Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 106 (2015)
Heft: 9

Artikel: Stocker l'énergie électrique sous forme de chaleur dans les bâtiments
Autor: Maitre, G. / Basso, G. / Steiner, C.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856711

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Stocker l'énergie électrique sous forme de chaleur dans les bâtiments

Potentiel et esquisse de mise en œuvre

Un recours massif aux énergies renouvelables intermittentes que sont le solaire et l'éolien nécessite la mise en œuvre de moyens de stockage. Dans cet article, une solution de stockage sous forme de chaleur dans les bâtiments résidentiels est envisagée. Son potentiel à l'échelle de la Suisse est évalué à partir des données de l'Office fédéral de la statistique et des pistes sont données pour sa mise en œuvre. Cette méthode a l'avantage considérable de ne pas nécessiter de nouvelles infrastructures de puissance.

G. Maître, G. Basso, C. Steiner, D. Gabioud, P. Roduit

Le remplacement de l'énergie nucléaire par les énergies renouvelables intermittentes que sont le solaire et l'éolien nécessite d'adapter la consommation à la production. À partir d'un certain taux de pénétration de ces nouvelles énergies, la simple adaptation de la consommation n'est plus possible, il faut avoir recours au stockage [1]. Les projets de pompage-turbinage actuellement en cours de réalisation en Suisse en sont des exemples. Cet article propose de stocker l'énergie électrique sous forme de chaleur dans les bâtiments résidentiels en utilisant leur système de chauffage.

Lorsqu'il est enclenché, un système de chauffage fournit une puissance thermique qui dépasse les déperditions de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment. Ce surplus, intégré dans le temps, constitue un stock d'énergie thermique. Actuellement, celui-ci est de faible ampleur et diminue graduellement jusqu'au redémarrage du chauffage, quand l'énergie stockée est dissipée par les déperditions thermiques. Il serait cependant possible d'augmenter l'ampleur de ce stockage et de conserver la chaleur emmagasinée sur une plus longue durée en réenclenchant plus tôt le système de chauffage.

Le bâtiment comme unité de stockage

Cette section montre, d'une part, qu'un bâtiment ordinaire équipé d'un système de chauffage électrique conventionnel fonctionnant en mode tout ou rien (on/off) peut être vu comme une unité de stockage d'énergie électrique. D'autre part, l'évaluation du potentiel de stockage d'une maison individuelle de construction récente est présentée.

Modèle thermodynamique simplifié du bâtiment

Il est d'usage de considérer un bâtiment comme un système fermé au sens de la thermodynamique (figure 1). Ainsi la variation temporelle de son énergie thermique interne (dQ_i/dt) est égale au bilan des apports de la puissance thermique du chauffage (P_h), des gains passifs (P_g), tels que le rayonnement solaire à travers les vitrages ou la présence des habitants, et des déperditions de chaleur (P_l) dues notamment à la conduction thermique à travers l'enveloppe du bâtiment. Pour simplifier la notation dans la suite de cet article, la grandeur $P_{l'}$ est introduite. Dénommée « déperditions réduites », elle représente la partie des déperditions de chaleur (P_l) qui ne sont pas compensées par les gains passifs (P_g).

$$\frac{dQ_i(t)}{dt} = P_h(t) + P_g(t) - P_l(t) = P_h(t) - P_{l'}(t) \quad (1)$$

Par ailleurs, on associe au bâtiment une température intérieure $T_i(t)$, proportionnelle à l'énergie thermique interne $Q_i(t)$:

$$T_i(t) = \frac{1}{c} Q_i(t) \quad (2)$$

C étant la capacité thermique du bâtiment, indépendante de la température et du temps, dépendant uniquement de la nature, de la quantité et de la disposition des matériaux de construction.

Il est d'usage d'exprimer C comme produit de la superficie SRE [2] par une capacité spécifique c. Selon [2], la valeur de c est relativement constante pour les bâtiments résidentiels et se situe dans les environs de 0,5 MJ/m²K.

Modèle simplifié des déperditions de chaleur

Les déperditions de chaleur vers l'extérieur du bâtiment se font par échange d'air et par conduction à travers l'enveloppe du bâtiment. Ce deuxième cas constitue la majeure partie des déperditions, du moins dans les bâtiments modernes. La puissance thermique des déperditions par conduction à travers l'enveloppe (P_{lc}) est proportionnelle à la

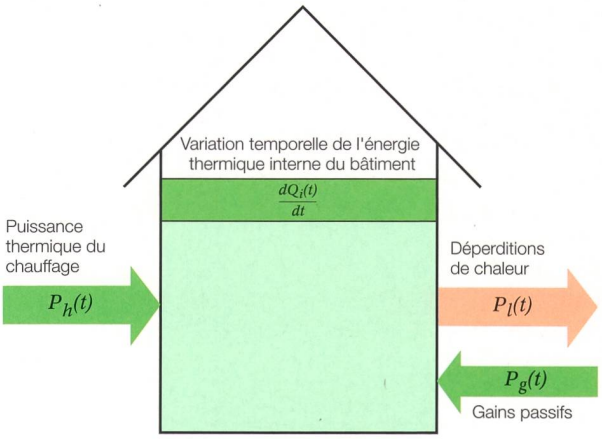


Figure 1 Énergie thermique d'un bâtiment, apports et déperditions de chaleur.

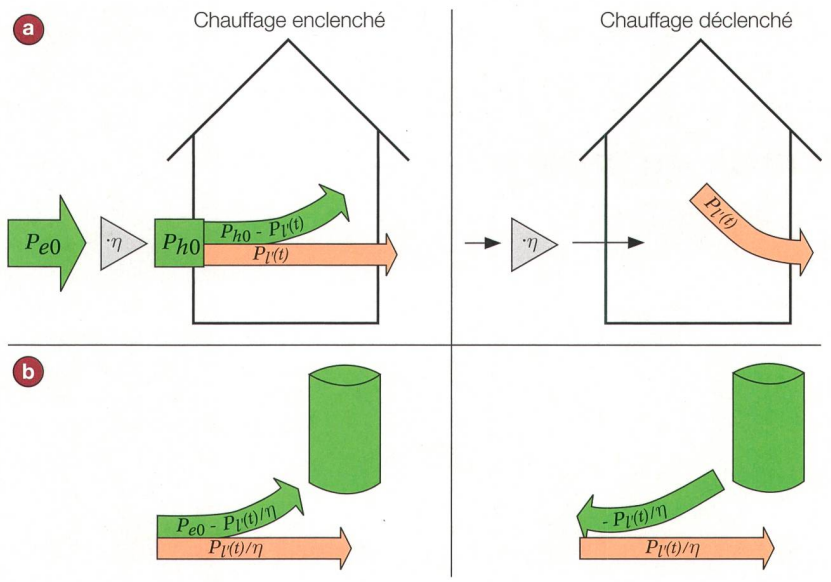


Figure 2 Vue d'un bâtiment comme unité de stockage d'énergie : a) thermique et b) électrique.

différence entre les températures intérieure T_i et extérieure T_e :

$$P_{lc}(t) = K \cdot (T_i(t) - T_e(t)) \quad (3)$$

Pour une enveloppe uniforme, le coefficient noté ici K est égal au coefficient de conductibilité thermique U en W/m²K, dépendant des matériaux constituant l'enveloppe et de leurs épaisseurs, multiplié par l'aire A_e de l'enveloppe.

Modèle simplifié du chauffage électrique

Un chauffage électrique conventionnel (résistif ou pompe à chaleur) fonctionne en mode tout ou rien (on/off). Lorsqu'il est enclenché, il fournit une puissance thermique constante P_{h0} supérieure aux déperditions réduites $P_{l'}(t)$. Lorsqu'il est déclenché la puissance fournie est nulle.

La puissance thermique P_{h0} est liée à la puissance électrique consommée P_{e0} par le facteur de rendement η :

$$P_{h0} = \eta \cdot P_{e0} \quad (4)$$

η est appelé « coefficient de performance (COP) » pour une pompe à chaleur (PAC). Dans le cas d'un chauffage électrique résistif, η vaut 1. Le COP d'une pompe à chaleur est supérieur à 1, mais il varie avec la différence entre la température de départ de la distribution de chaleur et la température de la source froide (sous-sol, air extérieur, etc.) : plus la différence est grande, plus petit est le COP.

L'état d'enclenchement du chauffage est déterminé par un thermostat pour maintenir la température intérieure dans une plage de température $\pm\Delta T_{i0}$ autour d'une température de consigne T_{i0}.

Stockage d'énergie thermique

Comme représenté graphiquement dans la **figure 2a,** lorsque le système de chauffage est enclenché, une partie de la puissance délivrée compense les déperditions réduites $P_{l'}(t)$. Le surplus augmente l'énergie thermique interne $Q_i(t)$ et, ce faisant, la température intérieure $T_i(t)$. Lorsque le chauffage est déclenché, les déperditions réduites puisent dans la réserve d'énergie thermique accumulée, diminuant également la température intérieure.

Le bâtiment fonctionne donc comme « pile » d'énergie thermique avec une puissance thermique de charge égale à :

$$P_c^{th}(t) = P_{h0} - P_{l'}(t) \quad (5)$$

et une puissance thermique de décharge égale à :

$$P_d^{th}(t) = -P_{l'}(t) \quad (6)$$

Si l'on désigne par D_1 la durée d'enclenchement du chauffage, l'énergie thermique stockée dans le bâtiment durant la période d'enclenchement vaut :

$$\Delta Q_i = \int_{D_1} (P_{h0} - P_{l'}(t))\, dt \quad (7)$$

En appliquant **l'équation 2,** on obtient :

$$\Delta T_i = \frac{1}{c} \Delta Q_i \quad (8)$$

qui associe à l'énergie thermique stockée ΔQ_i une variation de température intérieure ΔT_i.

Stockage d'énergie électrique

Du point de vue électrique, le consommateur intermittent qu'est le système de chauffage fonctionnant en mode on/off peut être représenté **(figure 2b)** comme la combinaison d'un consommateur permanent de consommation $P_{l'}(t)/\eta$ et d'une unité de stockage dont la puissance de charge vaut :

$$P_c^e(t) = P_{e0} - P_{l'}(t)/\eta \quad (9)$$

et la puissance de décharge :

$$P_d^e(t) = -P_{l'}(t)/\eta \quad (10)$$

La quantité d'énergie électrique stockée en chaleur dans le bâtiment vaut :

$$\Delta E = \int_{D_1} (P_{e0} - P_{l'}(t)/\eta)\, dt \quad (11)$$

Si η peut être considéré comme constant durant la période d'enclenchement, la relation suivante apparaît :

$$\Delta E = \frac{1}{\eta} \Delta Q_i \quad (12)$$

qui met directement en relation les énergies thermique et électrique stockées.

Potentiel de stockage d'une maison individuelle

On considère une maison individuelle ayant une SRE de 160 m² avec deux variantes au niveau de l'isolation (valeurs U), l'une correspondant au standard de 1980 et l'autre au standard de 2010, et trois variantes au niveau du chauffage :

- chauffage PAC air/eau, utilisant l'air environnant comme source froide, COP -7/35 : 2,3, COP 7/35 : 3,4 ;
- chauffage PAC eau/eau, utilisant le sous-sol profond comme source froide, COP B0/W35 : 4,8 ;
- chauffage résistif : ce type de chauffage, qui n'est plus installé, sert uniquement de référence.

En prenant la valeur standard de 0,5 MJ/m²K pour la capacité thermique spécifique c, la capacité thermique C du bâtiment vaut, pour une SRE de 160 m², 80 MJ/K ou 22,2 kWh/K. Sur la base des

		Bâtiment de 1980			Bâtiment de 2010		
	Temp. ext.	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif
Énergie thermique / MJ				80			
Énergie électrique / kWh	-7 °C	9,7	4,6	22,2	9,7	4,6	22,2
	7 °C	6,5			6,5		
Équivalent durée de chauffage / h	-7 °C		2,3			8,5	
	7 °C		4,8			17,6	

Tableau 1 Quantité d'énergie stockée en augmentant la température intérieure du bâtiment de 1 °C.

		Bâtiment de 1980			Bâtiment de 2010		
	Temp. ext.	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif
Déperditions / kW	-7 °C		9,6			2,6	
	7 °C		4,6			1,3	
Puissance thermique de charge / kW	-7 °C	5,3	3,4		3,1	2,4	
	7 °C	17,5	8,4		7,2	3,7	
Puissance thermique de décharge / kW	-7 °C		9,6			2,6	
	7 °C		4,6			1,3	
Puissance électrique de charge / kW	-7 °C	2,3	0,7	3,4	1,4	0,5	2,4
	7 °C	5,1	1,7	8,4	2,1	0,8	3,7
Puissance électrique de décharge / kW	-7 °C	4,2	2,0	9,6	1,1	0,5	2,6
	7 °C	1,4	1,0	4,6	0,4	0,3	1,3

Tableau 2 Puissances de charge et de décharge.

		Bâtiment de 1980			Bâtiment de 2010		
	Temp. ext.	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif	PAC air/eau	PAC eau/eau	Résistif
Durée de charge / h	-7 °C	4,2	6,6		7,1	9,3	
	7 °C	1,3	2,7		3,1	5,9	
Durée de décharge / h	-7 °C		2,3			8,5	
	7 °C		4,8			17,6	

Tableau 3 Durées de charge et de décharge pour une énergie correspondant à 1 °C de variation de température intérieure.

valeurs U, le coefficient K a été déterminé comme valant 356 W/K pour la construction de 1980 et 97 W/K pour la construction de 2010. Les puissances thermiques nécessaires des systèmes de chauffage correspondants sont de 13 et 5 kW respectivement. Dans le cas de la PAC air-eau à COP variable, on suppose une puissance électrique consommée constante de 6,5 et 2,5 kW respectivement.

Les quantités d'énergie thermique et électrique stockable en augmentant la température intérieure de 1 °C sont données dans le **tableau 1**. Une mesure intéressante de la quantité d'énergie stockée est l'équivalent en durée de chauffage, c'est-à-dire pendant combien de temps l'énergie accumulée suffit-elle à alimenter les déperditions. Cette grandeur peut également être lue dans le **tableau 1**.

Le **tableau 2** contient les puissances thermiques et électriques de charge/décharge pour des valeurs constantes de température extérieure. Il contient également les quantités de déperdition de chaleur, grandeurs dont les autres valeurs dépendent.

Le **tableau 3** donne les durées de charge/décharge pour un stock d'énergie correspondant à une variation de température intérieure de 1 °C et pour des valeurs constantes de température extérieure.

Agrégation

En mode de fonctionnement normal, chaque thermostat agit de manière indépendante et les phases d'enclenchement et de déclenchement d'un groupe de bâtiments se chevauchent de manière aléatoire de sorte qu'aucun effet global de stockage n'émerge.

Pour obtenir un effet global, une synchronisation est nécessaire. La **figure 3** présente le cas de N unités dont les phases de charge débutent au même moment t_0 et dont les puissances sont supposées constantes. Elles sont empilées par durées de charge décroissantes. Ainsi, l'enveloppe donne l'allure de la puissance de charge globale. Comme c'est seulement un profil de type rectangulaire qui présentera un intérêt sur le marché de l'électricité, il faudra donc agréger des unités dont les durées de charge sont quasiment identiques.

Conditions de mise en œuvre

Un fournisseur d'électricité peut être intéressé à agréger les capacités de stockage de ses clients à condition que l'infrastructure nécessaire à sa mise en œuvre ne soit pas trop coûteuse. Par ailleurs, pour que l'agrégateur puisse tirer profit d'un tel outil, il doit connaître la capacité de stockage dont il dispose et les profils de charge/décharge. Pour cela, il doit notamment connaître les caractéristiques générales des systèmes de chauffage installés et les déperditions de chaleur instantanées comme en témoignent les **équations (9) et (10)**.

De son côté, un consommateur peut être intéressé à mettre à disposition sa maison et son installation de chauffage comme unité de stockage d'énergie soit par idéal, soit pour en tirer un bénéfice économique. Dans tous les cas, le système doit garantir que la variation de la température intérieure reste dans une marge tolérable par rapport au confort voulu. Finalement, il est indispensable que le consommateur accepte de donner à l'agrégateur les informations dont il a besoin sur le bâtiment et l'installation de chauffage.

Un tiers peut également être intéressé à jouer le rôle d'agrégateur qui, d'un côté, prend en charge la complexité de la gestion des chauffages des clients privés et, de l'autre, offre au fournisseur d'électricité ou au gestionnaire de réseau une entité de stockage intéressante soit au niveau des grandeurs d'énergie et puissances de charge/décharge, soit au niveau des profils de puissance (forme rectangulaire).

Scénario envisagé

Les possibilités d'interaction entre agrégateur (unité centrale) et consommateur (installation individuelle de chauffage) se déclinent à l'infini. Le scénario présenté ici cherche à minimiser l'adaptation de l'infrastructure existante.

Travaux préparatoires

Chez le consommateur adhérant à la proposition d'agrégation, l'installation de

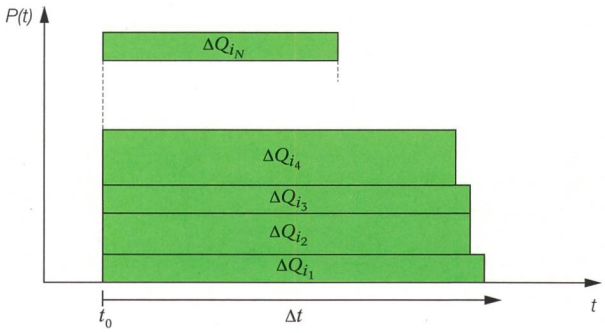


Figure 3 Effet global de stockage d'énergie thermique par synchronisation.

chauffage est modifiée afin de permettre un changement de la température de consigne à la réception d'une commande. Il s'agit donc aussi de mettre en place un moyen de communication par Internet ou de modifier le système existant de communication par le réseau électrique.

Le consommateur et l'agrégateur se mettent d'accord sur la variation ΔQ_i d'énergie thermique mise à disposition (pour rappel, celle-ci dépend de la capacité thermique C du bâtiment et de la variation ΔT_i de la température intérieure acceptée par le résident). Par ailleurs, le consommateur transmet à l'agrégateur les informations nécessaires afin que ce dernier puisse déterminer les paramètres suivants dont il a besoin : le coefficient de déperdition K du bâtiment, la puissance électrique P_{e0} consommée par le système de chauffage lorsqu'il est enclenché, ainsi que son rendement η, ce dernier pouvant être dépendant de la température extérieure. Pour obtenir un bon résultat, il faudra également tenir compte des gains solaires passifs, aspect volontairement laissé de côté à ce stade de la recherche.

Fonctionnement en exploitation

L'agrégation peut ensuite être mise en service, mais ne peut avoir lieu qu'en saison où le chauffage est utilisé.

L'unité de stockage individuelle se trouve dans l'un des 4 états suivants : déchargé, en cours de charge, chargé, en cours de décharge. L'agrégateur envoie les commandes de début de charge et/ou de décharge. La fin de charge et/ou de décharge est déterminée par le thermostat de l'unité de stockage.

L'agrégateur connaît les capacités de stockage individuelles ΔQ_i. À partir d'une estimation de la température extérieure, il peut déduire les puissances de chauffage nécessaires pour compenser les déperditions de chaleur et, à partir de là, les puissances individuelles de charge et de décharge, ainsi que leurs durées. Il peut ensuite gérer les capacités d'énergie/de puissance qu'il a à disposition et, par exemple, planifier un profil de puissance de forme rectangulaire en agrégeant des unités de stockage dont les durées de charge, respectivement de décharge, ont des valeurs très proches.

Potentiel suisse

Cette section donne l'évaluation des capacités de stockage et des puissances de charge/décharge associées en agrégeant tous les bâtiments résidentiels en Suisse équipés d'un système de chauffage électrique (PAC ou résistif). Les calculs se basent sur la « Statistique suisse des bâtiments et logements 2013 » [3].

Données initiales

L'évaluation se base sur trois tables extraites de la « Statistique des bâtiments et logements » contenant :

- le nombre de bâtiments en Suisse selon l'époque de construction, la catégorie de bâtiment et l'agent énergétique pour le chauffage ;
- le nombre de bâtiments en Suisse selon l'époque de construction, la catégorie de bâtiment et le nombre de logements ;
- le nombre de logements en Suisse selon l'époque de construction, la catégorie de bâtiment et la surface du logement.

L'agent énergétique pour le chauffage est utilisé pour sélectionner les bâtiments/logements avec chauffage par pompe à chaleur et ceux ayant un chauffage résistif.

Données transformées

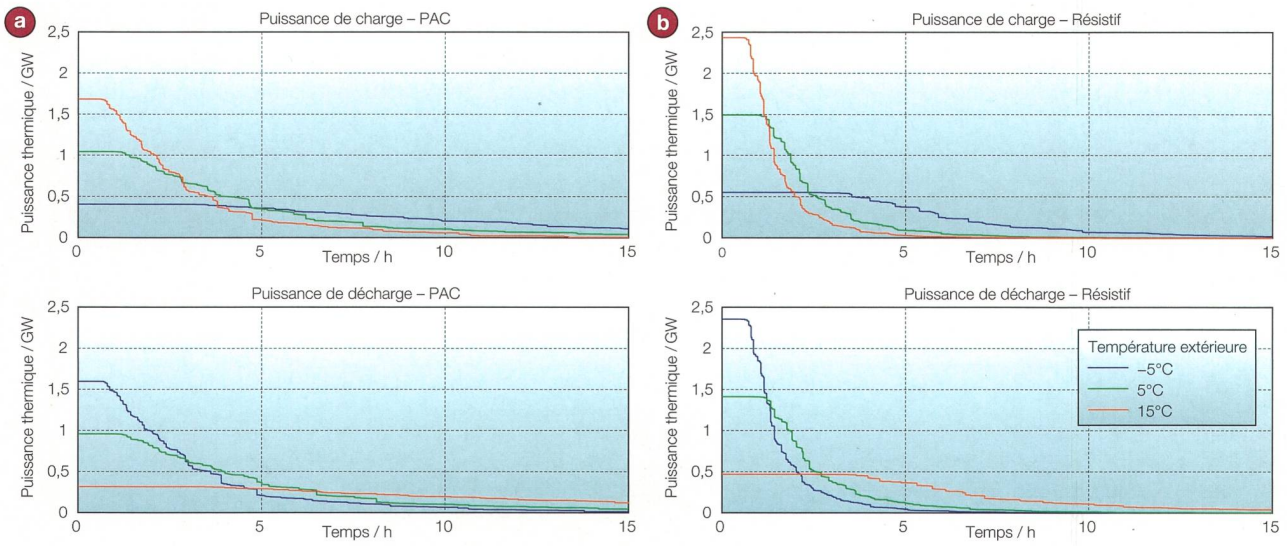
En faisant l'hypothèse d'une part que l'agent énergétique pour le chauffage et le nombre de logements sont des caractéristiques statistiquement indépendantes des bâtiments et, d'autre part, que la surface du logement et le nombre de logements dans le bâtiment sont des caractéristiques statistiquement indépendantes des logements, les deux tables suivantes ont été extraites des données initiales :

- le nombre de logements en Suisse ayant un chauffage par pompe à chaleur répartis selon l'époque de construction, le nombre de logements dans le bâtiment et la surface du logement ;
- le nombre de logements en Suisse ayant un chauffage électrique résistif répartis selon les mêmes critères.

Les critères de répartition des logements vont être utilisés pour estimer les paramètres déterminant le potentiel de stockage, soit les capacités thermiques C, les coefficients de déperdition K et les puissances thermiques de chauffage P_{h0}.

Calcul des paramètres déterminant le stockage

À partir de la capacité thermique spécifique c et de la surface du logement, les capacités thermiques C des logements suisses équipés d'un chauffage électrique (PAC ou résistif) ont été calculées. Pour éviter une surestimation des capacités de



Figures : HES-SO Valais/Wallis

Figure 4 Puissances thermiques de charge (en haut) et de décharge (en bas) pour un stockage dans tous les bâtiments résidentiels en Suisse : chauffage par PAC (a) et électrique résistif (b).

stockage, l'hypothèse d'une valeur de c uniformément répartie sur 0,3, 0,4 et 0,5 MJ/m²K a été prise au lieu de la seule valeur standard de 0,5 MJ/m²K. L'article [2] donne les valeurs du coefficient de conductibilité thermique U en fonction de l'époque de construction du bâtiment. Cependant les époques considérées ne sont pas les mêmes que celles de la Statistique suisse des bâtiments et logements. Les valeurs U issues de [2] ont donc été adaptées par interpolation/extrapolation. D'autre part, la surface A_e de l'enveloppe du logement a été estimée à partir de sa surface et du nombre de logements par bâtiment. À partir des valeurs de U et A_e, le coefficient de déperdition K des logements suisses équipés d'un chauffage électrique a été calculé.

Comme cette information n'existe pas dans la statistique, la puissance thermique P_{h0} du système de chauffage a été estimée comme la valeur nécessaire pour compenser les déperditions à travers l'enveloppe dans les conditions d'une température intérieure de 20 °C et d'une température extérieure de -10 °C, arrondie au demi-kilowatt supérieur.

Résultats

En 2013, 378 858 logements avaient un chauffage par PAC[3] et 329 547 un chauffage électrique résistif.

La capacité de stockage d'énergie thermique pour 1 °C de variation de température intérieure peut être estimée à 18,80 TJ dans les logements équipés de PAC et à 14,09 TJ dans les logements équipés de chauffages électriques résistifs.

Les puissances thermiques de charge et décharge ont été calculées à l'aide de Matlab et sont représentées graphiquement dans la figure 4 pour différentes valeurs de température extérieure, la température intérieure étant fixée à 20 °C. Comme les systèmes de chauffage ont été dimensionnés pour compenser les déperditions de chaleur à une température extérieure de -10 °C, les profils de puissance de charge et de décharge sont équilibrés à une température extérieure située à mi-chemin entre -10 °C et 20 °C, soit 5 °C. À l'équilibre, les puissances thermiques maximales de charge/décharge valaient environ 1,0 GW pour les chauffages par PAC et 1,5 GW pour les chauffages électriques résistifs.

Les durées de charge pour 1 °C de variation de température intérieure étaient, par exemple dans le cas des chauffages par PAC à 5 °C de température extérieure, de 3,78 h à 50 % de la puissance initiale, 10,19 h à 10 % et 19,37 h à 1 %.

En considérant un COP de 3,0 pour les pompes à chaleur et un rendement de 100 % pour le chauffage électrique résistif, la capacité de stockage d'énergie électrique était de 1,741 GWh/°C et 3,914 GWh/°C respectivement, soit un total d'environ 5,65 GWh pour 1 °C de variation. Les puissances électriques maximales valaient environ 0,3 GW et 1,5 GW respectivement, soit un total d'environ 1,8 GW.

Conclusion

En prenant en compte tous les bâtiments résidentiels de Suisse équipés d'un chauffage électrique, le potentiel de stockage d'énergie électrique sous forme de chaleur est d'environ 5,65 GWh pour une variation de 1 °C de la température intérieure des bâtiments. La puissance maximale de charge/décharge à l'équilibre est d'environ 1,8 GW. Ces quantités sont du même ordre de grandeur que celles d'une station de pompage-turbinage telle que celle de Nant de Drance (18 GWh/0,9 GW).

Bien que la solution proposée n'offre pas la possibilité de retransformer l'énergie stockée en énergie électrique, elle mérite, de par les quantités mises en jeu, une étude plus approfondie. Ceci d'autant plus qu'elle ne nécessite pas la construction de nouveaux équipements. Il suffit en effet de réaliser des modifications au niveau du réglage des installations de chauffage et des moyens de télécommunication.

Références

[1] A. Castillo and D. F. Gayme: Grid-scale energy storage applications in renewable energy integration: A survey. Energy Conversion and Management, Vol. 87, pp. 885-894, Nov. 2014.

[2] J. Page, S. Dervey and G. Morand: Aggregating building energy demand simulation to support urban energy design. 30th International Plea Conference, Vol. 1, CEPT University, Ahmedabad, India, 16-18 December 2014, CEPT University Press, pp. 378-385, 2014. www.plea2014.in/wp-content/uploads/2014/12/Paper_3D_2358_PR.pdf

[3] Office fédéral suisse de la statistique: Statistiques des bâtiments et logements (GEWO). Accès en ligne. www.pxweb.bfs.admin.ch/Default.aspx?px_language=fr, accédé le 15.01.2015.

Auteurs

Dr **Gilbert Maître** est adjoint scientifique à l'Institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais. Il collabore actuellement au projet Agreflex, Agrégation de charges flexibles, financé par EOS Holding.
Institut Systèmes industriels, HES-SO Valais, 1950 Sion, gilbert.maitre@hevs.ch

Dr **Gillian Basso** est assistant post-doc à l'Institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais. Il collabore actuellement au projet européen Semiah.
gillian.basso@hevs.ch

Claudio Steiner est ingénieur HES en systèmes industriels. Il travaille à l'Institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais et collabore au projet Semiah.
claudio.steiner@hevs.ch

Prof. **Dominique Gabioud** est professeur à l'Institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais. Il est actif dans le domaine des systèmes d'information pour le « metering » et l'automation du réseau électrique.
dominique.gabioud@hevs.ch

Prof. Dr **Pierre Roduit** est professeur d'informatique à l'Institut Systèmes industriels de la HES-SO Valais. Il est actuellement actif dans l'analyse automatique des courbes de charge (projets Apeas, CTI/OFEN) et dans la gestion de la charge (projet Semiah, EU-FP7).
pierre.roduit@hevs.ch

1) Un état de l'art des moyens de stockage est donné dans [1].

2) La surface de référence énergétique (SRE), selon la définition de la norme SIA 416/1:2007, est la somme de toutes les surfaces de plancher des étages et des sous-sols qui sont inclus dans l'enveloppe thermique et dont l'utilisation nécessite un chauffage ou une climatisation.

3) L'OFS ne distingue pas les énergies primaires utilisées par les PAC. Le calcul a été effectué en faisant l'hypothèse que toutes les PAC fonctionnaient à l'électricité.

Zusammenfassung **Elektrische Energie als Wärme in Gebäuden speichern**

Potenzial und Umsetzungsskizze

Ein breiter Einsatz der intermittierenden erneuerbaren Energiequellen Solar- und Windkraft erfordert die Implementierung entsprechender Energiespeicher. Dieser Artikel schlägt eine Lösung vor, bei der Energie als Wärme in Gebäuden gespeichert wird. Die Leistung, die von elektrischen Heizungen (Wärmepumpen oder Widerstandselementen) nicht zur Kompensation der Wärmeverluste benötigt wird, kann stattdessen zur Erhöhung der Innentemperatur genutzt werden. Die Heizung wird dazu bereits zu einem Zeitpunkt eingeschaltet, bevor die gespeicherte Energie infolge der Wärmeverluste vollständig ausgenutzt wird.
Betrachtet man alle Wohngebäude in der Schweiz mit Elektroheizungen, so beträgt das Speicherpotenzial ca. 5,65 GWh bei einer Schwankung der Gebäudeinnentemperatur von 1 °C. Die maximale Lade- bzw. Entladeleistung beträgt etwa 1,8 GW. Dies liegt in der Grössenordnung eines Pumpspeicherkraftwerks wie beispielsweise Nant de Drance (18 GWh/0,9 GW). Auch wenn es die vorgeschlagene Lösung nicht ermöglicht, die gespeicherte Energie wieder in elektrische Energie umzuwandeln, lohnt es sich, sie näher zu untersuchen, denn sie erfordert keine neuen Anlagen. Es sind nur Änderungen an der Regelung der Heizungsanlagen und an den Telekommunikationseinrichtungen erforderlich. CHe