

LA RÉFRIGÉRATION MAGNÉTIQUE:

# Une révolution dans la technique du froid

Les dangers de l'impact des fluides frigorigènes sur l'environnement ainsi que les importantes mesures de sécurité, poussent l'industrie du froid et de la pompe à chaleur à rechercher et à s'engager sur de nouvelles voies permettant de supprimer certains gaz ou d'en diminuer les quantités dans les installations. Le refroidissement par effet magnétocalorique est une solution possible. La réfrigération magnétique est une technologie qui repose sur l'effet magnétocalorique de manière analogue à la compressibilité du réfrigérant pour la réfrigération à gaz.

DOSSIER PRÉPARÉ PAR ERIC DE LAINSECQ, AVEC LE CONCOURS DE OSMANN SARI, WILLIAM EGOLF, FABRICE GENDRE ET NICOLAS ERBEAU

Le principe de refroidissement magnétique repose sur les propriétés magnétocaloriques de certains matériaux à des températures proches de leur température de Curie. Ces matériaux ont la propriété de s'élever en température lorsqu'ils sont soumis à un champ magnétique et se refroidissent de ce même delta T lorsque ce champ est éliminé.



Stand d'essais de réfrigération magnétocalorique au laboratoire de l'Institut de Génie Thermique de la HEIG-VD. L'échangeur thermique tourne dans un champ magnétique et refroidit ou chauffe l'air.

## PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Ce changement de température est dû à la structure moléculaire des matériaux appartenant à la famille des lanthanides. Les spins internes de ces matériaux s'alignent lorsqu'un champ magnétique leur est appliqué et reprennent une orientation casuelle à la soustraction de ce champ. La température à laquelle le delta s est maximum est appelée température de Curie  $T_C$ .

Dans le système traditionnel, c'est le réfrigérant qui est soumis à des changements d'état (évaporation, compression condensation et détente). Dans le cadre du système magnétique, l'élément subissant des changements (température et entropie) est le matériau magnétocalorique. Le fluide n'en emporte que l'énergie chaleur.

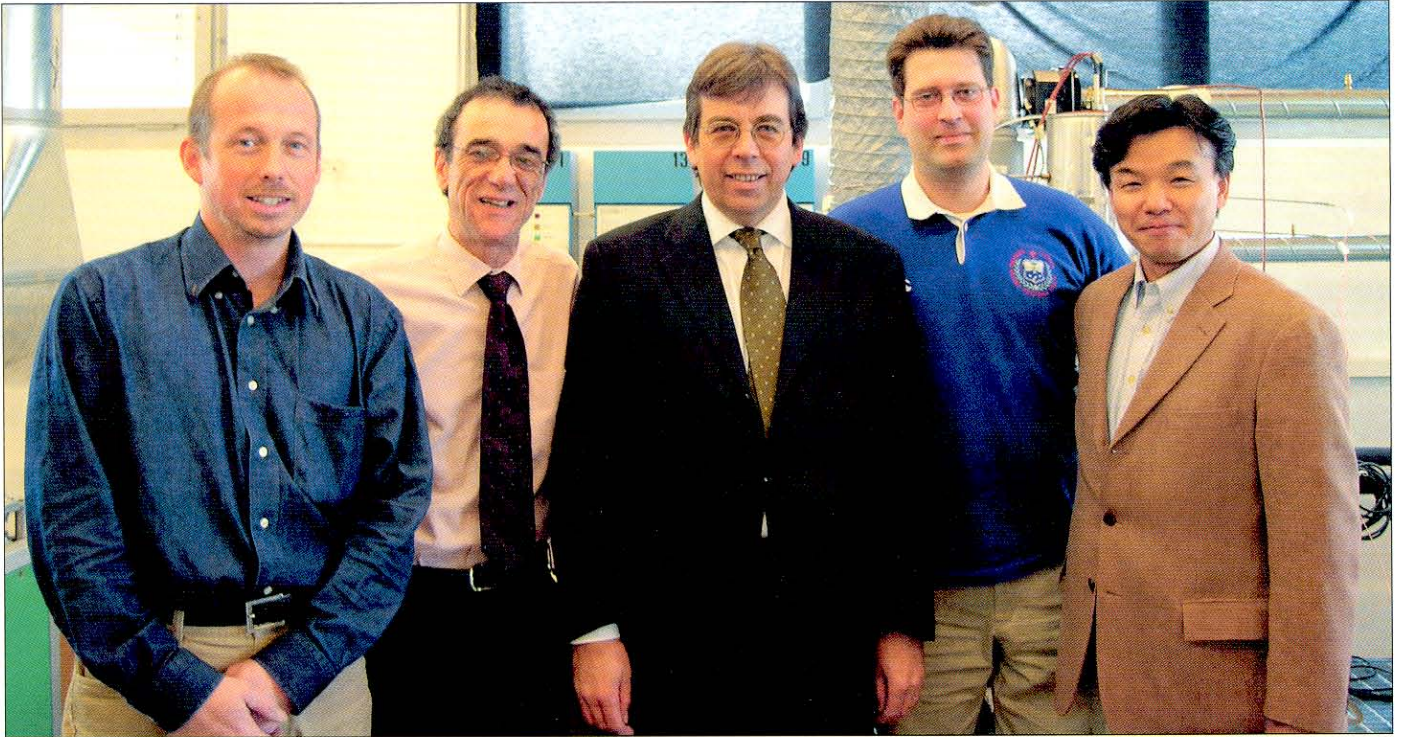
## LE FLUIDE FRIGORIGÈNE COMPARÉ AU MATÉRIAU MAGNÉTOCALORIQUE

Au contraire de ce que l'on pourrait supposer, le fluide frigorigène de la machine conventionnelle peut être comparé au matériau magnétocalorique de la machine à réfrigération magnétique; en effet, ces deux éléments accomplissent la même fonction, celui de prendre et de céder l'énergie chaleur. En exploitant ce phénomène, il est donc possible de réaliser un



# La réfrigération magnétique autour de la température ambiante présente un grand potentiel d'applications qui intéressent déjà des partenaires industriels.

De gauche à droite: Nicolas Erbeau, Osmann Sari, William Egolf, Fabrice Gendre, et le Prof. Dr Katsunori Nagano de l'Université d'Hokkaido (Sapporo, Japon) en visite à l'Institut de Génie Thermique de la HEIG-VD.



cycle qui présente des analogies avec le cycle frigorifique traditionnel.

L'absorption ou l'élimination de la chaleur se fait par le changement de température produit par l'aimantation et la désaimantation adiabatique du matériau réfrigérant. Lorsque le matériau magnétocalorique est soumis à un champ magnétique, il subit une élévation de sa température. Cette différence de température  $\Delta T$  est fonction de l'induction appliquée du matériau même et de la température ambiante. Il devient nécessaire de lui retirer cette énergie chaleur et ainsi la refroidir au moyen d'un fluide caloporteur, par exemple de l'air pulsé ou un fluide autre à une température inférieure du matériau magnétocalorique.

Une fois le matériau retiré du champ magnétique, il chute du même  $\Delta T$  initial. Il y a un refroidissement par rapport à la température initiale.

Afin d'illustrer le cycle thermodynamique, il est de convention de le représenter dans le cycle de Brayton, qui reproduit la distribution de la température en fonction de l'entropie massique  $s$  et de l'induction magnétique  $B$ . L'induction magnétique  $B$  est le nom donné au champ magnétique et à son intensité (c'est-à-dire la norme du vecteur). Le nom de vecteur champ magnétique est réservé alors au vecteur excitation magnétique  $H$ . La perméabilité magnétique est à l'induction ce que la conductibilité électrique est à la conduction. Elle dépend du matériau: le fer est bien connu pour être magnétique. Utilisé sous forme de noyau pour une bobine, il augmente fortement l'induction en concen-

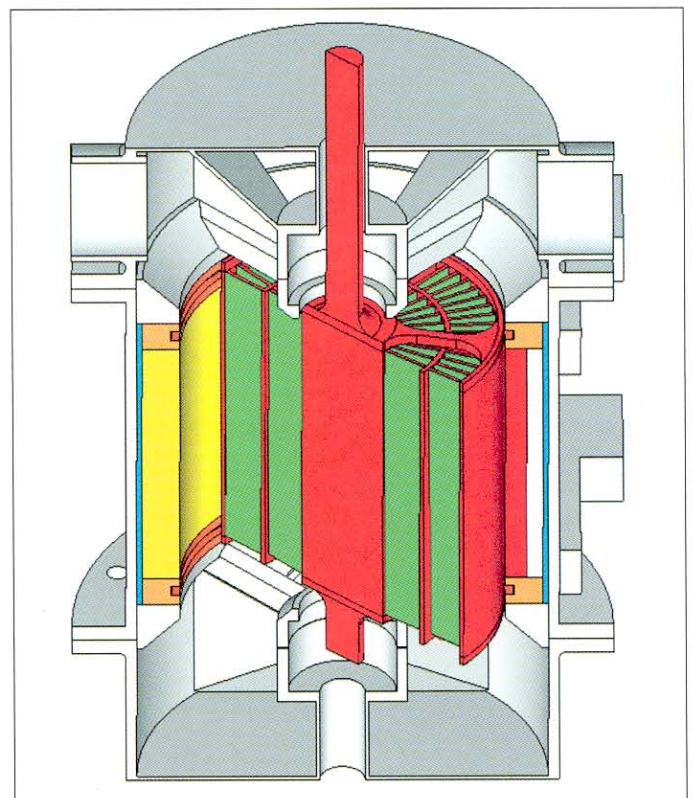


Figure: Système rotatif breveté