



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

# Projet

## Pompes chaleur d'adsorption compactes



Un nouveau type de pompe à chaleur permet d'utiliser la chaleur plus efficacement



## Un nouveau type de pompe à chaleur permet d'utiliser la chaleur plus efficacement

Si la chaleur dissipée est encore peu exploitée à l'heure actuelle, la situation pourrait bien évoluer grâce à la mise en œuvre de pompes à chaleur d'adsorption. Ces dernières pourraient récupérer et démultiplier la chaleur perdue des usines ou l'énergie thermique issue de sources renouvelables. Jusqu'à présent, les coûts d'investissement liés à ce type d'installations demeuraient toutefois très élevés. C'est pourquoi, des chercheuses et chercheurs de la Haute école technique de Rapperswil viennent de développer une nouvelle pompe à chaleur, plus efficace et donc plus rentable.



La nouvelle pompe à chaleur d'adsorption : ces installations doivent utiliser à l'avenir la chaleur dissipée pour le chauffage et le refroidissement. *Source* : Institut de technique solaire, HSR





## En un coup d'œil

- Beaucoup d'énergie se perd actuellement sous forme de chaleur dissipée. Grâce à des pompes à chaleur d'adsorption, cette énergie thermique pourrait être récupérée et servir aussi bien au chauffage qu'au refroidissement.
- Les coûts d'investissement élevés freinaient jusqu'à présent la diffusion de ces installations. C'est pourquoi, des chercheuses et chercheurs de la Haute école technique de Rapperswil ont développé une nouvelle pompe à chaleur dotée d'un échangeur thermique amélioré.
- Ce système devrait fonctionner de façon plus efficace et plus économe que toutes les solutions précédentes.

La moitié de la consommation totale d'énergie de la Suisse sert à chauffer et climatiser des bâtiments, produire de l'eau chaude ou actionner des processus industriels. Si l'on considère uniquement la consommation d'électricité, 40 % découlent du chauffage et du refroidissement de locaux ou de matériaux. Et cette énergie provient encore majoritairement de ressources fossiles et du nucléaire. « Si l'énergie thermique était utilisée plus efficacement, cela réduirait à la fois les émissions de CO<sub>2</sub> et la dépendance vis-à-vis de l'énergie nucléaire », explique Andreas Häberle, professeur en énergies renouvelables et en technologie environnementale à la Haute école technique de Rapperswil.

Une utilisation plus efficace implique entre autres une exploitation plus systématique de la chaleur dissipée. En effet, des quantités précieuses d'énergie thermique sont encore fréquemment perdues. Les pompes à chaleur dites « d'adsorption » permettraient précisément d'en tirer profit. Elles pourraient par exemple récupérer la chaleur dissipée par les usines ou les centres de calcul, ou optimiser l'énergie issue des installations solaires thermiques. Jusqu'à présent, la mise en œuvre de tels systèmes s'est cependant heurtée à des coûts d'investissement élevés. C'est pourquoi, dans le cadre d'un sous-projet du projet conjoint « Utilisation de chaleur avec des pompes à chaleur d'adsorption », M. Häberle et son équipe de recherche ont perfectionné la conception des pompes à chaleur d'adsorption. En équipant ces dernières de composants inédits et optimisés, ils ont amélioré le flux thermique au cœur de l'installation. Ces pompes à chaleur nouvelle génération sont par conséquent plus efficaces et plus rentables que les versions antérieures.

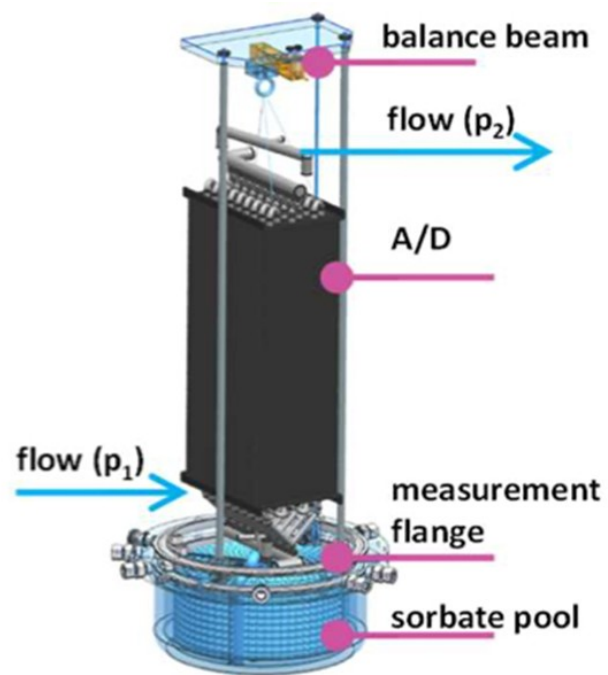
## L'échangeur thermique, un facteur de coût décisif



À l'instar des pompes à chaleur à compression, déjà largement utilisées aujourd'hui, les pompes à chaleur d'adsorption peuvent puiser de la chaleur dans l'environnement et l'amplifier. Pour ce faire, elles nécessitent toutefois une température de sortie plus élevée, de l'ordre de 50 à 60°C. Par rapport aux pompes à chaleur traditionnelles, elles ont en revanche un avantage décisif : elles ne consomment presque pas d'électricité, puisqu'elles utilisent principalement de la chaleur en guise de source d'énergie.

Leur principe de fonctionnement est le suivant : la chaleur ambiante est tout d'abord utilisée pour vaporiser un fluide frigorigène – pour les pompes à chaleur d'adsorption, il s'agit en général tout simplement d'eau. La vapeur d'eau est dirigée vers un échangeur de chaleur à adsorption, en vue d'être adsorbée et comprimée par un matériau de sorption. Durant ce phénomène, la vapeur adsorbée et le matériau de sorption continuent de s'échauffer. Ensuite, l'installation a besoin d'un peu d'énergie thermique supplémentaire à une température supérieure pour restituer la vapeur échauffée, dans le langage technique c'est ce que l'on appelle la phase de désorption. Enfin, la chaleur emmagasinée peut être injectée dans un circuit de chauffage. Tout comme leurs homologues conventionnels, les pompes à chaleur d'adsorption sont réversibles et peuvent donc aussi servir au refroidissement.

Le composant le plus coûteux d'une telle installation est l'échangeur de chaleur à adsorption. C'est pourquoi, les chercheuses et chercheurs ont développé pour ce dernier de nouveaux composants, qu'ils ont d'abord conçu et testé à petite échelle en laboratoire. Pour ce faire, ils ont élaboré une chambre de mesure pouvant être placée sous vide. Dans cette chambre de mesure, ils ont testé le nouvel élément d'échangeur thermique avec des cycles d'adsorption-désorption de durée variable et avec diverses températures d'entraînement. Grâce à une balance intégrée à la chambre, ils ont pu déterminer la quantité de fluide frigorigène absorbée par le matériau de sorption à l'intérieur de l'échangeur thermique. Ceci a par exemple permis aux chercheuses et chercheurs d'étudier les effets d'une chute de pression et de déterminer la puissance de l'échangeur thermique en mode de chauffage et de refroidissement.



La chambre de mesure (ouverte sur la photo) : depuis le réservoir de fluide frigorigène circulaire, tout en bas, la vapeur pénètre dans l'échangeur thermique où elle est adsorbée et comprimée. Tout en haut, une balance à fléau mesure la quantité de vapeur stockée dans l'échangeur thermique. SPF, HSR

Lors de leurs tests et optimisations, les chercheuses et chercheurs avaient une application bien précise en tête : le refroidissement d'un centre de calcul. Ils se sont appuyés pour cela sur les travaux d'un autre sous-projet dans le cadre duquel quatre scénarios prometteurs avaient été conçus et évalués en vue d'une future mise en œuvre de pompes à chaleur d'adsorption.

## L'installation passe à l'échelle supérieure

Après avoir optimisé l'élément d'échangeur thermique pour le refroidissement d'un centre de calcul grâce aux essais en laboratoire, les techniciens en environnement sont passés à l'échelle supérieure : ils ont élaboré des éléments un peu plus efficaces en aluminium – d'une longueur de 80 centimètres au lieu de 50 auparavant – et en ont combiné six d'entre eux pour former un échangeur thermique.

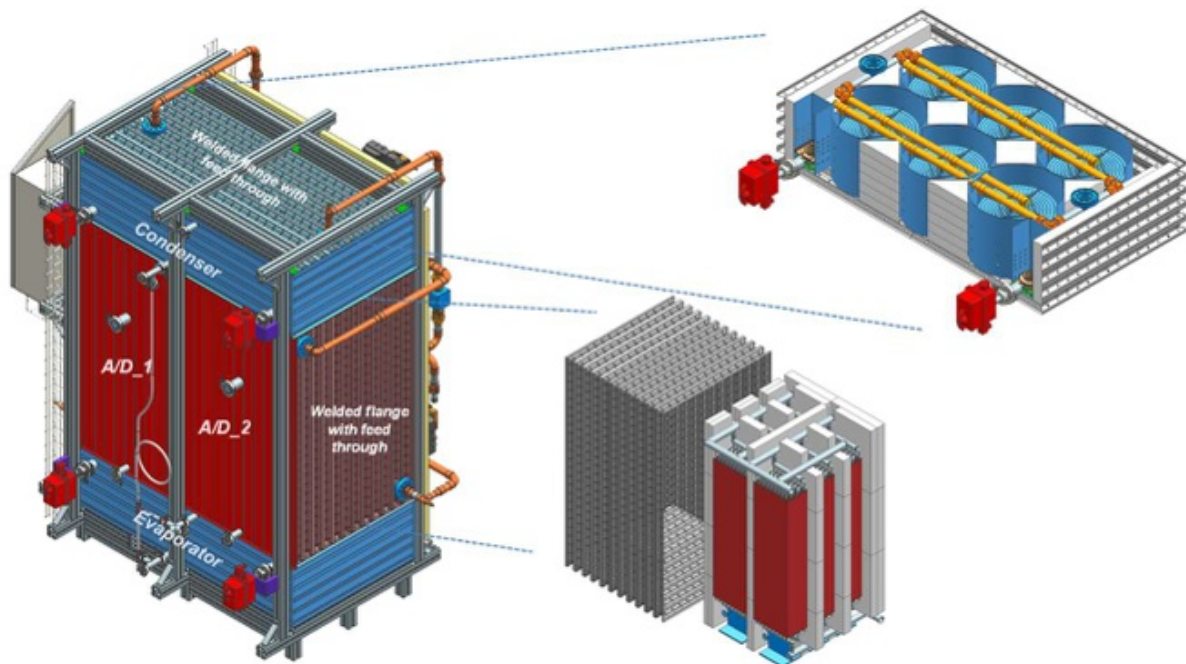


Lors de la conception des éléments, l'équipe s'est assurée que ceux-ci pouvaient être adaptés à différents matériaux de sorption. En effet, le matériau de sorption à l'intérieur des échangeurs thermiques joue également un rôle déterminant dans l'efficacité du processus.

La nouvelle pompe à chaleur prend forme : Walter Camenisch de la Haute école technique de Rapperswil soude les éléments de l'échangeur thermique entre eux. SPF, HSR

Un sous-projet séparé avait d'ailleurs été lancé dans le but de trouver un nouveau matériau hautes performances pour la nouvelle pompe à chaleur. Celui-ci devait pouvoir être intégré ultérieurement au nouvel échangeur de chaleur.

L'équipe autour de M. Häberle a également développé un nouvel évaporateur et un condenseur. Tout ceci a permis de donner naissance à une pompe à chaleur à adsorption optimisée d'une capacité de refroidissement de 10 kilowatts. À titre de comparaison, cette puissance serait suffisante pour climatiser un local de 160 à 200 mètres carrés.



Structure schématique d'une pompe à chaleur d'adsorption : tout en bas, l'évaporateur utilise la chaleur d'entrée pour convertir l'eau en vapeur. Celle-ci est ensuite comprimée et chauffée dans l'échangeur de chaleur par adsorption, composé de six éléments connectés en parallèle. L'installation comporte deux échangeurs de chaleur de ce type (A/D\_1 et A/D\_2), qui adsorbent et désorbent alternativement la vapeur. Ensuite, la vapeur plus chaude est à nouveau liquéfiée au moyen d'un condenseur situé au sommet de l'installation. SPF, HSR

Dans un premier temps, les techniciens en environnement ont testé la nouvelle pompe à chaleur avec un matériau de sorption répandu et peu coûteux fait de billes en gel de silice, avant d'expérimenter un matériau organo-métallique plus efficace mais nettement plus coûteux en fumarate d'aluminium.

À l'avenir, l'installation devrait fonctionner avec un matériau de sorption à base de carbone, spécialement développé dans le cadre d'un sous-projet dédié, grâce auquel elle devrait être plus efficace et plus économique que toutes les pompes à chaleur d'adsorption antérieures. D'après M. Häberle, plus rien ne devrait s'opposer à une optimisation et à une introduction accrue de ce type d'installations.





## Produkte aus diesem Projekt

- Cooling power determination by measuring the adsorbed vapor mass variations : comparison of mass adsorption cooling power correlation and external fluid loop power measurement  
Date de publication: 07.08.17
- Abwärme nutzen, Strom sparen  
Date de publication: 01.01.18
- Waste not, want not  
Date de publication: 22.07.15
- THRIVE Projekt  
Date de publication: 30.11.-1
- Project THRIVE : Heat utilisation with solid sorption technology  
Date de publication: 26.07.15
- Heat utilization with solid sorption technology  
Date de publication: 24.04.15
- Design and Construction of a 10 KW Sorption Heat Pump Prototype  
Date de publication: 11.04.18
- Adsorption heat pump upscaling from 1 kW to 10 kW of cooling power : experimental based modelling  
Date de publication: 07.08.19



## Team & Kontakt

Prof. Andras Häberle  
Hochschule für Technik Rapperswil  
Oberseestrasse 10  
3.104  
8640 Rapperswil  
+41 55 222 48 22  
[andreas.haerberle@hsr.ch](mailto:andreas.haerberle@hsr.ch)



Andreas Häberle  
Direction de projet



Walter Camenisch



Xavier Daguenet-Frick

Paul Gantenbein

Patrick Persdorf



Franz Steiner

Albert Trudel



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au  
23.05.2019.