

# DÉSAMORCER LES PICS DE CHARGE

Pour des raisons financières et d'exploitation, les exploitants des réseaux de distribution d'électricité ont tout intérêt à éviter les pics de charge. Un projet pilote et de démonstration dirigé par la Haute école de Lucerne montre un moyen de détecter automatiquement les gros consommateurs tels que les chauffe-eau, les pompes à chaleur et les stations de recharge sur les réseaux, et de les utiliser pour une gestion optimisée de la charge.



EWA-energieUri a déjà équipé 80% de ses clients en électricité de compteurs intelligents. La transmission des données des compteurs intelligents (relevés de compteurs, courbes de charge) est réalisée par le biais du réseau électrique (Power-Line-Communication/PLC à bande étroite). Les compteurs intelligents disposent de deux contacts de commutation qu'EWA-energieUri utilise pour la gestion de la charge via une commande circulaire classique. Photo: EWA-energieUri

Vilters-Wangs est une petite commune du Sarganserland. Les « Services techniques » approvisionnent 2'880 points de mesure (ménages, commerces et industries) en électricité et autres services d'infrastructure. Sur l'année, ils couvrent environ deux tiers de leurs besoins en électricité grâce à leurs trois centrales hydroélectriques, le reste étant acheté à l'extérieur sur la bourse du marché de l'électricité et acheté à 223 installations photovoltaïques locales (puissance de crête de 4'600 kW). Le réseau électrique de Vilters-Wangs est petit mais à la pointe de la technologie: depuis trois ans, tous les ménages disposent d'instruments de mesure de l'électricité modernes. Ces compteurs intelligents enregistrent la consommation toutes les 15 minutes et la transmettent au fournisseur d'énergie par radio ou fibre optique. Ce dernier établit la facture sur la base des données reçues.

### Une exploitation flexible des appareils électriques

Entre le printemps 2022 et fin-2023, Vilters-Wangs a été le théâtre d'un essai sur le terrain. L'objectif était de réduire les charges de pointe sur le réseau d'électricité locale, c'est-à-dire de maintenir à un niveau aussi bas que possible le prélèvement mensuel maximal de puissance sur le réseau en amont de la St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG (SAK). Les pics de charge surviennent généralement le matin ou en début de soirée. Comme d'autres fournisseurs d'électricité, les Services Techniques de Vilters-Wangs ont intérêt, pour des raisons financières et d'exploitation, à maintenir les pics de charge aussi bas que possible (voir encadré).



Les 2'880 compteurs intelligents installés dans les localités de Vilters (au premier plan) et de Wangs (au centre de l'image, à gauche) ont constitué la base de l'essai sur le terrain. Les données de ces compteurs intelligents sont utilisées pour détecter les charges flexibles sur la base de la technologie NILM. Pour la gestion de la charge, c'est-à-dire la gestion des charges flexibles, le « Smart Energy System » utilise les données de 544 points de mesure sélectionnés (consommateurs flexibles à forte puissance dans les entreprises industrielles et commerciales ainsi que dans les maisons plurifamiliales). Photo: TB Vilters-Wangs

## DES PICS DE CHARGE COUTEUX

Les Services techniques de Vilters-Wangs ont besoin d'une puissance d'un peu plus de 5'000 kW pour l'alimentation électrique chez leurs clients. S'ils achètent cette puissance auprès de la Gallisch-Appenzellische Kraftwerke AG (SAK), ils ne doivent pas seulement payer la quantité d'électricité (kilowattheures), mais également un montant mensuel. Celui-ci est calculé sur la base de la puissance la plus élevée (kilowatts) consommée pendant le mois concerné.

Les 15 minutes pendant lesquelles les services techniques ont prélevé la plus grande puissance sur le réseau de la SAK sont prises en compte dans le calcul. S'il s'agit, par exemple, de 5'000 kW, les Services techniques doivent verser au présent réseau de la SAK une rétribution de  $5'000 \times 9,30 \text{ Fr.} = 46'500 \text{ Fr.}$  Si les Services techniques parviennent à réduire l'achat maximal de puissance pendant le mois concerné, par ex. à 4'000 kW, l'indemnisation tombe à  $4'000 \times 9,30 \text{ Fr.} = 37'200 \text{ Fr.}$  Les Services techniques ont alors économisé 9'300 Fr.

Une réduction optimisée des pics de charge présente des avantages opérationnels: elle permet d'éviter, à moyen terme, des investissements coûteux dans le renforcement du réseau. De même, les composants du réseau peuvent être utilisés jusqu'à leur amortissement complet et au-delà.



Pour y parvenir, les Services Techniques appliquent deux méthodes depuis longtemps: d'une part, ils exploitent autant que possible leurs centrales hydroélectriques pendant les périodes où leurs propres clients ont besoin de beaucoup d'électricité et, d'autre part, ils tentent de gérer les consommateurs électriques du réseau de manière à éviter autant que possible les périodes de forte consommation globale. Pour ce faire, les chauffe-eau électriques ou les pompes à chaleur sont réglés à l'aide de commandes circulaires de manière à fonctionner lorsque la demande en électricité est faible et que l'électricité a tendance à être bon marché.

### Évaluation des données des compteurs intelligents

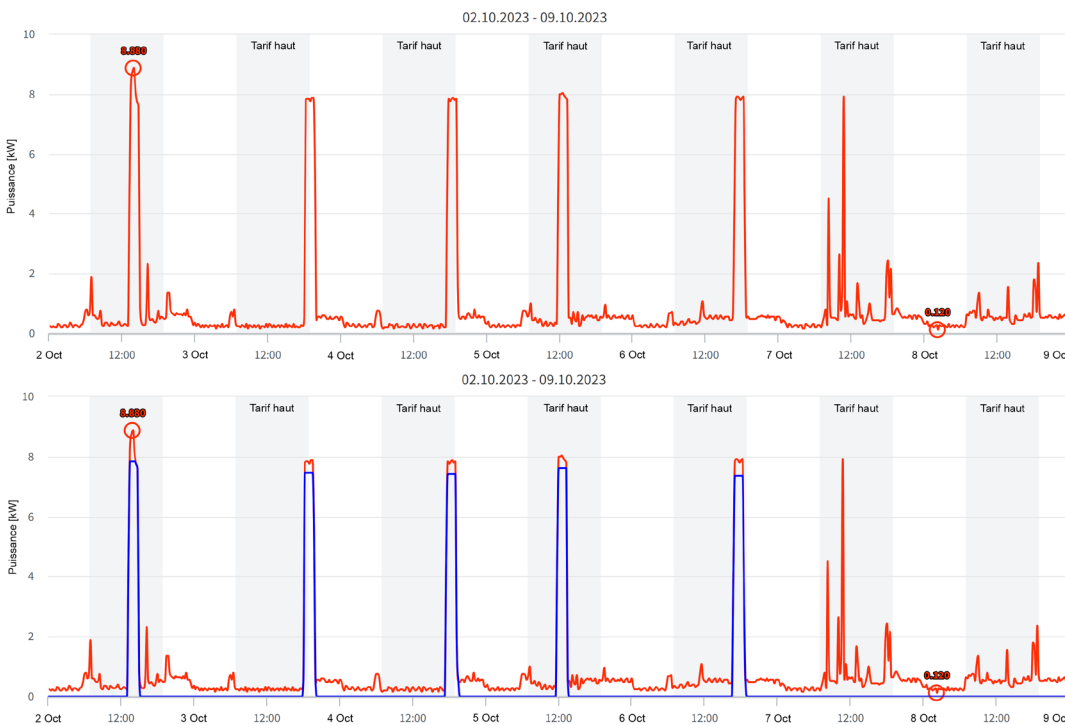
L'essai sur le terrain mentionné a ouvert une nouvelle voie en matière de gestion de la charge, c'est-à-dire de transfert de la consommation électrique vers des périodes de faible consommation: les compteurs intelligents ont été utilisés pour la détection automatique des ménages équipés de chauffe-eau, de pompes à chaleur et de stations de recharge susceptibles d'être utilisés pour la gestion de la charge. En effet, un fournisseur d'électricité ne sait pas nécessairement qui utilise de tels appareils parmi ses clients.

Les compteurs intelligents peuvent enregistrer la consommation d'électricité toutes les 15 minutes. La juxtaposition

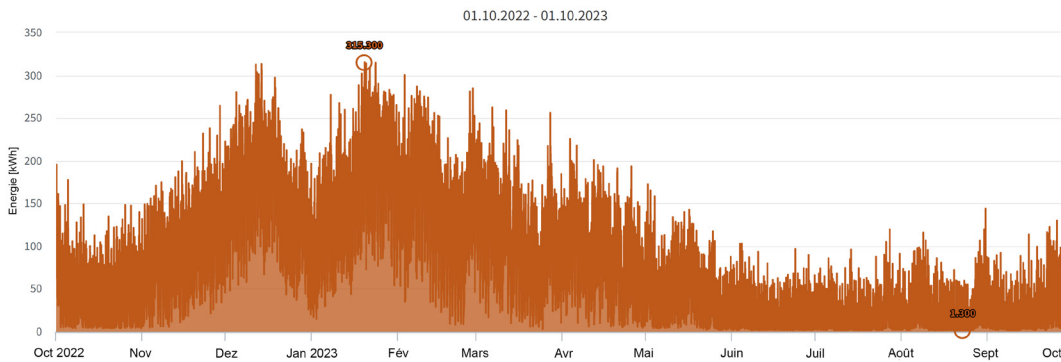
## LA TECHNOLOGIE NILM

Les compteurs électriques modernes (smart meters) ne se contentent pas d'indiquer la consommation d'électricité d'un ménage, par exemple sur un mois entier, ils peuvent déterminer la consommation d'électricité toutes les 15 minutes. Les valeurs mesurées forment une courbe de charge qui décrit la consommation au fil du temps. Ladite technologie NILM (pour Non-Intrusive Load Monitoring) permet d'identifier les modèles de consommation des différents appareils à partir de la seule courbe de charge, bien que cette technologie ne fonctionne jusqu'à présent de manière fiable que pour les gros consommateurs. À partir des données des compteurs intelligents d'un ménage, il est possible, après une évaluation NILM, non seulement de savoir si le ménage dispose, par exemple, d'un chauffe-eau, d'une pompe à chaleur ou d'une station de recharge, mais aussi de connaître la part de ces consommateurs dans la courbe de charge totale.

des valeurs mesurées donne une courbe de charge qui représente la consommation totale du ménage. Un algorithme développé par la Haute école de Lucerne permet désormais de déduire les appareils électriques utilisés dans un ménage et la consommation de chaque appareil électrique à partir



L'illustration supérieure montre la courbe de charge d'un ménage sur une période de six jours. Grâce à la technologie NILM, il est possible de savoir, en analysant cette courbe de charge, qu'une station de recharge pour voitures électriques est en service dans le ménage. L'illustration inférieure montre la courbe de charge de la station de recharge (en bleu) et le reste de la consommation électrique du ménage (en rouge). Illustration: Rapport final GIASSES



La technologie NILM permet de savoir quels gros consommateurs sont utilisés dans quels foyers et de déduire leur consommation. L'illustration montre la somme des consommations des pompes à chaleur présentes sur le réseau électrique de Vilters-Wangs. Pour ce faire, les consommations des appareils individuels, déterminées auparavant au moyen de la technologie NILM, ont été additionnées. Illustration: Rapport final GIASES

d'une courbe de charge. La base technique est la technologie NILM (voir encadré p. 3). Cette méthode a permis d'identifier 346 pompes à chaleur, 244 chauffe-eau et 43 stations de recharge pour voitures électriques sur le réseau électrique de Vilters-Wangs, ainsi que leurs heures de mise en marche et la puissance consommée.

### Un grand potentiel pour le déplacement de la charge

Le chef de projet Guido Kniesel (Haute école de Lucerne - Technique & Architecture) dresse un bilan positif: « Notre algorithme détecte les pompes à chaleur, les chauffe-eau, les stations de recharge électrique, les batteries ainsi que les installations photovoltaïques avec une grande fiabilité. L'attribution des pompes à chaleur ne s'est révélée erronée que pour environ 3% des maisons individuelles et des maisons plurifamiliales. » Les charges flexibles, c'est-à-dire déplaçables dans le temps, sont d'ailleurs abondantes sur le réseau électrique de Vilters-Wangs: aux heures de pointe, le réseau

électrique prélève une puissance d'un peu plus de 5'000 kW. Comme l'ont découvert les chercheurs de la HSLU, face à lui se trouvent des consommateurs et des producteurs flexibles s'élevant à 11'000 kW. Le potentiel de la gestion de la charge est donc considérable.

Les données des compteurs intelligents ne permettent pas seulement de détecter les gros appareils électriques et leur courbe de charge mais aussi d'établir des prévisions de consommation pour les prochaines 24 heures. Les valeurs de consommation des sept derniers jours sont utilisées à cette fin. « Les méthodes de prévision mises en œuvre ont atteint une précision suffisamment élevée pour pouvoir être utilisées judicieusement pour le déplacement de la charge », explique Andreas Melillo, scientifique à la HSLU.

### Des pics de charge nettement réduits

Si l'on connaît les consommateurs électriques disponibles pour la gestion de la charge et que l'on sait à quelles consom-

Analysezeitpunkt	Analysedaten von	Analysedaten bis	Gerätetyp	Geräteleistung	Gewissheit	Einschaltzeitpunkt	24-Tage-Block mit den mei...	D. Einschaltdauer
8/11/2022 14:28	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3307 W	100.00%	11:30:00 PM	[02.10.2021 - 25.10.2021]	322 min
8/11/2022 14:29	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3768 W	73.91%	11:30:00 PM	[02.10.2021 - 25.10.2021]	316 min
8/11/2022 15:10	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	5306 W	100.00%	10:15:00 PM	[03.12.2021 - 26.12.2021]	303 min
8/11/2022 14:23	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3563 W	72.73%	10:30:00 PM	[19.11.2021 - 12.12.2021]	298 min
8/11/2022 15:56	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	12792 W	100.00%	11:15:00 PM	[02.10.2021 - 25.10.2021]	266 min
8/11/2022 14:28	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	5182 W	100.00%	10:30:00 PM	[19.11.2021 - 12.12.2021]	242 min
8/11/2022 15:09	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	9527 W	100.00%	10:15:00 PM	[03.12.2021 - 26.12.2021]	237 min
8/11/2022 16:57	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3965 W	100.00%	2:15:00 AM	[13.12.2021 - 05.01.2022]	231 min
8/11/2022 14:27	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	6969 W	95.65%	10:15:00 PM	[06.01.2022 - 29.01.2022]	229 min
8/11/2022 17:03	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3461 W	78.26%	10:30:00 PM	[30.01.2022 - 22.02.2022]	227 min
8/11/2022 14:19	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	16414 W	100.00%	10:15:00 PM	[06.01.2022 - 29.01.2022]	221 min
8/11/2022 14:55	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	6009 W	82.61%	11:15:00 PM	[03.12.2021 - 26.12.2021]	219 min
8/11/2022 15:49	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3268 W	95.65%	10:15:00 PM	[19.11.2021 - 12.12.2021]	216 min
8/11/2022 16:28	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	10621 W	100.00%	10:15:00 PM	[13.12.2021 - 05.01.2022]	211 min
8/11/2022 16:56	10/1/2021 0:00	4/1/2022 0:00	Boiler	3063 W	83.33%	10:30:00 PM	[23.02.2022 - 18.03.2022]	205 min

Grâce à NILM, différentes métadonnées sont déterminées à partir des données des compteurs intelligents. L'illustration montre une série de chauffe-eau de Vilters-Wangs, classés selon leur temps de recharge moyen (dernière colonne). Les chauffe-eau avec un temps de recharge similaire peuvent ainsi être regroupés. De tels groupes présentant des caractéristiques de consommation similaires permettent une gestion de la charge particulièrement efficace. Illustration: Rapport final GIASES



Les services techniques de Vilters-Wangs ont trois centrales hydroélectriques (sur la photo: la centrale électrique de Grossbach). Celles-ci sont exploitées lorsque la demande en électricité est élevée sur le réseau propre. Cela permet d'éviter des prélèvements de prestations élevés sur le présent réseau de la SAK. Photo: TB Vilters-Wangs

mations s'attendre dans les heures à venir, ces informations peuvent être utilisées pour une gestion ciblée de la charge. Les charges sont échelonnées sur la durée de telle sorte que le pic de charge quotidien, puis mensuel, soit le plus bas possible. Pour ce faire, un système de gestion de l'énergie en nuage (« Smart Energy System ») de la société ASGAL Informatik GmbH (Walenstadt) a été utilisé lors de l'essai sur le terrain. « Pendant certains mois d'hiver, nous avons pu réduire le pic de charge de 5'300 à 3'900 kW grâce à la gestion de la charge », explique Thomas Gall, directeur d'ASGAL. « Nous y sommes parvenus notamment grâce à un regroupement plus ciblé et plus efficace des chauffe-eau et des pompes à cha-



Les lignes à haute tension (ici dans le canton d'Uri) sont la partie visible du réseau électrique. La gestion de la charge est assurée par les réseaux de distribution souterrains dans les villes et les villages. Photo: EWA-energieUri

leur à commande flexible, ainsi qu'à l'extinction échelonnée des stations de recharge électriques privées pendant les heures de forte consommation, le soir entre 17 et 21 heures ».

Il convient de noter que la réduction des pics de charge de 1'400 kW n'est pas due uniquement au déplacement de la charge des chauffe-eau, des pompes à chaleur et des stations de recharge, mais également à l'exploitation flexible des centrales hydroélectriques. En hiver, les centrales hydroélectriques ne peuvent toutefois contribuer que de manière relativement faible à la réduction des pics de charge, car il n'y a alors que peu d'eau disponible. Il est donc d'autant plus important de pouvoir utiliser des charges flexibles pour réduire les pics de charge pendant cette période.

### Des accords individuels

Lors de l'essai sur le terrain, la commande des chauffe-eau et des pompes à chaleur s'est faite par le biais de la commande circulaire. Cela est encore généralement impossible aujourd'hui pour les stations de recharge. C'est pourquoi des accords individuels ont été conclus avec les propriétaires, dans lesquels ces derniers s'engagent à utiliser, dans la mesure du possible, les stations de recharge en dehors des heures de pointe du matin et du soir. Les batteries des voitures électriques n'étaient pas prise en considération dans l'essai sur le terrain. La raison: la plupart des stations de recharge (ainsi que diverses voitures électriques) ne sont pas encore équipées pour la recharge bidirectionnelle.

Christian Schwarzenbach, directeur des services techniques de Vilters-Wangs, juge le projet P+D positif: « Grâce à ces

## PROJETS P+D DE L'OFEN

Le projet présenté dans le texte principal a été soutenu par le programme pilote et de démonstration de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN). Avec ce programme, l'OFEN encourage le développement et l'expérimentation de technologies, de solutions et d'approches innovantes, lesquelles contribuent de manière significative à l'efficacité énergétique ou à l'utilisation des énergies renouvelables. Les demandes d'aide financière peuvent être soumises à tout moment.

➔ [www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration](http://www.bfe.admin.ch/pilotdemonstration)



nouvelles connaissances, nous pouvons effectuer une gestion de la charge plus complète et plus détaillée, ce qui nous permet de réduire encore les coûts de l'électricité prélevée sur le réseau de la SAK. » Pour cela, une intégration complète des stations de recharge dans la gestion de la charge à l'avenir est impérative. Les prescriptions d'usine, à savoir les accords contractuels entre le fournisseur d'électricité et le client final, doivent ainsi être adaptées de telle sorte que les Services techniques puissent également contrôler les stations de recharge. « Notre idée est de réduire la puissance de charge maximale pendant les périodes de forte consommation ou de bloquer temporairement la station de charge. Pour ce faire, nous sommes prêts à accorder un bonus financier aux clients, comme nous le faisons déjà aujourd'hui pour les clients dont nous utilisons les chauffe-eau et les pompes à chaleur pour la gestion de la charge », explique Thomas Bachofner, directeur commercial des Services techniques de Vilters-Wangs. D'un point de vue juridique, les flexibilités appartiennent aux clients. Les gestionnaires de réseau doivent octroyer une rémunération raisonnable pour l'accès à ces données.

### Intégrer les stations de recharge et les installations PV

Outre les Services techniques de Vilters-Wangs, les CKW, la société zougnoise WWZ ainsi que IBC Energie Wasser Chur et Energie Service Biel/Bienne, EWA-energieUri, dont le siège principal se trouve à Altdorf, a également participé au projet P+D. Le projet a été mené à bien en collaboration avec les Services techniques de Vilters-Wangs. Le fournisseur d'énergie a mis à disposition des données de compteurs intelligents de trois communes uranaises, avec lesquelles l'université de Lucerne a pu entraîner son algorithme. « La détection automatisée des charges flexibles dans les foyers nous évite un travail long et fastidieux », explique Adrian Arnold, responsable SmartGrid chez EWA-energieUri. « Nous utiliserons les enseignements tirés du projet dès que le déploiement des compteurs intelligents sur notre réseau sera terminé. Nous espérons que cela permettra d'optimiser la gestion de la charge des chauffe-eau et des pompes à chaleur. » Pour intégrer les stations de recharge et les installations PV dans la gestion de la charge à l'avenir, la Power-Line-Communication (PLC) à bande étroite, qui transmet aujourd'hui les données des compteurs intelligents et utilisée pour la télécommande circulaire classique, doit devenir un système bidirectionnel performant.



Avec le « Smart Energy System » (SES), les développeurs de la société ASGAL Informatik GmbH ont mis en place l'infrastructure technique pour l'essai sur le terrain dans la commune de Vilters-Wangs et implémenté les algorithmes d'IA développés à la Haute école de Lucerne. Photo: ASGAL

- Le **rapport final** du projet « Système Smart Energy adaptatif et intégrateur global pour le lissage des pics de charge » (GIASES) est disponible sur: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=49485>
- Karin Söderström ([karin.soederstroem@bfe.admin.ch](mailto:karin.soederstroem@bfe.admin.ch)), co-responsable du programme pilote et de démonstration de l'OFEN, et Roland Brüniger ([roland.brueeniger@brueniger.swiss](mailto:roland.brueeniger@brueniger.swiss)), responsable du programme de recherche Technologies de l'électricité, communiquent des **informations** à ce sujet.
- Vous trouverez plus d'**articles spécialisés** concernant les projets pilotes, de démonstration et les projets phares dans le domaine de l'électricité sur [www.bfe.admin.ch/ec-electricite](http://www.bfe.admin.ch/ec-electricite).