

## Intelligences

Claude Touzet – le 17 décembre 2017 – The Conversation

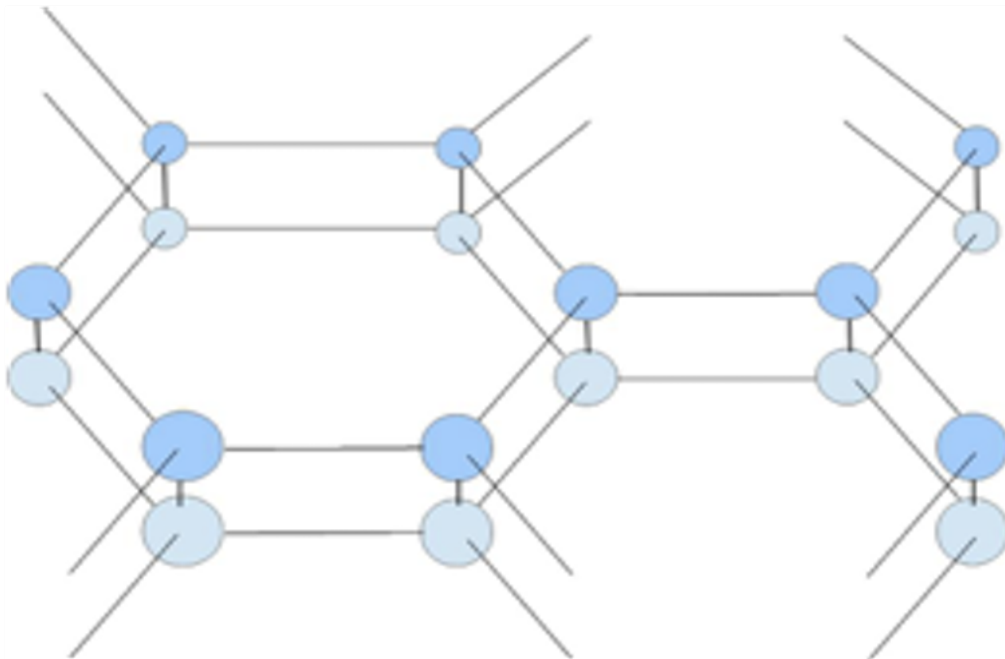
Lab. Neurosciences Intégratives et Adaptatives, UMR CNRS 7260, Aix Marseille Université

[claudetouzet@univ-amu.fr](mailto:claudetouzet@univ-amu.fr) - Web : [claudetouzet.org](http://claudetouzet.org)

Si vous mettez au congélateur de l'eau chaude et de l'eau froide, la première à devenir de la glace sera celle qui était la plus chaude. Ce phénomène est connu sous le nom d'[effet Mpemba](#), baptisé d'après Erasto Mpemba, un Tanzanien qui a publié cette observation en 1969. Mais quelle en est la raison ? En 2012, une compétition a été lancée par la *Royal Society of Chemistry* (UK) pour tenter d'expliquer ce phénomène. Pas moins de 22 000 propositions ont été reçues – sans qu'[aucune ne soit retenue](#) !

### [L'effet Mpemba en vidéo.](#)

Les questions soulevées par l'effet Mpemba ne sont pas les seules qui viennent à l'esprit lorsque l'on s'intéresse à la transformation de l'eau en glace. Nous savons que la glace est un empilement de feuillets de mailles hexagonales (figure 1, ci-dessous). Les 6 atomes d'oxygène sont aux sommets de l'hexagone, tandis que chacun des 12 atomes d'hydrogène forment des liaisons hydrogènes avec plusieurs atomes d'oxygène (pas seulement avec un unique O comme dans la molécule d'eau H<sub>2</sub>O). C'est un arrangement spatial très organisé, bien plus ordonné que l'eau liquide. D'après le [second principe de la thermodynamique](#), plus un système est organisé, plus il contient d'énergie. Nous savons aussi que, plus nous refroidissons un système, plus nous lui retirons de l'énergie. Comment se fait-il alors qu'à force de retirer de l'énergie à l'eau liquide, celle-ci s'organise pour former un superbe cristal de glace ?



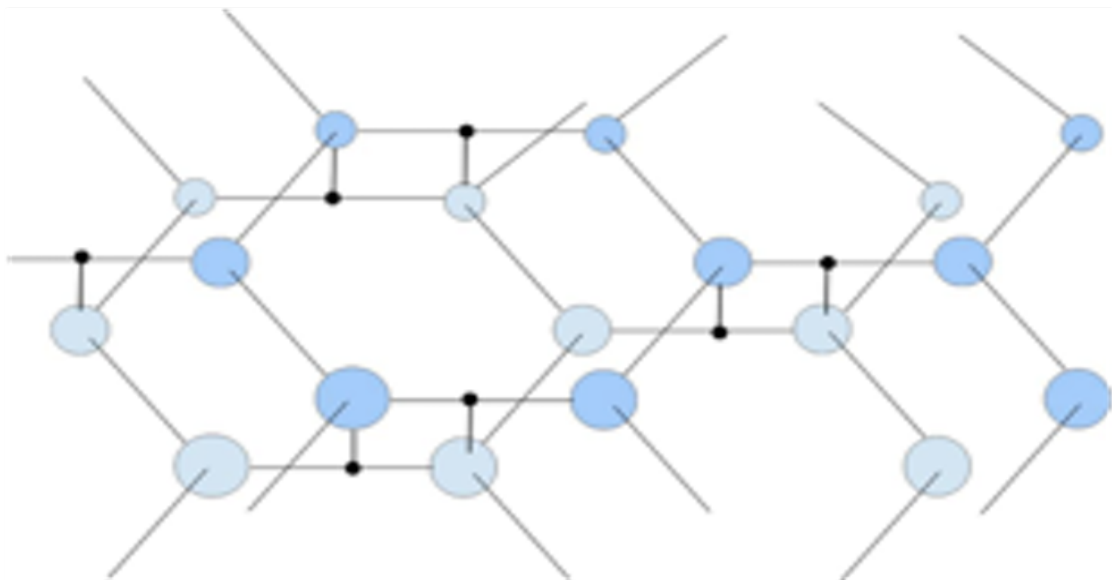
Maillage de la glace. Les mailles sont hexagonales avec des liaisons hydrogènes entre 2 atomes d'oxygène. Les feuillets de mailles se superposent.

## Etats de l'eau

Une explication est fournie par [Gerald Pollack](#), professeur de bioengineering à l'université de Washington qui, avec son équipe, a passé ces 30 dernières années à étudier le quatrième état de l'eau : « [l'eau structurée](#) » (en plus de l'eau liquide, la glace et la vapeur). Il a d'ailleurs rédigé à ce sujet un ouvrage à destination du grand public, *The Fourth Phase of Water: Beyond Solid, Liquid, and Vapor*.

Lorsque l'on fournit de l'énergie (par exemple sous forme d'un rayonnement infrarouge de longueur d'onde 3000 nm) à de l'eau liquide, on observe sur les parois et au niveau de la surface la création d'une zone avec des propriétés très particulières. Cette zone a été baptisée par Gerald Pollack « zone d'exclusion » car elle forme une barrière infranchissable à tout atome ou molécule. La principale propriété de cette zone d'exclusion est qu'elle est chargée en électrons : on observe une différence de potentiel électrique entre l'eau (structurée) de cette zone et l'eau (libre ou liquide).

Pourquoi cela ? L'explication réside dans le fait que l'eau structurée est constituée (comme la glace) de feuillets de mailles hexagonales – à la différence que les feuillets ne se superposent pas, ils sont décalés d'une demi-maille (figure 2, ci-dessous). Ce décalage fait que le passage à travers l'eau structurée devient interdit à tout ce qui est plus gros qu'un électron (zone d'exclusion). Il est important de comprendre que le décalage entre deux feuillets voisins change la position des liaisons hydrogènes, et que du coup, il y a un hydrogène (H) en trop pour chaque maille hexagonale. Le proton (H<sup>+</sup>) est éjecté vers l'eau libre où il devient un ion hydronium (+H<sub>3</sub>O), tandis que son électron reste avec la maille. Plus il y a d'énergie et plus il y a d'eau structurée – mais si la montée en température se fait trop vite ou trop haut, alors l'agitation thermique l'emporte et l'eau structurée disparaît.



Maillage de l'eau structurée. Les feuillets de mailles sont décalés et certains hydrogènes (partagés entre 3 oxygènes) sont représentés. Un hydrogène (sur 4) ne trouve plus sa place (par rapport à la glace). Il est évacué, tandis que son électron reste. Le maillage devient chargé négativement, tandis que l'eau liquide se charge en ions hydronium.

Il suffit d'agiter l'eau liquide pour que se forme de l'eau structurée et que la température de l'eau diminue. Une agitation sous forme de vortex est particulièrement efficace. Lorsque l'on refroidit de l'eau pure, celle-ci ne gèle pas à 0°C, mais peut descendre à -20°C (voire -40°C en laboratoire) avant de geler instantanément.

Ce gel instantané est dû à la transformation ultra-rapide de l'eau structurée en glace. Il suffit en effet que des protons (H+) pénètrent massivement dans l'eau structurée pour que les mailles se réarrangent en glace. Cette pénétration massive est inévitable puisque les protons expulsés de l'eau structurée restent très proches de cette zone (ils sont attirés par les charges négatives). Elle se produit par exemple à l'occasion d'un choc qui fissure l'eau structurée ou simplement lorsque la différence de potentiel est devenue trop grande.

### [Le gel instantané en vidéo.](#)

Si nous nous résumons : l'eau chaude contient plus d'énergie que l'eau froide. Elle forme donc une plus grande quantité d'eau structurée. Au fur et à mesure que l'eau structurée se forme, la température diminue. Lorsque la différence de potentiel entre l'eau structurée et l'eau liquide avec les ions hydroniums (+H<sub>3</sub>O) devient supérieure au seuil d'exclusion, les protons pénètrent massivement l'eau structurée. L'arrangement des feuilletts se modifie pour tenir compte de l'arrivée des protons : c'est la glace. Un peu plus de chaleur au départ garantit une formation de glace plus rapide (effet Mpemba).

Réponse à la question de savoir comment l'eau liquide, qui semble perdre de l'énergie en se refroidissant, s'organise pour former un superbe cristal de glace : en fait, nous ne retirons que peu d'énergie à l'eau en la mettant au congélateur, c'est principalement la croissance de l'eau structurée qui remplit cette tâche. Il y a bien une augmentation concomitante d'ordre (au sens de la thermodynamique) à cette perte d'énergie.

L'eau structurée est très présente dans la cellule d'un organisme vivant où elle accomplit des fonctions majeures, notamment au niveau de l'imperméabilité des membranes, de la filtration, diffusion, etc. C'est un champ de recherche encore peu exploré, pourtant notre corps est constitué d'eau à 65%. Les eaux dites « dynamisées » (Violet) sont des eaux plus promptes à se structurer (car ayant déjà emmagasiné de l'énergie). Elles sont donc plus facilement assimilables par le vivant, ce qui explique pourquoi des plantes arrosées avec cette eau grandissent plus vite et plus haut que des plantes témoins qui, arrosées à l'eau « standard », doivent consacrer une plus grande part de leur énergie à la structuration de l'eau, comme j'en ai fait l'expérience, ci-dessous.



Croissance de graines de lentilles sur un coton imbibé d'eau. A droite et à gauche le groupe témoin (eau de pluie et eau du robinet), au milieu arrosage avec l'eau du robinet dynamisée (par 2 méthodes différentes). Une différence de 20 % est obtenue entre les 2 groupes. Expérience de l'auteur.