

Physique

Nicolas Constans et François Graner

Thermos

Dans une nouvelle de du romancier japonais Yukio Mishima [1], le bris de la bouteille thermos familiale révèle au héros que sa femme, en son absence, s'est éprise d'un autre homme. Si ce type de récipient, commercialisé pour la première fois il y a tout juste un siècle, se brise, c'est parce qu'il est, encore très souvent, en verre. Pourquoi en verre ? Parce que c'est le matériau qui permet de conserver le plus facilement l'ingrédient principal des bouteilles thermos, le vide. Le chimiste et physicien écossais James Dewar l'apprit d'ailleurs à ses dépens quand, après avoir inventé la première bouteille thermos en 1892, il voulut en remplacer le verre par du métal, plus solide. Les traces d'air piégées à la surface de ce dernier, en effet, finissaient par se libérer et détruire le vide obtenu.

Mais pourquoi le vide est-il nécessaire aux bouteilles thermos ?

Observez un chat qui prend le soleil sur l'appui extérieur d'une fenêtre. Par quoi est-il chauffé ou refroidi ?

Il reçoit les trois façons de communiquer de la chaleur : il est chauffé par le Soleil (*rayonnement* – transport de la chaleur par la lumière), par l'appui, s'il est chaud (*conduction* – communication de la chaleur par contact), mais est refroidi par le vent (*convection* – transport de la chaleur par le mouvement de l'air ou d'un autre fluide).

Il rentre et vous fermez la fenêtre : la convection est supprimée. Mais s'il s'adosse à la vitre, il continuera à être en contact avec l'air du dehors, par conduction.

Comparez avec votre main, la température d'une vitre à simple et à double vitrage.

La température du double vitrage est moins basse, s'il fait froid à l'extérieur. Non pas à cause de l'épaisseur accrue de la vitre, mais parce qu'il y a une mince couche d'air entre les parois. Comme elle est mince, elle ne bouge pas : il n'y a donc pas d'échange de chaleur par convection. Et comme, gazeuse, elle est peu dense, il n'y a quasiment pas de conduction. L'air est un excellent isolant, c'est d'ailleurs le constituant principal de la laine de verre, souvent employée dans les murs des maisons. Mais le meilleur isolant est sans conteste le vide. C'est

pourquoi il est utilisé dans les bouteilles thermos, qui ne font rien d'autre qu'entourer la boisson d'un double vitrage, avec du vide à la place de l'air.

Et le rayonnement ?

Observez une bouteille thermos. En quoi sont faits l'intérieur et l'extérieur ?

La surface intérieure ressemble à un miroir. Elle a été recouverte d'une pellicule métallisée. Quant à l'extérieur, il est parfois en plastique, parfois en métal. Or, si vous comparez dans un magasin, les performances de ces deux types de bouteilles, vous constaterez que ce sont les métalliques qui sont le plus longtemps efficaces. Les métaux, pourtant, conduisent beaucoup mieux la chaleur que les plastiques. On s'attendrait donc à ce qu'ils soient moins performants. Mais c'est une autre de leurs propriétés qui est ici déterminante : ils sont brillants, c'est-à-dire qu'ils renvoient plus la lumière qu'ils ne l'absorbent. Par conséquent ils sont un obstacle aux pertes par rayonnement, qui, à cause de la couche de vide, dominant sur celles par conduction et convection.

Le principe est le même pour les couvertures de survie, constituées d'une fine feuille métallisée, à l'endroit comme à l'envers. Elles réduisent considérablement la déperdition de chaleur par rayonnement, et abritent du vent. Mais elles sont trop fines pour isoler contre la conduction : gelure assurée si on s'allonge directement sur la neige. Le duo gagnant, c'est la couverture de survie séparée du sol par une couche d'air, comme un matelas pneumatique.

Mais malgré ces revêtements, le rayonnement passe et la bouteille thermos, au bout d'une dizaine d'heures, revient à la température ambiante. Le rayonnement est émis à la surface d'un objet : plus celle de la bouteille est grande, plus les pertes seront importantes, donc plus rapide sera son refroidissement ou son réchauffement. *A contrario*, plus un matériau est volumineux, plus il est inerte, c'est-à-dire plus il met du temps à se refroidir ou se réchauffer. Pour améliorer les performances d'un thermos, il faut donc à la fois diminuer la surface et augmenter le volume, autrement dit rendre minimum leur rapport. Ce rapport intervient fréquemment dans les problèmes de ce genre. Parce que le sien est petit, un bébé a plus de mal qu'un adulte à réguler sa température. De même, des pommes de terre sorties du four se refroidiront plus vite si vous les écrasez.

Pour finir, comment prolonger les performances de son thermos ? Il faut l'ébouillanter (si l'on veut du chaud) ou le mettre au frigidaire (si l'on veut du froid), avant de verser la boisson. Ainsi, paroi intérieure et liquide auront la même température initiale. Pendant les premières heures, c'est avant tout la paroi qui,

plus exposée, changera de température, ce qui retardera le même effet sur la boisson. C'est d'ailleurs souvent " après préchauffage ", que les fabricants donnent les performances de leurs bouteilles, si toutefois on sait lire les petits caractères...

Matière à expériences :

À gauche, la *xahakoa*, gourde basque traditionnelle en peau de chèvre, trempée dans l'eau fraîche avant une marche, ou à défaut une gourde entourée d'un linge mouillé. À droite la bouteille thermos et son implacable couche de vide. Chacune est remplie de la même quantité d'eau ou de boisson froide.

Comparez leurs fraîcheurs au bout d'une dizaine d'heures : qui, à votre avis, va gagner et pourquoi ?

[1] Y. Mishima, *La Mort en été*, Gallimard, 1983

Pour en savoir plus

F. Graner, *Physique de la vie quotidienne*, Springer, 2003