Gestion de la charge du réseau électrique

Autor(en): **Gabioud, Dominique**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin.ch : Fachzeitschrift und Verbandsinformationen von Electrosuisse, VSE = revue spécialisée et informations des associations Electrosuisse, AES**

Band (Jahr): **99 (2008)**

Heft 22-23

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-855908

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Gestion de la charge du réseau électrique

Objectifs, méthodes, perspectives

Dans la conception traditionnelle des réseaux électriques, les acteurs du marché de l'électricité (producteurs, transporteurs, distributeurs) considèrent l'énergie consommée essentiellement comme une grandeur libre, sur laquelle ils n'ont que peu d'influence. Ils font évoluer leurs infrastructures pour que chaque consommateur dispose en tout temps de l'énergie électrique qu'il est prêt à consommer. La gestion de la charge par contre considère que certaines charges sont flexibles et que leur flexibilité peut être exploitée pour améliorer le fonctionnement du réseau électrique dans son ensemble.

Les programmes de gestion de la charge ont pour objet la planification, l'implémentation et le suivi d'activités visant à modifier la répartition dans le temps de la consommation d'énergie pour obtenir des conditions globalement plus favorables pour le réseau électrique (figure 1). Les compa-

Dominique Gabioud

gnies aériennes et les opérateurs de télécommunications ont déjà introduit de tels modèles pour rendre plus constante la charge sur leur réseau.

Une répartition temporelle optimisée présente les avantages suivants: l'utilisation plus rationnelle des infrastructures, l'adaptation aux nouvelles sources d'énergie et la fiabilisation du réseau électrique.

Les infrastructures doivent être dimensionnées pour les situations de pointe, qui se produisent seulement quelques heures par année. Une courbe de charge plus plate permet de renoncer à des investissements ou, tout au moins, à les retarder.

Avec la part croissante d'électricité d'origine éolienne, photovoltaïque ou produite par des unités de couplage chaleur-force orientées en priorité vers la production de chaleur, la production d'électricité devient plus variable dans le temps et moins facilement planifiable. Si la production dépasse les besoins immédiats, l'énergie en surplus doit être stockée. La construction d'installations de pompage-turbinage est une réponse à ce besoin. En complément, une gestion intelligente de la consommation permet d'utiliser la flexibilité de certaines charges pour déplacer la consommation dans des périodes où l'énergie est plus abondante.

En cas de pannes d'équipements de production, de transport ou de distribution, le fait de pouvoir diminuer la charge permet de fiabiliser le réseau électrique. Une fiabilité équivalente ne pourrait être obtenue qu'avec une redondance accrue, ce qui en augmenterait le coût.

Quels avantages pour les fournisseurs d'énergie?

Les fournisseurs d'énergie, qu'ils soient gestionnaires d'un groupe bilan ou non, planifient la consommation de leurs clients pour le long terme et réajustent ces prévisions à court terme. Cette planification est consignée dans un programme prévisionnel. Tout écart entre la consommation effective mesurée et le programme établi a priori engendre des pénalités financières pour le fournisseur.

Pour les fournisseurs qui n'ont pas de capacité de génération flexible (typiquement énergie produite par une centrale hydraulique à accumulation), la gestion de la charge constitue le seul moyen pour réduire un éventuel écart entre la courbe de charge globale et le programme.

Fournir de l'énergie de réglage

L'énergie de réglage a pour objectif de compenser dans une zone de réglage (en Suisse, une seule zone de réglage gérée par Swissgrid) les fluctuations imprévues entre l'injection et le prélèvement d'énergie électrique sur le réseau. Ces fluctuations peuvent être causées aussi bien par la charge du réseau (par exemple suite à un phénomène météorologique ou à une imprécision inéluctable dans la prévision de charge) que par la production (limitations ou défaillances de la production, etc.).

Concrètement, il y a trois formes d'énergie de réglage, correspondant chacune à un produit commercial différent. Le réglage primaire activé à court terme a pour objectif le maintien de la fréquence du réseau à 50 Hz. Les réglages secondaire et tertiaire

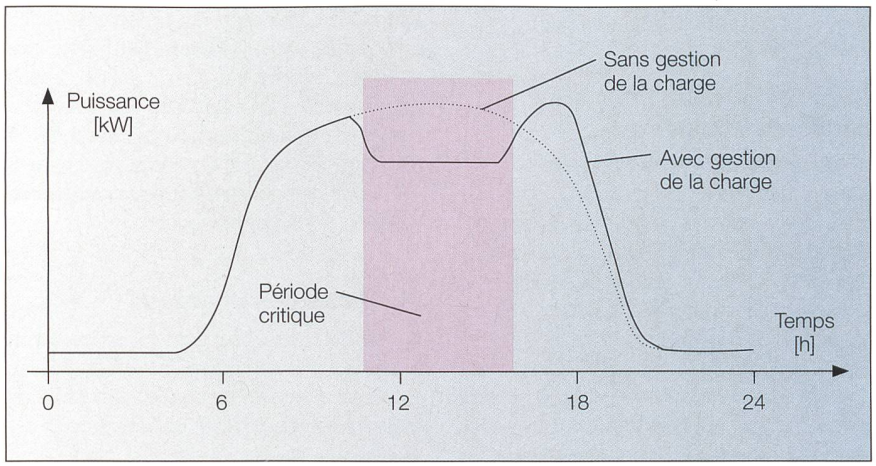

Figure 1 Courbe de charge avec et sans gestion de la charge.

ont globalement pour but de rétablir au niveau planifié les échanges entre une zone de réglage (la Suisse) et ses zones voisines.

Aujourd'hui, Swissgrid acquiert des prestations d'énergie de réglage aux trois niveaux auprès de producteurs d'énergie qui augmentent ou diminuent transitoirement la puissance de leurs centrales en fonction des besoins.

Les trois formes d'énergie de réglage peuvent également être offertes par des processus qui renoncent à consommer tout ou partie de l'énergie planifiée. Des charges flexibles individuelles peuvent être agrégées pour obtenir des quantités d'énergie suffisantes pour pouvoir être valorisées sur un marché d'énergie de réglage.

Stabiliser les prix d'achat de l'énergie

Dans tout marché, l'offre et la demande s'équilibrent autour d'un prix. Les marchés de l'énergie se comportent toutefois de manière particulière [1], comme le montre la figure 2.

La consommation d'électricité est fortement variable dans le temps, mais cette variabilité est influencée par d'autres paramètres que le prix (le moment de la journée, la température extérieure ...). Le prix de l'énergie produite reste stable sur une large gamme de puissance, mais grimpe très rapidement lorsque la demande s'approche des capacités maximales de production (voir courbe de la demande, figure 2). Dans ce contexte, une action limitée sur la charge permet de diminuer les pics de prix.

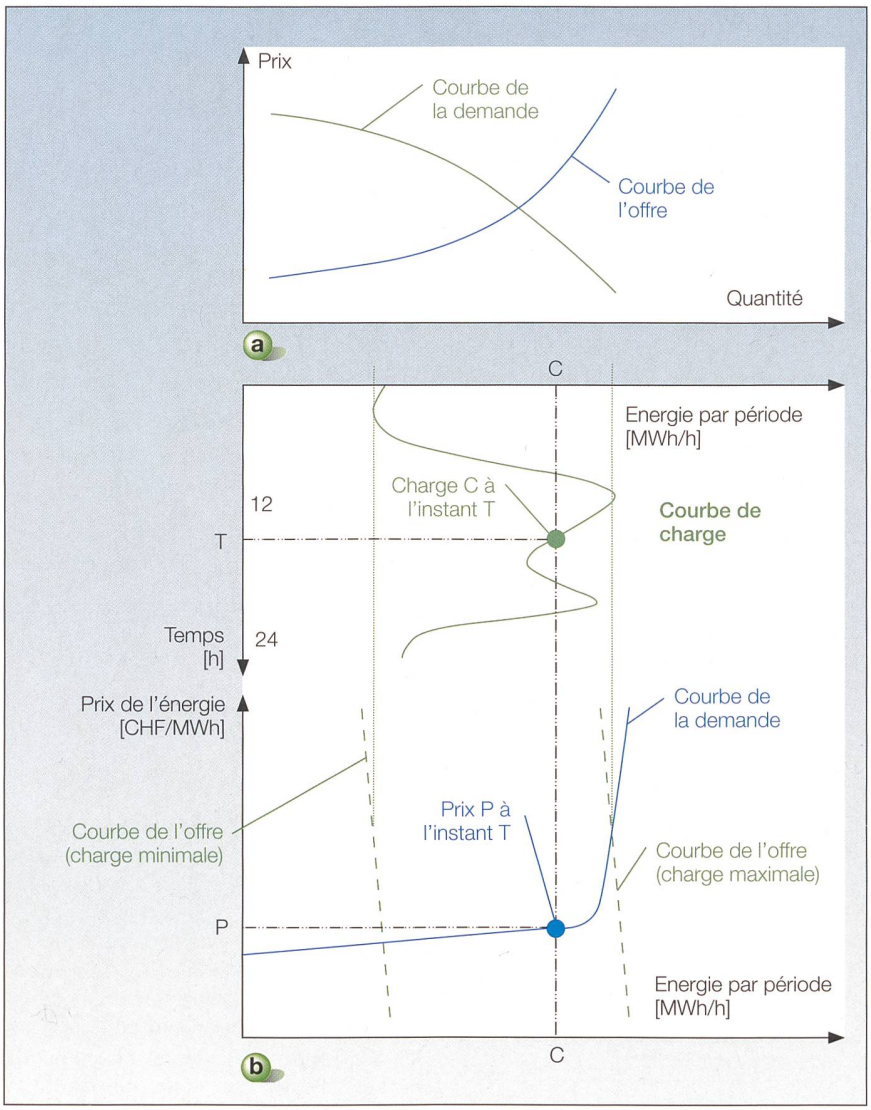

Figure 2 Equilibre du marché (a) pour un produit standard et (b) pour l'électricité.

Fiabiliser le réseau

Le déclenchement des charges peut permettre d'éviter la congestion dans le réseau et par là même d'augmenter sa fiabilité sans augmentation de capacité. La libéralisation, qui découple les activités monopolistiques de transport et de distribution du commerce de l'énergie, rend plus complexe l'utilisation de la gestion de la charge pour fiabiliser le réseau.

Quels avantages pour les consommateurs?

La gestion de la charge est une valeur ajoutée principalement pour le fournisseur d'énergie. Pouvoir utiliser une quantité d'énergie à des prix bas et constants est bien entendu la situation rêvée pour un consommateur qui n'est pas a priori intéressé par des limitations d'aucune sorte. Pour que les clients consommateurs acceptent de moduler leur charge, il faut qu'un modèle de tarification récompense les comportements adéquats et que les participants soient dans les faits en mesure de faire le compromis désiré entre économie (élasticité maximale) et performance et confort (aucune élasticité).

La consommation d'électricité, qu'elle soit industrielle ou privée, comprend certes une partie sans flexibilité (l'éclairage par exemple), mais il y a aussi des processus qui présentent une élasticité utilisable avec des inconvénients nuls ou acceptables. A priori, la gestion de la charge s'adresse à toutes les catégories de consommateur (industries, services, ménages).

Elasticité des charges

Les charges élastiques ont en commun le fait de pouvoir utiliser certaines formes de stockage. Par exemple, les charges thermiques (chauffage, climatisation, froid industriel) utilisent l'inertie thermique pour stocker de la chaleur ou du froid. En définissant une plage de températures autorisées, on crée une élasticité utilisable pour la gestion de la charge.

Soit un processus consommateur d'énergie qui transforme des produits A en des produits B. Si les produits A et B peuvent être stockés, l'exécution du processus peut être décalée. A titre d'exemple, les machines à laver le linge d'un hôtel peuvent être enclenchées à n'importe quel moment d'un intervalle de temps dépendant (entre autres) du stockage de linge sale (A) et de linge propre (B).

L'élasticité des charges (en particulier des charges thermiques) et les stratégies de contrôle de ces charges est traitée dans le projet de recherche «Lokales Lastmanagement» soutenu par Swiss Electric Research [2] (voir l'article «Lokales Lastmanagement» dans la présente édition en page 9).

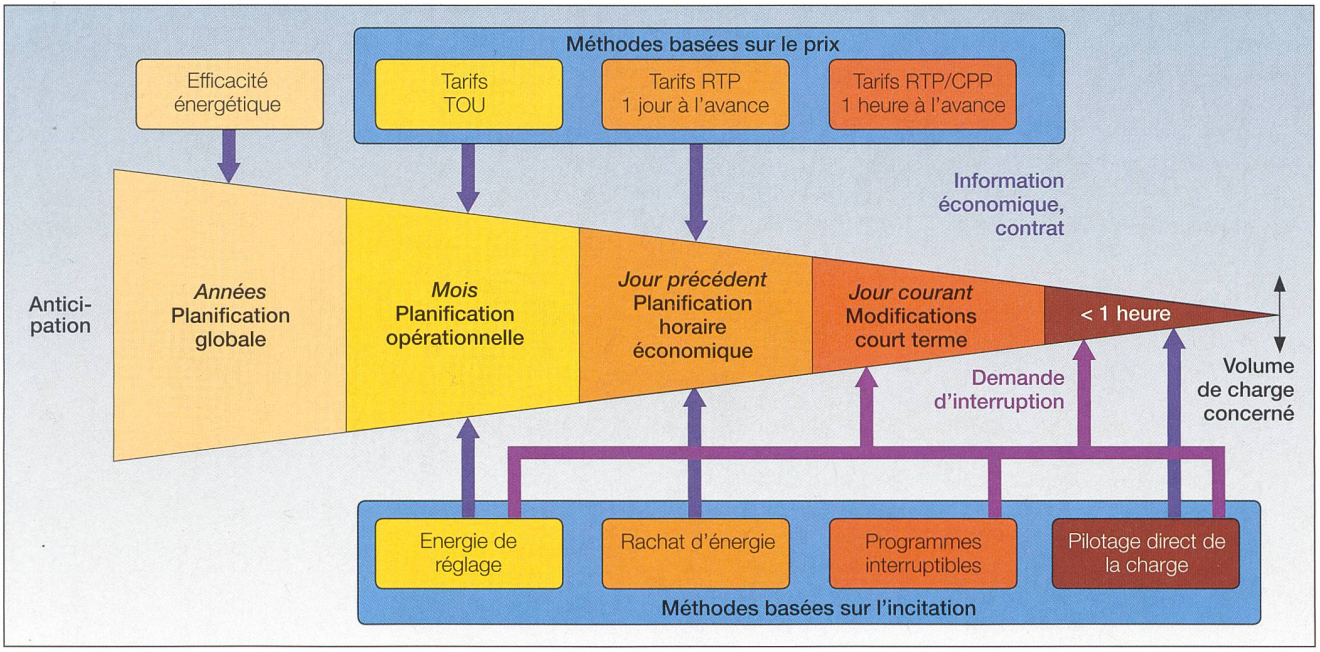

Figure 3 Formes de gestion de la charge.

Méthodes de gestion de la charge

La figure 3 présente un panorama des méthodes de gestion de la charge (collectivement appelées «demand response»). Celles-ci sont basées soit sur une tarification dynamique, soit sur des incitations économiques à moins consommer dans des moments particuliers.

Méthodes basées sur le prix: tarification dynamique

Aujourd'hui, les fournisseurs achètent l'énergie (au moins en partie) à un prix variable et la revendent à un prix fixe. Le prix de vente aux consommateurs comprend, outre le prix d'achat moyen de l'énergie, une prime d'assurance contre la volatilité des prix. Avec la tarification dynamique, une partie des risques est reportée sur le consommateur qui peut ainsi bénéficier de tarifs moyens plus avantageux.

On considère généralement trois types de tarification dynamique. Les tarifs Time of Use (TOU) appliquent des prix variables suivant la période du jour (heures pleines, heures creuses), voire la saison (été, hiver). Avec les tarifs Real Time Pricing (RTP), les prix variables sont indexés sur les prix du marché. Les valeurs sont notifiées la veille pour le lendemain ou une demi-heure à l'avance le jour même. Le tarif Critical Peak Princing (CPP) est un complément au RTP ou TOU dans lequel un tarif particulier est appliqué ponctuellement en cas d'évènements extraordinaires (fiabilité compromise, prix d'achat élevé). La fréquence et la durée maximale des évènements sont définies contractuellement.

Méthodes basées sur l'incitation: réduction de charges pilotées par le fournisseur

Dans les périodes critiques, le fournisseur demande aux consommateurs participants de diminuer leur consommation en contrepartie d'incitations financières. Pour évaluer l'impact de ces réductions, il faut comparer la consommation mesurée avec la consommation qui aurait eu lieu sans la demande de réduction, c'est-à-dire la consommation de base (base line). Il est important que la consommation de base soit calculée de manière simple et équitable, lorsque c'est un élément de calcul de prix. Quelques méthodes appartenant à cette catégorie sont brièvement décrites ci-dessous.

Avec le pilotage direct de la charge (direct load control), le fournisseur a la possibilité de forcer le déclenchement de processus pendant certaines périodes. Ces processus bénéficient d'un tarif spécial (généralement tarif de nuit meilleur marché). Ce type de gestion de la charge est traditionnellement implémenté par une télécommande qui autorise ou interdit l'enclenchement de classes d'appareils thermiques (chauffe-eau électriques, chauffages électriques directs, pompes à chaleur) et qui commute la base de tarification du compteur.

On fait l'hypothèse qu'un fournisseur d'énergie doit acquérir une quantité d'énergie supplémentaire X pendant la période T. En principe, le fournisseur peut soit acquérir X pendant T, soit demander à un de ses clients de diminuer sa consommation de X pendant T. Ces deux options peuvent être mises en concurrence par exemple dans un système d'enchères (supply/demand side bidding).

Avec la régulation par la charge, l'opérateur du réseau de transport peut demander la réduction d'une charge au même titre qu'il peut demander la mise en service d'une source supplémentaire. Pour le réglage primaire, on peut utiliser la mesure de la fréquence instantanée pour forcer le déclenchement (fréquence < 50 Hz) ou l'enclenchement de charges élastiques (fréquence > 50 Hz).

Dans les programmes interruptibles, un contrat avec le distributeur ou le vendeur permet à celui-ci de demander des réductions de charge dans des conditions particulières. Ces demandes peuvent avoir un caractère obligatoire ou facultatif.

Systèmes d'information

La gestion de la demande nécessite trois systèmes d'information interconnectés (figure 4).

Le système d'information Energie, géré par le fournisseur d'énergie, définit en temps réel les objectifs de la gestion de la charge en fonction de la disponibilité instantanée de l'énergie, de la consommation globale courante et de l'état du réseau électrique.

Le système d'information Gestion de la charge permet de distribuer aux consom-

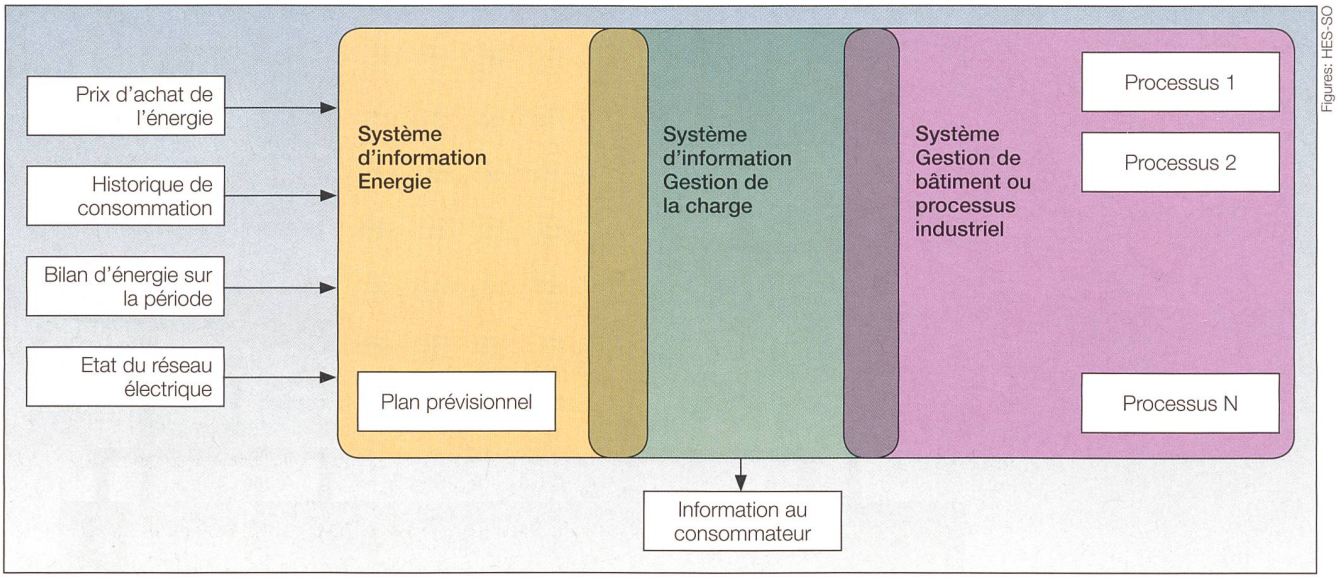

Figure 4 Systèmes d'information pour la gestion de la demande.

mateurs participants les informations nécessaires à la réalisation de l'objectif défini par le système d'information Energie. L'information au consommateur est également du ressort de ce système.

Un système Gestion de bâtiment ou processus industriel assume le pilotage global d'une installation généralement sans tenir compte de la régulation de la charge. Lorsque le système Gestion de bâtiment ou processus intègre la gestion de la charge, on parle de «gestion de la charge automatisée (automatic demand response)». Dans le cas d'une gestion de la charge manuelle (non automatisée), le système Gestion de bâtiment ou processus, s'il existe, n'est pas connecté au système Gestion de la charge. Le contrôle de la charge est alors effectuée par des personnes sur la base de l'information fournie par le système d'information Gestion de la charge.

Le système d'information Gestion de la charge peut être implémenté avec différentes technologies: télécommande unidirectionnelle pour commuter des consommateurs thermiques et la position tarifaire des compteurs, annonce d'évènements particuliers (typiquement dans un contexte CPP) par courrier électronique ou fax, compteurs intelligents avec connexion bidirectionnelle (Advanced Meter Infrastructure, AMI), services web basés sur l'internet, directement utilisables par des systèmes Gestion de bâtiment ou processus.

Les technologies se différencient par leur canal de communication (simplex ou duplex), par leur caractéristique temps réel (intervalle de temps entre la transmission d'une information relative à l'instant T et l'instant T lui-même) et la capacité à se connecter de manière informatique à un système Gestion de bâtiment ou processus.

Dans le cas d'une tarification dynamique TOU, un système d'information Gestion de la charge n'est pas nécessaire: une horloge qui peut être locale commute les canaux des compteurs (à chaque canal correspond un tarif) en fonction du tarif TOU.

Le projet SmartEnergy [3] de la HES-SO a pour objectif de concevoir et de valider des prototypes des systèmes d'information Energie et Gestion de la charge. Le système Gestion de la charge devra présenter au consommateur l'information pertinente (et uniquement celle-ci) pour l'inciter à un comportement qui soit en même temps adéquat vis-à-vis du réseau électrique et économique pour lui-même. Il devra également offrir une interface informatique utilisable par des systèmes Gestion de bâtiment ou processus. Le projet évalue également les modèles tarifaires à mettre en place pour promouvoir les comportements adéquats des consommateurs.

Etat des lieux

Sous le nom de «demand side management», un grand nombre de programmes de tarification dynamique ont été démarrés aux Etats-Unis au début des années 1990. Ces programmes, qui visaient pour la plupart à coupler le prix de vente au consommateur avec les prix du marché, n'ont souvent atteint les objectifs escomptés ni par le nombre de consommateurs participants ni par les volumes d'énergie traités [4].

Les raisons de ces échecs sont les mêmes que celles qui freinent aujourd'hui encore le déploiement de systèmes de gestion de la charge: les consommateurs (industriels et privés) ne considèrent pas les aspects économiques comme critiques, ils ne disposent pas des informations requises pour se transformer en acteurs du marché, les systèmes d'information nécessaires sont complexes, les coûts pour leur mise en œuvre et leur opération sont importants, des standards de communication reconnus manquent.

Au Etats-Unis et dans les pays scandinaves, on assiste aujourd'hui à une renaissance de programmes de gestion de la charge (rebaptisés «demand response»). La disponibilité à large échelle de compteurs intelligents et de systèmes Gestion de bâtiments et processus industriels fait que les perspectives d'aujourd'hui sont nettement meilleures que celles de 1990.

En Suisse, deux types de gestion de la charge sont utilisés: télécommandes pour équipements thermiques et systèmes destinés à réduire la taxe de puissance (taxe proportionnelle à l'énergie consommée dans la période de 15 minutes la plus chargée du mois). Ces systèmes informent les employés des instants critiques et ou communiquent avec un système Gestion de bâtiment ou processus qui prend les décisions appropriées. Ils sont mis en place et gérés par les entreprises concernées ou par des fournisseurs de services spécialisés dans ce domaine.

Conclusion

Lente augmentation de la consommation de courant électrique, contraintes environnementales freinant la mise en service de nouvelles centrales de production, augmentation de la part des sources d'énergie non planifiables, vieillissement de certaines

infrastructures: tels sont les faits marquants qui créent des nouvelles contraintes sur le réseau électrique. Face à cette évolution, les consommateurs devront certainement devenir conscients de l'état instantané du réseau et adapter leur comportement à cet état. Les programmes de gestion de la charge ont comme mission de devenir les médiateurs entre, d'un coté, les fournisseurs, les distributeurs et l'opérateur de réseau et, de l'autre côté, les consommateurs. Si l'utilité de ces programmes est peu contestée, le business model, les technologies à mettre en œuvre et l'intégration avec les systèmes de gestion de processus ou de bâtiment pour une gestion de la charge automatisée sont encore largement à développer et n'ont pas encore aujourd'hui la maturité nécessaire pour un déploiement à large échelle.

Zusammenfassung

Laststeuerung im Stromnetz

Ziele, Methoden, Aussichten. Traditionell wird der Energieverbrauch in den Stromnetzen von den Strommarktteilnehmern (Erzeugungs-, Übertragungs- und Verteilungsunternehmen) als eine freie Grösse betrachtet, auf die sie kaum Einfluss haben. Sie entwickeln ihre Infrastruktur so, dass jeder Verbraucher jederzeit über die elektrische Energie verfügen kann, die er zu verbrauchen bereit ist. Bei der Laststeuerung wird hingegen in Betracht gezogen, dass gewisse Lasten flexibel sind und dass gerade diese Flexibilität genutzt werden kann, um den Betrieb des Stromnetzes insgesamt zu verbessern.

Références

[1] Daniel S. Kirschen: Demand-Side View of Electricity Markets. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 18, No. 2, May 2003.

[2] Martin Wiederkehr, Rolf Gutzwiller: Netzsicherheit und Netzführung unter Einbezug lokaler Lasten, Quellen und Speicher, www.fhnw.ch/technik/iast/afe/eet/de/afe/eet/LLM/LLM.

[3] Michel Bonvin, Heinz Kronig, Dominique Gabioud, Antoine Perruchoud, Hubert Sauvain: SmartEnergy. HES-SO, http://smartenergy.webnode.com.

[4] Galen Barbose, Charles Goldman, Bernie Neenan, Lawrence Berkeley: A Survey of Utility Experience with Real Time Pricing. Lawrence Berkeley national Laboratory, University of California, http://repositories.cdlib.org/lbnl/LBNL-54238/.

Informations sur l'auteur

Dominique Gabioud est ingénieur EPFL en électricité. Il est professeur dans l'unité Infotronics, rattachée à la filière et à l'institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais. Il développe des activités d'enseignement et de recherche appliquée dans le domaine des systèmes d'information distribués, en particulier dans le domaine de la gestion de l'énergie.
HES-SO Valais, 1950 Sion,
dominique.gabioud@hevs.ch

Swisspower vereint führende Schweizer Stadtwerke zu einem Netzwerk der Kompetenzen. Unser Kerngeschäft ist die Bedienung von Bündelkunden und Energieversorgungsunternehmen mit innovativen wie ganzheitlichen Energielösungen. Als Partner für Beratung, Entwicklung, Umsetzung und operativen Betrieb unterstützen wir umfassend den Leistungsauftrag unserer Kunden. Mit zukunftsorientierten Produkten und praxisbezogenen Dienstleistungen sorgen wir für eine rasche Umsetzung neuer Anforderungen in sichere, erfolgsorientierte Marktleistungen.

Die Partner von Swisspower: Arosa Energie • IBAarau AG • Regionalwerke AG Baden • IWB Basel • Energie Wasser Bern • Energie Service Biel/Bienne • Swiss Mountain Power AG • Werkbetriebe Frauenfeld • SIG • Industrielle Betriebe Interlaken • Technische Betriebe Kreuzlingen • EnerTi SA • SWL ENERGIE AG • ewl energie wasser luzern • EW Rothrist AG •Sinergy Commerce SA • SIN Services Industriels de Nyon • Sankt Galler Stadtwerke • Städtische Werke Schaffhausen und Neuhausen am Rheinfall • Energie Thun AG • Technische Betriebe Weinfelden AG • Stadtwerk Winterthur • WWZ Energie AG • StWZ Energie AG • ewz •

www.swisspower.ch

swisspower

Creating energy solutions.

Und wie können wir Ihre Energieeffizienz weiter steigern?

Unsere Produkte und Lösungen für die Energietechnik der Zukunft leisten einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung unserer Umwelt. Für ABB ist es ein erklärtes Ziel, bewährte Produkte und Systeme laufend weiter zu entwickeln und die Energieeffizienz stetig zu verbessern. Mit innovativen Technologien hilft ABB ihren Kunden die Produktivität zu steigern und dabei Kosten sowie Umweltbelastungen zu reduzieren. Setzen auch Sie uns unter Strom! **www.abb.ch**

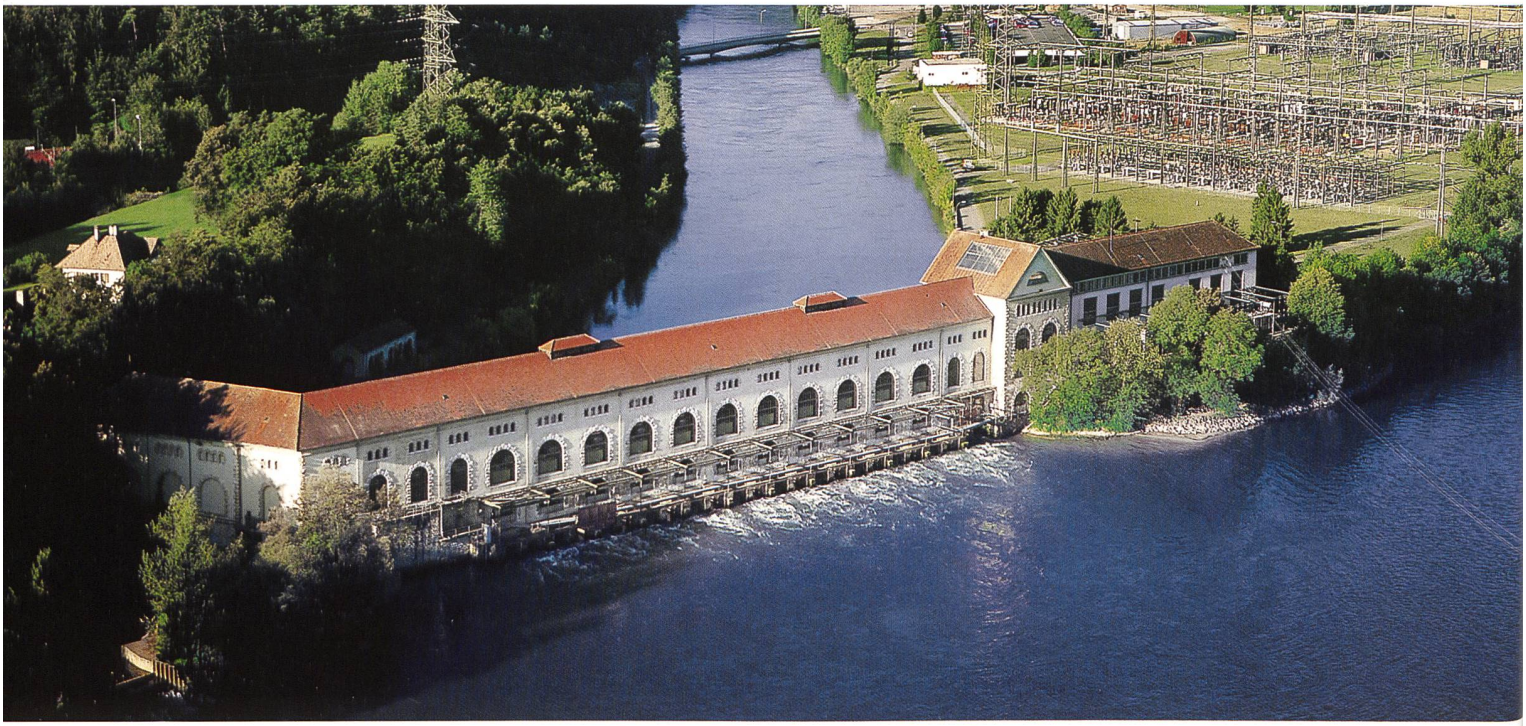

ABB Schweiz AG
Brown Boveri Strasse 6
CH-5400 Baden
Tel. +41 58 585 00 00
www.abb.ch

Power and productivity
for a better world™

ABB