

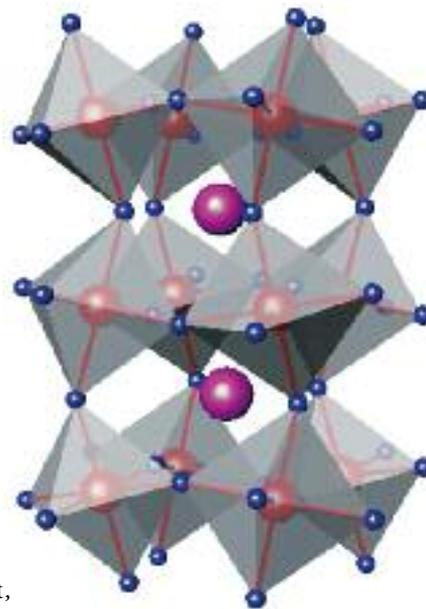
La métamorphose de l'énergie dans un cristal

Les scientifiques de l'Empa réunis autour de Anke Weidenkaff veulent produire du courant écologique à partir de chaleur perdue à l'aide de ce que l'on nomme les pérovskites. Ces oxydes métalliques possèdent une structure cristalline spéciale qui leur permet de transformer la chaleur directement en électricité

TEXTE: Laura Meier / ILLUSTRATIONS: Empa

On les dénomme thermoélectriques: des matériaux qui produisent de l'électricité dès qu'il sont soumis à une différence de température. Sans bruit, sans usure ni émissions et sans influencer grandement le climat. La scientifique de l'Empa Anke Weidenkaff, qui dirige le laboratoire «Chimie du solide et catalyse», et son équipe sont à la recherche de matériaux qui permettent d'utiliser ce phénomène à des fins pratiques

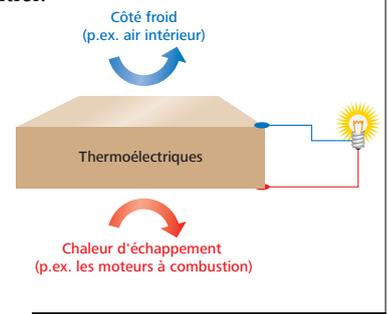
Les thermoélectriques ne sont pas nouveaux; les substances jusqu'ici «courantes» contiennent toutefois du tellure, un métal rare et donc cher – et qui de plus est toxique. Par ailleurs ils ne sont stables que jusqu'à une température de 300 degrés et présentent encore un rendement plutôt modeste. Raison pour laquelle les chercheurs de l'Empa désirent développer des thermoélectriques non toxiques, stables et plus efficaces. Lors du deuxième «Thermopower Symposium» international qui s'est tenu à l'Empa, ils ont présenté les résultats les plus récents de leurs travaux sur des thermoélectriques céramiques à structure de type pérovskite.



Structure cristalline de type pérovskite

L'effet Seebeck

Une différence de température au sein d'un conducteur électrique entraîne une différence de potentiel électrique et ainsi l'apparition d'une tension. Ce phénomène thermoélectrique est dénommé effet Seebeck, du nom de Thomas Johann Seebeck qui a décrit pour la première fois ce phénomène en 1821. Sur le côté chaud du conducteur, les électrons libres possèdent une énergie de mouvement plus grande et se distribuent davantage du côté froid où la densité électronique est alors plus forte, ce qui produit une différence de potentiel.



Des artistes transformateurs qui produisent du courant écologique

Les pérovskites naturelles sont formées d'ions métalliques chargés positivement, le plus souvent du calcium et du titane, et d'oxygène. Leurs cristaux fréquemment noirs ou rouge brun ont la forme d'un cube déformé. Elles présentent une stabilité très élevée à l'air, ce qui les rend aussi intéressantes pour des applications à des températures de quelques milliers de degrés.

La particularité des pérovskites réside dans leur structure cristalline flexible qui permet des modifications de leur composition chimique. Leurs propriétés varient suivant leur formule globale et elles peuvent alors être soit électroconductrices, soit thermoconductrices ou encore même s'utiliser comme supraconductrices. Dans les laboratoires de l'Empa, les chercheurs tentent d'optimiser ces thermoélectriques par élimination, substitution ou adjonction d'éléments dans leur grille cristalline. Ils synthétisent ainsi de nouveaux matériaux à structure de pérovskite qui, grâce à ce «principe de Lego» élémentaire, peuvent être modifiés de manière ciblée.

La chaleur de l'été pour les froides journées d'hiver

A court terme – pour des heures ou même des jours – il est tout à fait possible de stocker la chaleur, par exemple dans un gros réservoir d'eau. Pour un stockage notablement plus long, le volume de ce réservoir devrait toutefois atteindre le quart de celui de la maison à chauffer.

La solution: le stockage thermochimique

Une approche nouvelle consiste non pas à stocker l'énergie sous forme de chaleur mais sous forme thermochimique en utilisant les propriétés de sorption de certains matériaux. «Notre principe repose sur l'absorption d'eau par un matériaux fortement hygroscopique», explique Robert Weber du laboratoire « Technologies du bâtiment » qui dirige à l'Empa un projet financé par l'Office fédéral de l'énergie. Avec un tel système, des pertes ne se produisent que lors de la «charge» et de la «décharge» de l'accumulateur de chaleur – l'idéal pour un stockage intersaisonnier.

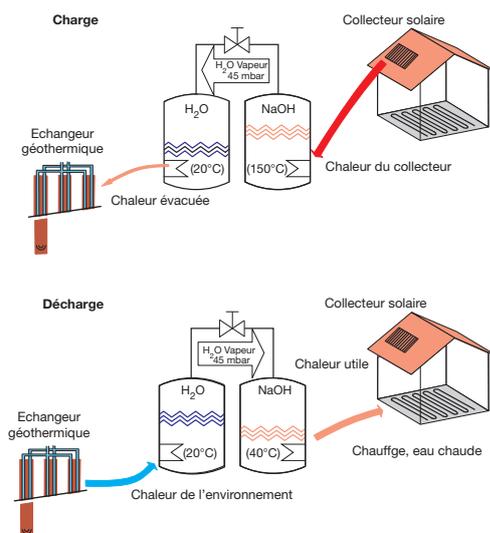
Comme matériau de stockage, l'accumulateur de l'Empa utilise de la soude caustique – une substance peu coûteuse. Autre avantage: au contraire des autres accumulateurs à sorption, ce système fonctionne déjà avec des températures de 120°C, soit des températures que fournissent déjà les collecteurs solaires courants. Avec ce projet, l'Empa se situe à la pointe de la recherche et Weber reçoit de nombreuses demandes d'entreprises intéressées.

Pas encore suffisant pour l'eau chaude sanitaire

Une solution pour le chauffage «seulement» ne satisfait pas ce chercheur de l'Empa – car elle ne serait pas non plus suffisamment rentable. C'est pourquoi il travaille déjà sur un système multiplicatif permettant de produire aussi de l'eau chaude sanitaire. Au lieu de 40 degrés, suffisants pour le chauffage, la température à atteindre est là de 60 degrés. Pour ce développement l'Empa s'est alliée à des partenaires tels que l'Institut de technique solaire de la Haute école technique de Rapperswil. //

A la différence de ce qui se passe dans les thermoélectriques classiques, dans les pérovskites les porteurs de charge se déplacent par «sautilllements» qui dépendent fortement des porteurs de charge voisins et qu'il est ainsi possible d'influencer par un design approprié du matériau. Les chercheurs de l'Empa sont maintenant parvenus à augmenter notablement l'énergie par porteur de charge (entropie de spin) et par là le pouvoir thermoélectrique de leurs nouveaux matériaux; un manganate de calcium passe pour être actuellement le meilleur thermoélectrique à conductivité de type n au monde.

Les bons thermoélectriques doivent posséder une conductibilité électrique élevée et une conductibilité thermique aussi faible que possible. Pour parvenir à cela, les chercheurs de l'Empa ont recours à la nanostructuration des matériaux. «Dans les nanocristallites, le transport de chaleur est à ce point entravé que la conductibilité thermique qui en résulte est trois fois moins élevée – ce qui se traduit aussi par un pouvoir thermoélectrique plus élevé», explique Weidenkaff. Le prochain objectif est de prouver que ces transformateurs d'énergie sont utilisables pour la récupération de la chaleur perdue dans les moteurs à combustion. //



Représentation schématique du mode de fonctionnement de l'installation de sorption pour le stockage de la chaleur: l'énergie est stockée sous forme chimique et elle est libérée à nouveau sous forme de chaleur. Lors de la charge de l'accumulateur, la soude caustique est concentrée à l'aide de la chaleur solaire. Lors de la décharge, la soude caustique est à nouveau diluée, ce qui dégage de la chaleur.