

COMMENT JOUER AVEC DE L'EAU LIQUIDE À -15°: LA SURFUSION

LE 10 MAI 2011 SCIENCE ÉTONNANTE

Si, si, l'eau peut être liquide à -15°C avec de la chance et du doigté. C'est l'état de surfusion. Mais dès que la solidification démarre, rapidement tout le volume d'eau devient solide. Vidéos et explications de ce phénomène étonnant.

C'est bien connu, l'eau gèle à 0°C. Ce sont les lois de la thermodynamique qui nous le disent. Et la thermodynamique, c'est une science sérieuse !

Et pourtant dans certains cas, la nature a des réticences à suivre les lois de la thermodynamique : avec quelques précautions, il est ainsi possible de refroidir de l'eau à des températures inférieures à 0°C, sans qu'elle gèle !

Surfusion et solidification

Pour réaliser cet exploit, il faut refroidir l'eau très précautionneusement, par exemple dans un extérieur calme ou un congélateur bien isolé des vibrations. Si vous avez de la chance et du doigté, vous pourrez obtenir de l'eau liquide à -15°C ! C'est ce qu'on appelle l'état de **surfusion**.

L'explication réside dans le fait que même en dessous de 0°C, la réaction de congélation de l'eau ne se déclenche pas spontanément : **elle a besoin d'une perturbation pour démarrer**. Cette perturbation peut être une vibration, une impureté, un choc, etc.

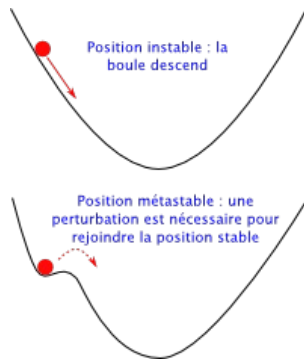
En revanche, comme nous allons le voir, dès que la solidification a pu démarrer quelque part dans le liquide, elle se comporte comme une **réaction en chaîne** et se propage rapidement dans tout le volume d'eau disponible.

Rien ne vaut une belle vidéo pour illustrer ça. Youtube en regorge alors ne nous privons pas. Sur celle-ci l'expérimentateur (qui a oublié sa blouse blanche) possède une bouteille d'eau liquide qui a été refroidie en dessous de 0°C.

Comme vous avez pu le voir, ça n'est que quand l'eau de la bouteille touche les glaçons qu'elle se solidifie. La solidification n'est pas instantanée, mais elle est assez rapide ! **Les glaçons du verre jouent ici le rôle d'amorceur de la réaction** en chaîne. Mais en

secouant la bouteille ou en la tapant contre la table, on aurait obtenu le même phénomène.

Stabilité et métastabilité



Pour expliquer ce comportement bizarre, il faut savoir que quand on affirme que l'eau est solide en dessous de 0°C , on ne décrit pas vraiment l'état dans lequel *se trouve* l'eau, mais **l'état dans lequel elle devrait se trouver**. Encore faut-il que le processus de transition vers cet état puisse se dérouler ! Et comme nous l'avons vu, pour se dérouler il lui faut commencer avec une petite perturbation.

Pour comprendre cette situation, prenons une analogie mécanique. Si vous placez une boule sur la pente d'une vallée, elle sera dans une position instable et elle va descendre dans le creux de la vallée, qui est sa **position stable**.

Mais si la pente est rugueuse ou avec un creux intermédiaire, il se peut que notre boule reste coincée ailleurs que dans le fond. On parle alors de **position métastable**. Il faudra à notre boule une petite perturbation pour se sortir de cette position et rejoindre le fond de la vallée.

L'eau se comporte de manière analogue. Au-dessus de 0°C , l'état liquide est stable et si je perturbe mon eau, rien ne se produit. Quand je la refroidis en dessous de 0°C , **l'eau surfondue devient métastable** : elle peut demeurer ainsi quelques temps (comme la boule dans le creux intermédiaire), mais dès qu'une perturbation suffisante est appliquée, l'eau est ramenée dans son état stable : la glace.

Différents types de perturbations

Plusieurs types de perturbations peuvent être utilisées pour faire démarrer la solidification de l'eau surfondue. **Le contact avec un glaçon représente la perturbation idéale**, car il constitue alors une amorce de la réaction en chaîne, en formant un germe autour duquel la solidification peut se produire.

Un cas très spectaculaire est illustré dans la vidéo ci-dessous : l'eau se solidifie dès qu'elle touche la glace dans le bol.

La perturbation la plus courante est la **vibration**. Comme votre congélateur vibre un peu, c'est cela qui fait que vous ne récupérez jamais de l'eau surfondue dans votre bac à glaçons. Le choc est également un bon déclencheur. C'est lui qui est à l'origine de certaines **pluies verglaçantes**, quand des gouttes d'eau de pluie surfondue impactent le sol et se solidifient.

Le déclenchement par choc est également un des principes des **chaufferettes à main**. Elles contiennent un liquide surfondu (de l'acétate de sodium) qui se met à cristalliser en cas de choc. La réaction de cristallisation est exothermique, ce qui réchauffe nos mains !

Enfin autre perturbation utilisable : **la détente d'un gaz dissous dans le liquide**. En d'autres termes : prenez une bière, mettez là au congélateur quelques heures (attention, sans vibrations !) et ouvrez la délicatement. A l'ouverture, le CO2 dissous dans la bière se met à dégazer, et cela déclenche la solidification de votre bière en surfusion. **Supercool** en soirée !

Pour les furieux : le petit creux qui fait que l'état liquide est métastable signifie qu'il y a une barrière énergétique à passer pour rejoindre l'état solide. Cette barrière est due au fait que la nucléation d'une phase solide dans la phase liquide est coûteuse en terme d'énergie de surface de l'interface solide-liquide. Mais dès qu'un noyau assez grand a pu se former, ce coût de surface devient faible devant le gain en volume dû à l'énergie de fusion : la réaction en chaîne démarre. Mais le phénomène est encore mal compris, et il y a de récentes **recherches sympathiques** sur le sujet.

>> Article initialement publié sur **Science étonnante** un blog de **C@fé des sciences**

>> Photo Flickr CC  **Nico Nelson**

CHARLES-AXEL DEIN

le 10 mai 2011 - 16:24 • SIGNALER UN ABUS - PERMALINK



Très intéressant !

La surfusion a d'ailleurs vraisemblablement causé la mort des chevaux du Lac Ladoga : <http://fr.wikipedia.org/wiki/L...>

VOUS AIMEZ



0

VOUS N'AIMEZ PAS



0

LUI RÉPONDRE

THIBAUT LACROIX

le 11 mai 2011 - 11:08 • SIGNALER UN ABUS - PERMALINK



J'ai fait mes TPE de 1ère S sur ce sujet, ça me rappelle de bon souvenir :D


<http://thibaut-lacroix.uphero...>

VOUS AIMEZ  0

VOUS N'AIMEZ PAS  0

LUI RÉPONDRE


TOM ROUD

le 11 mai 2011 - 13:44  ; SIGNALER UN ABUS - PERMALINK



Notons d' ailleurs que certains physiciens pensent que les phénomènes de krach boursier sont analogues à ces phénomènes de surfusion :

<http://tomroud.owni.fr/2009/04...>

VOUS AIMEZ  0

VOUS N'AIMEZ PAS  0

LUI RÉPONDRE

EDDDDD

le 9 juin 2011 - 8:24  ; SIGNALER UN ABUS - PERMALINK



pour info, tous les pilotes d'avion connaissent ça ... c'est une des raisons principales pour lesquelles on ne met pas les ailes dans les cumulo-nimbus, à moins de vouloir voler avec des congères sur les bords d'attaques.

Et éventuellement les sondes pitots gelées, si ça vous rappelle qq chose ...

VOUS AIMEZ  0

VOUS N'AIMEZ PAS  0

LUI RÉPONDRE