pour leur concept. Le point de départ est l'idée d'équiper le réseau de distribution d'instruments de mesure sur des points stratégiques - stations de transformateurs, boîtiers de distribution, foyers - et d'analyser les données de mesure ainsi obtenues. Les données de mesure peuvent être transmises sur un serveur central, rester sur place ou permettre les deux options.

3 Le réseau a des yeux

Dans la variante centralisée, les données sont transmises à un serveur, y sont traitées et les résultats sont analysés pour commander les installations de production décentralisées, les accumulateurs et les consommateurs afin d'exploiter le plus d'installations possible sur le réseau de distribution sans altération du confort et le moins de développement du réseau possible. C'est précisément ce que permet le système Gridbox que la BWK et ewz testent actuellement dans le cadre de deux essais pilotes dans l'Oberland bernois et à Zurich-Affoltern (cf. « Des réseaux de distribution intelligents » sur www.bfe.admin.ch/CT/strom).

Le système industrialisé GridSense du groupe Alpiq InTec poursuit le même objectif mais avec une autre technologie (cf. « L'intelligence collective pour le réseau électrique » sur www.bfe.admin.ch/CT/strom). La technologie développée par la Haute École Spécialisée de la Suisse italienne (SUPSI) se compose d'instruments de mesure et de commande au fonctionnement indépendant monté dans tous les foyers. Contrairement au système Gridbox, les données de mesure ne sont pas traitées sur un serveur central. Chaque appareil GridSense fonctionne de manière autonome et convertit lui-même les valeurs de tension mesurées en ordre de commande en appliquant un algorithme. « Le système GridSense ne requiert pas de serveur central et aucun transfert de données

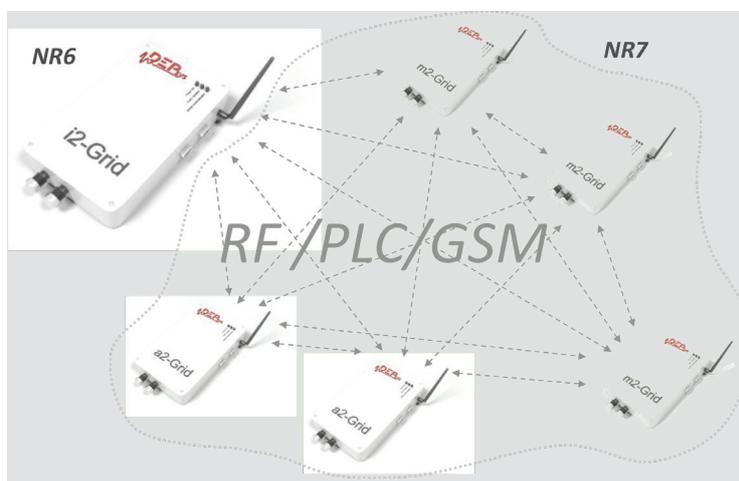


Boîtier de distribution avec un module Grid-Eye. Photo : DEPSys

entre un serveur et les modules de mesure et de commande répartis sur le réseau. Si le système Gridbox provoque la panne du serveur central ou une panne du système de communication des données, le concept GridSense fonctionne même en cas de panne d'un seul module », affirme Dr. Michael Moser, responsable du programme de recherche de l'OFEN relatif aux réseaux qui a financé les deux projets. « Le système Gridbox n'enregistre pas uniquement plus de paramètres de mesure mais également plus souvent. Cela permet une description de l'état du réseau de meilleure qualité ainsi qu'une optimisation du réseau complet tandis qu'avec le système GridSense, l'optimisation se base sur un environnement local. »

Des modules indépendants

L'idéal serait un système qui combine les avantages des deux approches. C'est exactement



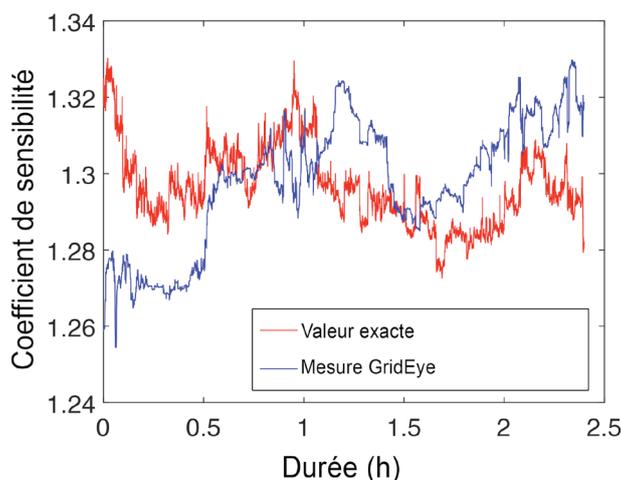
Les modules GridEye du réseau de distribution (NR 7) communiquent soit par fréquence radio (RF), ligne électrique (Powerline Communication/PLC) ou par télécommunication (GSM). L'appareil i2-Grid envoie les données au système de gestion mais ne réalise aucune analyse et n'a donc pas la fonction d'appareil maître. Illustration : DEPSys

ce que la société DEPsys a développé avec le système GridEye. DEPsys est ressortie de la Haute École d'Yverdon (HEIG-VD) en tant que Start-up. Entretemps, l'entreprise avec son siège au parc technologique Y-Parc (Yverdon) compte huit collaborateurs. Comme avec les systèmes Gridbox et GridSense, GridEye implique également l'installation de boîtiers de mesure sur le réseau électrique. Ces derniers mesurent la tension sur les points de réseau correspondant. Les informations obtenues sont utiles pour le monitoring réseau : Depuis 2014, les usines industrielles Yverdon ont acquis un total d'env. 10 modules GridEye et surveillent ainsi env. 1000 consommateurs électriques. Depuis 2014, env. 10 modules GridEye ont réussi un test réalisé pendant 15 mois avec le fournisseur d'électricité Romande Energie.

de commande de réseau sur un vaste champ d'essai à tour de rôle entre Lausanne et Genève de 2017 à 2020.

Des avantages combinés

Un point important différencie le système GridEye du système Gridbox : les modules GridEye échangent les données entre eux mais ne doivent pas les transmettre à un serveur central pour les traiter. Le système GridEye fonctionne de manière décentralisée, c'est-à-dire que chacun de ses modules traite les données de mesure locales sur le point de réseau sur lequel il est installé. L'innovation clé est un algorithme qui permet de calculer le coefficient de sensibilité par intervalle de 60 secondes (cf. zone texte) - une valeur de référence qui permet de consulter quelles modifications de tension ont comme consé-



Le graphique montre le coefficient de sensibilité mesuré (bleu) et concret (rouge) sur un point de réseau équipé d'un module GridEye (sur une période de 2,5 heures). Le système GridEye établit une déclaration sur l'état actuel du réseau de distribution sur la base des coefficients de sensibilité. Graphique : DEPsys

Dans le cadre du projet financé par l'OFEN (de 2014 à 2016), le DEPsys va maintenant un peu plus loin : en collaboration avec l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) et la Haute École d'Yverdon, les chercheurs ont conçu un nouvel algorithme. Grâce à cette mise à jour du logiciel, les modules GridEye sont en mesure de commander les centrales électriques décentralisées, les accumulateurs de batteries ou les charge d'un réseau basse tension de telle sorte que les pannes (surcharges, oscillations et pointes de tension non conformes) peuvent être évitées. Le fournisseur d'électricité Romande Energie souhaite tester le nouveau système de monitoring et

quence l'alimentation et le retrait des centrales électriques et des accumulateurs répartis sur le réseau sur un certain point de ce dernier. Trois technologies peuvent être utilisées pour la communication des données entre les modules GridEye (PLC, fréquence radio ou GSM). Un projet de la CTI (Commission pour la technologie et l'innovation) analyse actuellement les exigences correspondantes et les meilleures solutions en collaboration avec la Haute École d'Yverdon.

« GridEye est un élément intermédiaire entre un système centralisé et un système décentralisé et c'est ce qui fait son charme », affir-

me Michael Moser, expert réseau à l'OFEN. En cas de besoin, GridEye peut transmettre ses données traitées de manière décentralisée à un système de gestion de réseau central et permet ainsi l'optimisation du réseau complet, ce que permet le système Gridbox également. La transmission des données à un serveur central est vitale pour le système Gridbox mais pas pour le système GridEye : Tandis qu'en cas de défaillance de la transmission des données au système de gestion de réseau avec GridBox, aucune optimisation globale du réseau n'est possible, les modules GridEye répartis sur le réseau permettent encore d'atteindre une optimisation quasi complète. Sur ce point, le système GridEye est comparable avec le système GridSense mais présente l'avantage supplémentaire que ses modules ne sont pas entièrement livrés à eux-mêmes mais que les modules tiennent compte des modules voisins. Ainsi le système GridEye est toujours mieux informé sur l'environnement réseau. Conclusion de Michael Moser : « Dans le pire des cas, en cas de panne du circuit de transmission de données, GridEye fonctionne de la même manière que GridSense. En temps normal, lorsque le circuit de transmission de données fonctionne, il présente en plus une partie de la fonctionnalité du système Gridbox. »

Orienté sur les normes industrielles

Plusieurs systèmes pour le monitoring et la commande devraient bientôt être disponibles pour le réseau moyenne et basse tension. Les prochaines années indiqueront le système qui couvrira au mieux les besoins des plus de 600 exploitants de réseau suisses. En plus de la fonctionnalité, le coût est un important critère de décision. Un avantage financier pourrait pousser les exploitants de réseau à remplacer les systèmes de protection utilisés aujourd'hui sur les réseaux (par exemple pour la détection de courts-circuits) par un système de monitoring et de commande. C'est ce que pourrait permettre une nouvelle technologie développée par l'EPFL en collaboration avec les Services Industriels de Lausanne. La surveillance et la commande de réseau fonctionnent comme le système Gridbox mais en présence de modu-



La direction de la société DEPsys (Yverdon) : Joël Jaton, Michael De Vivo et Guillaume Besson (de gauche à droite). Photo : DEPsys

les de mesure étalonnés fonctionnant selon les normes internationales (lesdites Phasor Measurement Units/PMU). En respectant les normes industrielles, le système lausannois satisfait à une condition importante pour la commercialisation.

Le cofondateur et directeur général de DEPsys Michael De Vivo a également l'œil sur les marchés cibles pour son système GridEye. La technologie de l'entreprise d'Yverdon pourrait être intéressante pour les exploitants de réseaux de distribution en Chine, en Inde ou en Afrique car il pourrait appliquer le système GridEye, même en ne connaissant pas suffisamment les paramètres de leurs réseaux (topologie). Le plus grand espoir de De Vivo repose sur la clientèle potentielle en Allemagne et dans les pays nordiques. Comme en Suisse, ces pays ont un grand nombre d'exploitants de réseaux de distribution et le développement de centrales électriques décentralisées avance rapidement. Comme le pense De Vivo, les conditions idéales sont ainsi remplies pour faire, en tant qu'entreprise, un pas dans le nouveau monde des réseaux de distribution transparents.

- » Le docteur Michael Moser (michael.moser[at]bfe.admin.ch), directeur du programme de recherche de l'OFEN sur les réseaux, communique des informations supplémentaires concernant les projets.
- » Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets de recherche, pilotes, de démonstration et phares dans le domaine des réseaux sur le lien suivant : www.bfe.admin.ch/CT/electricite

Un regard vigilant sur le réseau électrique

« GridEye » est le nom que l'entreprise romande DEPSys donne à son système de monitoring et de commande de réseau. Concrètement, les modules GridEye sont comme des yeux qui observent ce qui se passe sur le réseau de distribution électrique.

Des appareils de mesure de l'intensité et de la tension sont déjà installés depuis longtemps pour savoir ce qu'il se passe sur un réseau. Les Smart Meter sont une forme moderne de l'infrastructure de mesure comme elle est appliquée depuis 2008, par exemple, sur le réseau électrique d'Arbon (TG). Ils ne permettent pas uniquement la lecture à distance des compteurs électriques mais apportent également des avantages aux exploitants de réseaux en termes de gestion du flux de puissance et de dépannage.

Les appareils de mesure vont encore un peu plus loin avec l'enregistrement simultané de l'amplitude du courant et de la tension - et ainsi de l'angle de phase intermédiaire - ainsi que des paramètres Power Quality comme le facteur climatique et des harmoniques avec un taux d'échantillonnage élevé. Les dites Phasor Measurement Units (PMU) comme la Gridbox sont équipées d'un récepteur GPS pour l'horodatage de chaque mesure. Leur grand avantage : L'évaluation commune des données synchrones de différentes PMU permet la détermination et l'optimisation en temps réel de l'état du réseau. Toutefois, la transmission des données haute résolution requiert une très grande bande passante. Le GridEye décentralisé qui s'en sort sans synchronisation précise de ses modules peut aider.

L'innovation centrale du système GridEye est l'algorithme qui permet à chacun de ses modules de détecter et d'analyser les modifications sur le réseau complet à partir des tensions mesurées sur le point de mesure correspondant. L'algorithme évalue les coefficients de sensibilité avec une haute fréquence. Techniquement, le coefficient de sensibilité sur un point précis du réseau quantifie la modification de la tension provoquée par un changement de l'énergie électrique active et réactive entrante ou sortante. Le coefficient de sensibilité permet de déduire comment la « valeur de consigne » des centrales électriques décentralisées et des accumulateurs doit être réglée pour maintenir les tensions au sein de la plage de tolérance sur tous les points. Les coefficients de sensibilité forment les bases qui permettent aux modules GridEye d'assurer le monitoring et la commande du réseau de distribution.

La société DEPSys a développé l'algorithme pour l'estimation du coefficient de sensibilité en collaboration avec l'EPF de Lausanne. La technologie est actuellement en passe d'être brevetée, en particulier sa faculté d'exécuter cette estimation sans connaissance de la topologie du réseau.

GridEye est une plateforme qui mesure mais qui peut également être appliquée pour la commande de charges, de batteries, de convertisseurs et de transformateurs. Le mode de commande n'est pas encore clairement déterminé - différentes applications ou algorithmes peuvent encore être implémentés, par ex. l'augmentation de la sécurité du réseau, l'optimisation de la consommation propre ou la réduction des coûts. BV