

Les transformateurs ont encore un potentiel d'efficacité

Lorsqu'il s'agit de l'utilisation ménagère de l'électricité, les premiers concernés en règle générale sont les consommateurs commerciaux et privés. Toutefois, un potentiel d'efficacité considérable sommeille dans le réseau électrique suisse. Une étude réalisée sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie a évalué ce potentiel pour les transformateurs de distribution sur le réseau moyenne et basse tension suisse. L'application des derniers transformateurs à noyau amorphe permettrait d'économiser 200 GWh de courant par an.



Le potentiel d'économie par transformateur à noyau amorphe correspond approximativement à la consommation électrique annuelle d'un foyer de plusieurs personnes. Photo : ABB

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

En règle générale, le consommateur privé ne s'interroge pas beaucoup sur ce qu'il se passe derrière la prise de courant. Il branche le chargeur du téléphone portable à la prise et il est satisfait lorsque l'affichage de chargement apparaît. Le chargeur transforme le courant de 230 Volt de la prise en un courant de 5 V

avec son transformateur intégré et recharge le téléphone portable. Avant d'être disponible pour cette application, le courant a déjà un long parcours à son actif. La Suisse dispose d'un réseau électrique de 250 000 km qui achemine le courant des centrales vers les consommateurs. Des pertes de l'ordre de 7 % se produisent sur le long trajet qui sépare le générateur et les consommateurs. Les pertes se produisent dans les conduites

2 Les transformateurs ont encore un potentiel d'efficacité

mais également dans les transformateurs qui assurent que le courant puisse circuler entre les différents niveaux du réseau - les niveaux maximum, haute, moyenne et basse tension.

Attention maximale sur le réseau de distribution

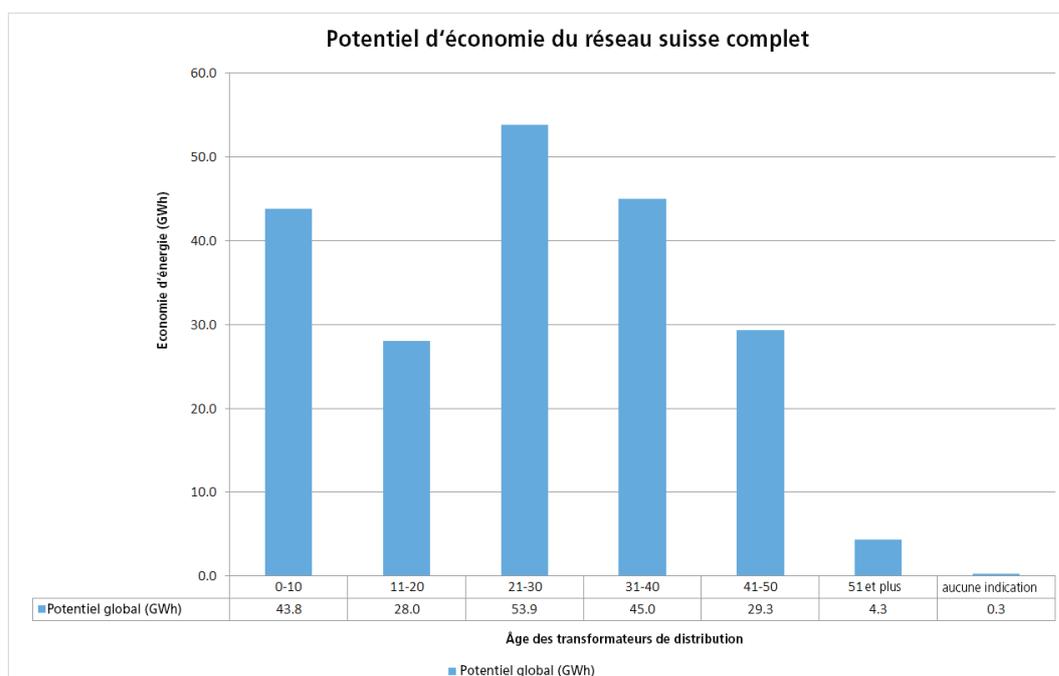
Veiller à une utilisation efficace de l'électricité devrait permettre de réduire autant que possible les pertes du réseau. Une étude de la haute école supérieure technique du Nord-Ouest de la Suisse (FHNW) sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) a désormais évalué de potentiel des gains d'efficacité réalisables en se concentrant sur les transformateurs du réseau de distribution (réseau moyenne et basse tension inférieure à 24 kV) sachant que la puissance apparente des transformateur se situait entre 100 et 2000 kVA. L'analyse incluait tous les transformateurs que les environ 700 fournisseurs en énergie (EVU) exploitent sur le réseau de distribution suisse. Toutefois, l'analyse de l'efficacité associait également les transformateurs qui assurent l'alimentation électrique dans les usines d'aliments pour bétail, les brasseries et de



Karin Dreyer a écrit l'étude sur l'efficacité des transformateurs à l'École technique supérieure sur le site de la FHNW à Windisch. Photo : zVg

nombreuses autres exploitations industrielles et commerciales. Les nombreux transformateurs, certes puissants mais moins significatifs du réseau de transport n'ont pas été considérés dans l'étude.

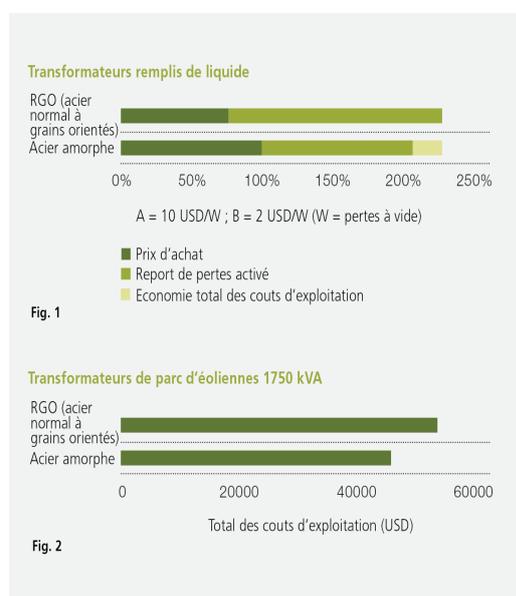
L'étude de l'OFEN chiffre les pertes dans les transformateurs appliqués sur le réseau de distribution suisse actuel (2014) à 406 GWh par an. Si les convertisseurs de tension étaient remplacés par les derniers transformateurs avec des tôles en alliages amorphes indépendamment de leur ancienneté, les pertes seraient réduites à 204 GWh, ce qui correspond à un gain d'efficacité de 0,3 % de la consommation électrique nationale



Même les transformateurs encore récents (barre de gauche) contribuent considérablement au potentiel d'économie de la Suisse entière. C'est en partie dû au fait que leur part du potentiel global de 25 % est relativement élevée, mais également au fait que le potentiel d'efficacité techniquement réalisable n'est pas entièrement exploité. Photo : Trafo-Studie 2014.

3 Les transformateurs ont encore un potentiel d'efficacité

(59 323 GWh en 2013). « Cette étude démontre que le remplacement d'un unique transformateur par un transformateur à noyau amorphe permettrait d'économiser de 5 à 6 MWh d'énergie électrique par an », écrit l'auteur de l'étude Karin Dreyer qui a réalisé l'analyse sur le site de la FHNW à Windisch (École supérieure technique). Au regard des futures décisions d'acquisition des EVU et des utilisateurs industriels, Dreyer conseille : « L'efficacité énergétique devrait prendre une



La figure 1 illustre que le total des frais d'un transformateur à noyau amorphe peuvent être inférieurs à ceux d'un transformateur traditionnel à noyau RGO pendant un cycle de vie. L'illustration 2 compare les frais d'exploitation totaux des deux technologies sur l'exemple d'un transformateur appliqué dans un parc d'éoliennes. Graphique : ABB

place considérable dans le processus de décision à l'avenir. »

Le potentiel d'efficacité par transformateur correspond approximativement à la consommation électrique annuelle d'un foyer de plusieurs personnes. Dans la mesure où un total de 70.000 à 80.000 transformateurs sont exploités sur le réseau de distribution suisse, la somme de chaque contribution représen-

te un potentiel considérable. L'étude déduit le nombre total des transformateurs des EVU et des exploitations industrielles et commerciales de l'extrapolation des informations d'entreprises publiques de distribution sélectionnées en relation avec les indications de l'Inspection fédérale des installations à courant fort et de l'autorité de régulation ElCom. Sur le nombre total, 49.000 transformateurs reviennent aux réseaux de distribution des EVU, de 21.000 à 31.000 autres transformateurs aux exploitations industrielles et commerciales ; l'étude fournit ici une estimation approximative. Analysés par classes de puissance, les transformateurs d'une puissance de 400 à 600 kVA dominent.

Nette réduction des pertes à vide

Bien que les fournisseurs soient sous pression par rapport aux coûts, on ne peut pas leur reprocher d'avoir négligé les investissements pour le remplacement de leurs transformateurs. Au cours des dernières années, 25 % des transformateurs ont été remplacés, ce qui correspond au taux de remplacement naturel pour une durée de vie de 40 ans. Lors de l'évaluation par tranches d'âge, l'auteur de l'étude Karin Dreyer a observé un fait intéressant : « Le réseau de transformateurs de distribution suisse a été fortement modernisé au cours des dernières années. Toutefois, les pertes n'ont pas connu de réduction significative. » Martin Streicher-Porte, professeur à l'Institut pour la biomasse et l'efficacité des ressources de la FHNW a une explication simple pour ce résultat : « Apparemment, les EVU ont fait des réserves de transformateurs et ont ainsi intégré des transformateurs qui ne correspondent plus au niveau actuel de la technique au cours des dernières années. »

Les transformateurs à noyau en métal amorphe correspondent au niveau actuel de la technique en termes d'efficacité énergétique. Leurs pertes à vide sont jusqu'à 70 % inférieures à celles des transformateurs conventionnels avec à noyau en métal RGO (Regular Grain Oriented). Ici, le noyau sur lequel les deux bobines sont enroulées ne se compose

pas de tôles en silicium laminées à froid et à grains orientés mais d'un matériau amorphe dont les atomes ne forment pas une structure cristalline en raison d'un processus de fabrication spécial. Le métal amorphe se magnétise plus facilement, ce qui réduit les pertes d'hystérèse et ainsi les pertes à vide du transformateur. Les matériaux amorphes réduisent également les pertes par courants de Foucault, ce qui réduit également les pertes à vide.

Les transformateurs haute performance à noyau amorphe ont été conçus dans les années 1970 mais ne se sont pas établis sur le marché en raison de leur prix élevé. Depuis quelques années, la technologie connaît une renaissance en raison des exigences croissantes en termes d'efficacité énergétique. Selon les informations de l'ingénieur dipl. Andreas Suranyi, manager pour les solutions d'efficacité énergétique chez ABB Suisse, environ 2 % des 2000 transformateurs de distribution refroidis par huile vendus en suisse reposent actuellement sur la technologie amorphe. « Le potentiel d'efficacité n'est pas réalisé même si les solutions techniques sont disponibles », regrette Suranyi. ABB est un leader dans la construction de transformateurs et un des plus grands fournisseurs en Suisse avec Rauscher&Stöcklin, Siemens et Schneider Electric. Le groupe a apporté le savoir-faire d'un fabricant pour l'étude de la FHNW sur les transformateurs.

Observation du cycle de vie complet

Il y a différentes raisons à la demande hésitante de transformateurs énergétiquement efficace. En raison de la structure spécifique du métal, les transformateurs amorphes sont un peu plus volumineux que les appareils traditionnels et le niveau sonore est légèrement plus élevé. Les dimensions des transformateurs amorphes ont pour conséquence que les stations transformatrices ne peuvent pas être installées dans des lieux étroits et qu'elles ne sont pas adaptées pour les environnements sensibles au bruit. Toutefois, la raison

principale pour laquelle les transformateurs amorphes ne sont utilisés que de manière sporadique est leur prix d'environ 20 % supérieur aux appareils traditionnels en raison des matériaux utilisés. Le niveau de la différence de prix reste toutefois une question de considération : « La situation est positive lorsque la comparaison s'effectue sur la durée de vie complète car la plupart du temps, les transformateurs amorphes ont les couts les plus bas par cycle de vie », affirme Roland Hasler, chef de marché pour les transformateurs chez ABB.

Un investissement de remplacement dans des transformateurs amorphes est d'autant plus rentable si le gain d'efficacité entre en ligne de compte. C'est particulièrement vrai en cas de prix d'énergie élevés. En vue des prix actuellement bas de l'énergie, l'attrait économique pour l'acquisition d'un transformateur amorphe avec des valeurs de pointe en termes d'efficacité est plutôt faible auprès des exploitants de transformateurs. Dans l'étude de la FHNW, les fournisseurs et utilisateurs (EVU) de transformateurs de distribution ont formulé des recommandations aux organismes gouvernementaux sur la manière d'augmenter la vente de transformateurs efficaces à noyau amorphe. A leur avis, les appels d'offres publics ne devraient pas considérer un prix d'achat (aussi bas que possible) comme critère principal mais tenir compte des couts sur l'intégralité de la durée de vie (y compris les frais d'exploitation et d'énergie/économies). Les intervenants sur le marché sont également favorables à l'introduction d'un label d'efficacité énergétique pour les transformateurs, analogue à la réglementation EU en vigueur (cf. zone texte).

Aide financière du programme 'ProKilowatt'

Une autre recommandation est l'encouragement des acquisitions de transformateurs modernes à noyau amorphe par des mesures d'information et des mesures financières. Dans ce contexte, on parle également d'une

« prime de déchirage » qui pourrait permettre au transformateur de recharge de se faire une place dans l'industrie, dans laquelle la durée de vie des transformateurs est de 25 ans. Entretemps, le soutien financier pour les mesures de remplacement est déjà possible dans l'industrie. Dans le cadre des appels d'offres publics ProKilowatt, l'OFEN soutient depuis peu les entreprises industrielles lors du « remplacement des transformateurs propres à leur entreprise », comme indiqué dans les documents de l'appel d'offres. « Nous avons déjà obtenu les premières demandes de subvention pour les transformateurs énergétiquement efficaces », affirme Grégoire Blanc, directeur du service commercial ProKilowatt.

ProKilowatt participe au financement de mesures d'efficacité d'un ordre de 20 à 40 % de l'investissement total à prendre en compte. L'exploitation industrielle endosse les 60 à 80 % des frais restants. Le programme d'aide mis en œuvre par le bureau de planification Planair SA operativ s'adresse à toutes les ex-

ploitations industrielles qui disposent de leur propre infrastructure réseau dans le domaine de la moyenne et basse tension. Les transformateurs à partir de 630 kVA sont envisageables pur les mesures de remplacement.

- » Vous trouverez le rapport final du projet sur : http://www.bfe.admin.ch/forschungelektrizitaet/01740/01748/01751/02199/index.html?lang=en&dossier_id=06143
- » Roland Brüniger (roland.brueeniger[at]r-brueeniger-ag.ch), directeur du programme de recherche sur les technologies et les applications électriques de l'OFEN, communique des informations supplémentaires.
- » Vous trouverez des informations supplémentaires sur le programme d'aide «ProKilowatt» sur : www.prokilowatt.ch.
- » Vous trouverez d'autres articles spécialisés concernant les projets de recherche, pilotes, de démonstration et phares dans le domaine de l'électricité sur le lien suivant: www.bfe.admin.ch/CT/electricite

Pertes à vide versus pertes de charge

Les transformateurs ont des profils de charge très différents. Selon une étude européenne, la charge moyenne transmise des transformateurs de distribution appliqués par les EVU est de 18,9 %. En cas de débit si bas, les pertes à vide dominent tandis que les pertes de charge sont moins importantes. Dans la mesure où les transformateurs à noyau amorphe réduisent les pertes à vide, cette technologie est très adaptée pour lesdits transformateurs.

En revanche, la situation est très différente pour les transformateurs industriels. Ces transformateurs ont souvent un taux d'utilisation élevé ; les pertes de charges, proportionnelles au carré à la charge croissante, prennent une plus grande importance et dépassent le plus souvent les pertes à vide.

La norme européenne EN 50464-1 autorise à classer les transformateurs par classes d'efficacité définies en fonction de leurs pertes à vide et pertes de charge. De pays comme l'Australie, la Chine, l'Inde et les États-Unis ont développé les normes d'efficacité.

L'Europe a élaboré récemment des exigences minimales en termes d'efficacité pour les transformateurs de distribution. Toutefois, ces normes sont très inférieures au standard actuel des transformateurs suisses et n'ont donc aucun effet pour la Suisse. BV

Office fédéral de l'énergie OFEN

Mühlestrasse 4, CH- 3063 Ittigen, Adresse postale: CH-3003 Berne
Téléphone +41 (0)58 462 56 11, Fax +41 (0)58 463 25 00
cleantech@bfe.admin.ch, www.bfe.admin.ch