

Les états de l'eau

Primaire et collège

Résumé

L'eau est très présente sur la Terre. Elle couvre environ 70 % de sa surface, sous forme d'océans (97,8 %), de rivières et de lacs (0,006 %), de glaces polaires (1,74 %) et de nappes souterraines. On en trouve aussi dans les nuages. Pourtant, l'eau est un corps dont le comportement est exceptionnel et elle recèle encore nombre de mystères...

les états de l'eau

Chun-wei Yuan

L'eau est très présente sur la Terre. Elle couvre environ 70 % de sa surface, sous forme d'océans (97,8 %), de rivières et de lacs (0,006 %), de glaces polaires (1,74 %) et de nappes souterraines. On en trouve aussi dans les nuages. Pourtant l'eau est un corps dont le comportement est exceptionnel et elle recèle encore nombre de mystères...

Indispensable à la vie, l'eau existe sur notre planète sous trois états différents : solide, liquide, gazeux. Il est important de connaître les caractéristiques de ces trois états ainsi que les conditions de passage de l'un à l'autre, qui peuvent avoir, entre autres, des conséquences à l'échelle planétaire : une partie des glaces des pôles risque par exemple de fondre si le réchauffement climatique se confirme, ce qui entraînera une élévation du niveau de la mer.

Si le grand public est familier de l'eau et de ses trois états, il l'est moins de leurs propriétés et des processus qui permettent de passer d'un état à l'autre, comme la SUBLIMATION, la CONDENSATION, la SOLIDIFICATION, etc. C'est donc ce à quoi nous nous attacherons dans un premier temps. Nous verrons ensuite que l'eau a un comportement inhabituel par rapport aux autres corps et essayerons de l'expliquer.

Les trois états de l'eau

De façon générale, la matière peut se présenter sous trois ÉTATS différents : solide, liquide, gazeux. Toute matière est constituée d'ATOMES ou de MOLÉCULES (ensemble d'atomes) et chaque état se caractérise par la façon dont ces atomes (ou ces molécules) sont liés les uns aux autres : liaison forte dans un solide, plus faible dans un liquide et quasi nulle dans un gaz, ce qui explique une partie des propriétés propres à chacun de ces états.

Le tableau ci-dessous reprend les caractéristiques physiques principales des trois états d'un corps :

Solide	Liquide	Gazeux
Incompressible Forme indépendante du récipient	Peu compressible Forme s'adaptant au récipient	Compressible Occupe tout le récipient

Un corps passe d'un état à un autre – on dit qu'il y a « changement d'état » – selon les conditions de pression et de température du milieu environnant. Ce passage donne lieu à un échange d'énergie entre le corps et le milieu.

L'eau solide peut exister sous différentes formes. On constate ainsi qu'il existe au moins huit formes de glace différentes

que l'on appelle « phases » : à la pression normale de 1 atm (1 atmosphère = 1013 HECTOPASCALS), les cristaux de glace s'ordonnent selon une symétrie hexagonale (nous y reviendrons) ; à haute pression, selon une symétrie cubique. La neige est aussi une phase solide de l'eau (nous y reviendrons également). Sous forme de gaz, l'eau devient « vapeur d'eau » ; elle est alors invisible.

Dans la vie quotidienne, les trois états de l'eau ainsi que le passage de l'un à l'autre sont d'observation courante. Le dessin ci-contre en donne quelques exemples :

- l'eau liquide qui chauffe dans la bouilloire bout à 100 °C et devient vapeur d'eau. Ce gaz s'échappe du goulot et, au contact de l'air, lequel est à une température inférieure à 100 °C, il se transforme en gouttelettes d'eau liquide qui forment un nuage que nous appelons improprement « vapeur d'eau » ;
- le verre rempli d'eau n'est soumis à aucune contrainte extérieure : rien de visible ne se passe, mais de l'eau s'évapore – si l'on attend longtemps, le verre finira par être vide ;
- enfin, on refroidit l'eau de la cruche avec des glaçons, lesquels flottent à la surface et, au contact de l'eau liquide plus chaude,

fondent. La cruche elle-même est refroidie par les glaçons et sur ses parois extérieures, la vapeur d'eau (gaz) présente dans l'air se liquéfie et se transforme en fines gouttelettes d'eau liquide.

Les changements d'état

Définitions générales

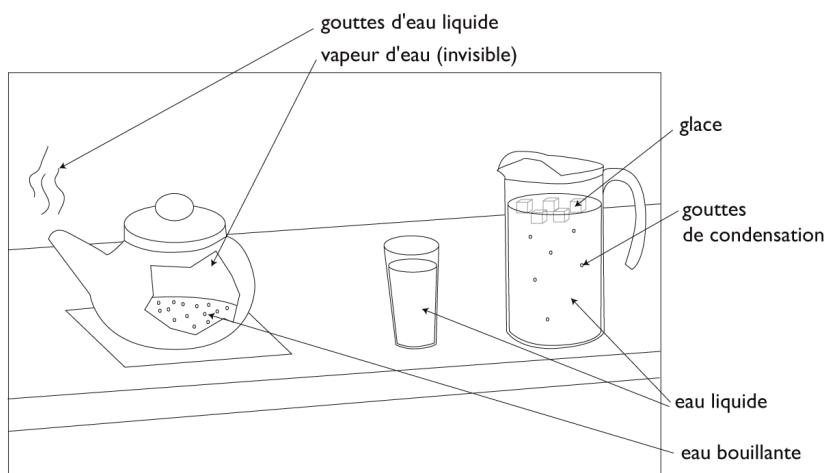
Pour tous les corps, on dit qu'il y a FUSION lorsque le solide devient liquide, ÉVAPO- RATION lorsque le liquide devient gaz et « sublimation » lorsque le solide devient gaz. Du gaz au liquide, on parle de LIQUÉFACTION, et du liquide au solide de « solidification », tandis que le passage direct de l'état gazeux à l'état solide se nomme « condensation » – la condensation correspond bien au passage gaz-solide (par exemple, le givre sur les vitres en hiver). Dans le langage courant, on parle aussi de « condensation » lorsque de la vapeur d'eau se transforme en eau liquide, alors que le terme physique est « liquéfaction ».

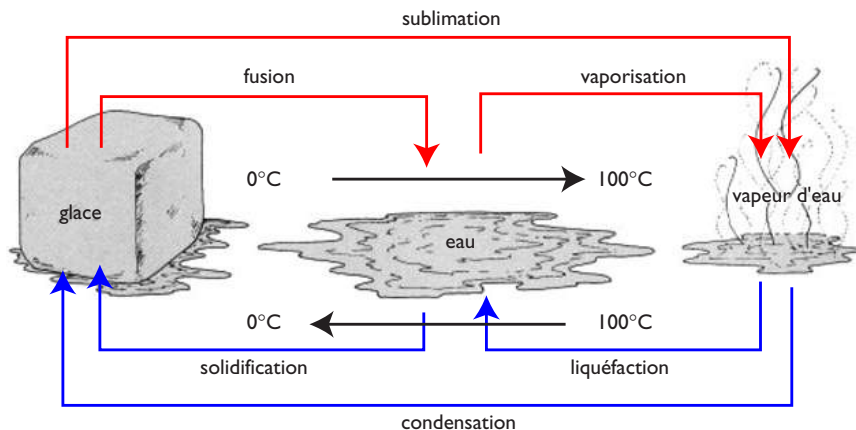
Les changements d'état occasionnent des échanges d'énergie entre le corps et le milieu. Pour passer de l'état solide à l'état liquide (fusion) ou gazeux (sublimation) ou de l'état liquide à l'état gazeux (évaporation), il faut fournir de l'énergie (par exemple en chauffant),

alors que c'est le corps lui-même qui libère de l'énergie pour passer de l'état gazeux à l'état liquide (liquéfaction) puis solide (solidification), ou directement de l'état gazeux à l'état solide (condensation) (page suivante, en haut).

Les changements d'état de l'eau dans un système fermé

Les états d'un corps peuvent être représentés sur un dia-





gramme appelé DIAGRAMME DE PHASE. Un tel graphique est valable pour un échantillon de substance contenu dans un SYSTÈME FERMÉ, c'est-à-dire un espace clos qui, dans notre cas, ne contient que des molécules d'eau (et en particulier pas d'air).

Le diagramme de l'eau est donné par la figure ci-dessous. On y relève l'état de l'eau pour chaque couple température/pression. En ordonnées est indiquée la pression (P) et en abscisses, la température (T). Les courbes correspondent aux conditions de température et de pression dans lesquelles l'eau existe sous deux états. La courbe qui sépare les régions solides des régions liquides s'appelle « courbe de fusion », celle qui sépare les régions liquides et gazeuses « courbe d'évaporation » et celle qui sépare les régions solides et gazeuses « courbe de sublimation ». Un seul état peut exister dans la partie comprise entre ces courbes. À l'intersection de ces dernières, le POINT TRIPLE correspond aux conditions dans lesquelles l'eau est présente simultanément sous les trois états.

La pression de 1 atm est indiquée sur la figure. Il s'agit de la pression moyenne au niveau de la mer. On voit que, selon la température, on peut y trouver l'eau sous les trois états : solide (point 1 sur le diagramme),

liquide (point 2) et gazeux (point 3).

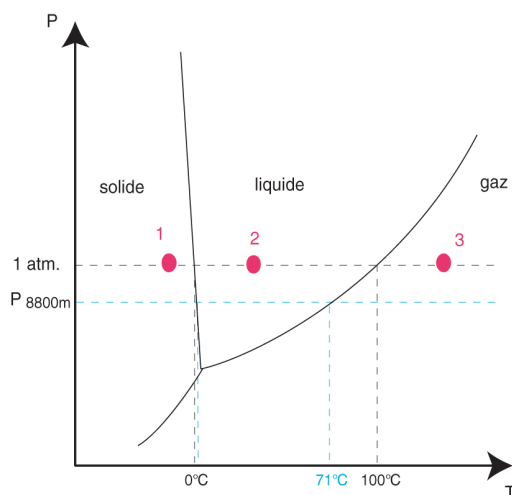
On voit sur le diagramme que la température d'ébullition augmente avec la pression. Comme cette dernière diminue avec l'altitude, l'eau bout par exemple à 85 °C à 4 400 m et à 71 °C à 8 800 m.

L'examen de la courbe de fusion de l'eau, qui est presque parallèle à l'axe des

ordonnées, montre à l'inverse que le point de fusion varie peu avec la pression : quelle que soit l'altitude, l'eau gèle autour de 0 °C.

On explique la coexistence de deux états ou plus par le concept d'« état d'équilibre », qui est spécifique aux systèmes fermés : la vitesse de passage des molécules d'un état a à un état b est identique à celle du passage de l'état b à l'état a .

Sous la pression atmosphérique de 1 atm, la température de 0 °C est le point de fusion normal de l'eau : l'eau est en équilibre entre l'état solide et l'état liquide (il y a autant d'eau solide qui devient liquide que d'eau liquide qui se solidifie). Entre 0 et 100 °C, l'eau est sous forme liquide. À 100 °C, elle est en



équilibre entre l'état liquide et l'état gazeux (il y a autant d'eau liquide qui s'évapore que d'eau gazeuse qui se liquéfie). Ce sont ces propriétés de l'eau dans un système fermé qui ont permis d'étalonner le 0 et le 100 de l'échelle de température Celsius. Au-dessus de 100 °C, l'eau existe uniquement sous forme gazeuse (vapeur d'eau).

Lorsque les changements d'état ont lieu (par exemple, lorsque la glace se transforme en eau liquide, ou bien le contraire), la température du corps reste la même malgré la chaleur fournie ou récupérée. Ainsi, si l'on fait fondre un bloc de glace dans une casserole, la température de l'eau reste à 0 °C tant que la casserole contient de la glace. De même, la température d'ébullition de l'eau liquide est (dans les conditions normales) de 100 °C et tant qu'il y a de l'eau liquide, la température de l'eau liquide et de la vapeur d'eau reste constante ; ce n'est que lorsque toute l'eau liquide s'est transformée en vapeur d'eau que la température commence à augmenter. Une autre façon de l'exprimer est de dire que si, après évaporation complète de l'eau liquide, on continue de chauffer, la température de la vapeur d'eau s'élèvera.

Au cours de ces changements d'état, la matière reste la même (il s'agit toujours d'eau, mais sous des formes différentes) et sa masse ne change pas. En revanche, les changements d'état sont accompagnés d'une variation de volume. Aussi la MASSE VOLUMIQUE (masse d'une substance par unité de volume) varie-t-elle également.

La pression de vapeur

L'eau liquide contenue dans un récipient fermé peut s'évaporer. La vapeur exerce une pression caractéristique, appelée PRESSION DE VAPEUR. La valeur de la pression de vapeur est indépendante de la taille du

récipient et de la quantité de liquide (à condition que celle-ci soit suffisante). La pression de vapeur dépend uniquement de l'identité chimique du liquide, dans notre cas l'eau, et de la température.

L'eau est composée de molécules. La pression de vapeur mesure la capacité qu'ont les molécules de s'échapper de la surface de l'eau liquide ou solide. Les molécules de l'eau liquide ou solide sont liées par des forces attractives intermoléculaires. Pourtant, elles s'agitent et, à cause de cette agitation, leur énergie cinétique est d'autant plus forte que la température absolue (mesurée en Kelvin. $T(K) = t^{\circ} + 273$) est plus élevée. Il y a alors compétition entre les forces attractives intermoléculaires, qui essaient de garder les molécules à l'intérieur de la glace (ou de l'eau liquide), et l'énergie cinétique, qui essaie de les expulser.

À température donnée, le système atteint un état d'équilibre lorsqu'il y a autant de molécules qui fuient la surface que de molécules qui entrent. La pression exercée alors par les molécules dans l'espace au-dessus de la glace (ou de l'eau liquide) est, par définition, la pression de vapeur de la glace (ou de l'eau liquide).

Lorsque la température monte, l'augmentation de l'énergie cinétique moyenne implique que davantage de molécules sont capables de surmonter les forces intermoléculaires, ce qui aboutit à une élévation de la pression de vapeur.

Ainsi, si nous sommes dans un système fermé, à l'équilibre, nous avons une certaine quantité d'eau liquide et une certaine quantité d'eau gazeuse. Des échanges ont constamment lieu entre les deux états, autant dans le sens liquide-gaz que dans le sens gaz-liquide : les quantités d'eau liquide et d'eau gazeuse ne changent pas. Si l'on augmente la

température, la pression de vapeur augmente (car les molécules s'agitent davantage), et nous avons alors une diminution de la quantité d'eau liquide (plus de molécules s'échappent du liquide) et une augmentation de la quantité d'eau gazeuse, jusqu'à l'obtention d'un nouvel état d'équilibre.

Changement d'état de l'eau en présence d'air : le cas de l'évaporation

Nous pouvons maintenant discuter du phénomène de l'évaporation à une température supérieure à 0 °C et inférieure à 100 °C. D'après le diagramme de phase, à 1 atm et 25 °C, il n'existe qu'un état, l'eau liquide. Pourtant, dans notre vie quotidienne, nous savons qu'à cette température et à cette pression, on trouve non seulement de l'eau liquide, mais aussi de la vapeur d'eau. En fait, le diagramme de phase que nous avons tracé correspond à des systèmes fermés alors que, dans notre vie, on observe des systèmes ouverts et hors d'équilibre. Cela se traduit par le fait que l'eau ne reste pas entièrement à l'état liquide, mais s'évapore lentement, en permanence. Ainsi, l'évaporation est un phénomène qui a lieu dans un système non équilibré et qui concerne la partie du liquide en contact avec l'air. L'eau liquide peut s'évaporer du sol ou de vêtements mouillés accrochés à une corde à linge. Quand on sort d'une piscine, on ne se demande pas où va l'eau restée sur notre corps... Elle se transforme en vapeur d'eau.

Quatre facteurs influencent la vitesse d'évaporation : la température, l'aire de la surface de contact, le brassage de l'air et le DEGRÉ HYGROMÉTRIQUE.

– La température : Si l'on remplit deux assiettes identiques de la même quantité

d'eau et que l'on en place une sur un radiateur et l'autre sur une table, on constate que l'eau de l'assiette posée sur le radiateur s'évapore plus vite que celle de l'autre. L'eau liquide est constituée de molécules d'eau qui s'agitent d'autant plus que la température est plus élevée et qu'elles ont donc plus d'énergie, ce qui permet aux molécules situées à la surface de s'échapper (d'où l'évaporation). C'est le principe du sèche-cheveux : grâce à la température élevée de l'air du sèche-cheveux, l'eau liquide sur vos cheveux se transforme en vapeur, elle s'évapore, et votre tête sèche.

– La surface de contact eau/air : Si l'on prend maintenant une assiette et un verre dans lesquels on met la même quantité d'eau et qu'on les place tous deux au même endroit, à la même température, on constate que l'eau de l'assiette s'évapore plus vite que l'eau du verre : l'explication en est que la surface de contact eau/air est plus grande pour l'assiette que pour le verre. En effet, les molécules sont plus nombreuses à l'interface eau/air dans l'assiette que dans le verre et elles peuvent s'échapper plus facilement puisqu'elles sont moins fortement liées aux autres que celles qui se trouvent au milieu de l'eau liquide.

– Le brassage de l'air : Lorsque l'air est brassé à la surface de contact, il emporte avec lui des molécules de vapeur d'eau. Des molécules d'eau liquide s'échappent alors du liquide et viennent remplacer la vapeur d'eau partie avec l'air. C'est pourquoi le linge mouillé sèche plus vite lorsqu'il y a du vent que lorsqu'il n'y en a pas.

– Le degré hygrométrique : Le degré hygrométrique est une grandeur qui mesure, en pourcentage, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. Il varie de 0 % pour un air totalement sec à 100 % pour un air saturé en

vapeur d'eau. C'est un facteur déterminant de l'évaporation : s'il est faible, l'évaporation est rapide, et tout sèche rapidement, comme dans les déserts. S'il est élevé, rien ne sèche, et une partie de la vapeur peut même se condenser en gouttelettes (brouillard). On dit qu'il y a saturation lorsque la situation est identique à celle qu'on a décrite pour l'équilibre eau liquide/eau vapeur : à toute molécule d'eau qui s'évapore correspond une molécule d'eau qui se condense. La concentration en vapeur saturante augmente avec la température.

Les propriétés inhabituelles de l'eau

La masse volumique de l'eau liquide est supérieure à celle de l'eau solide

L'observation que la masse volumique de l'eau liquide est supérieure à celle de l'eau solide va à l'encontre de ce que nous savons de façon générale des solides et des liquides : la plupart des matières se dilatent lors de la fusion. L'eau est inhabituelle à cet égard et se contracte lors de la fusion : la conséquence visible en est que la glace flotte sur l'eau liquide. Nous y sommes tellement habitués que cela nous paraît normal. Pourtant, l'étude d'autres systèmes solides/liquides montre que la plupart du temps, lors de la fusion, les solides restent au fond du récipient où on les chauffe.

D'ailleurs, il suffit de fabriquer des glaçons d'eau et des glaçons d'huile et de les plonger dans de l'huile et dans de l'eau pour le vérifier. Le glaçon d'huile coule dans l'huile (parce que la masse volumique de l'huile solide est supérieure à celle de l'huile liquide), alors que le glaçon d'eau flotte dans l'eau (parce que la masse

volumique de la glace est plus faible que celle de l'eau liquide). Tous les corps se comportent comme l'huile, sauf l'eau et le bismuth.

Cette propriété inhabituelle de l'eau contribue à la vie sur Terre : si la glace coulait dans l'eau liquide, elle ne flotterait pas, comme les icebergs, à la surface de la mer mais s'accumulerait au fond de l'eau, de plus en plus à mesure que le froid augmenterait, jusqu'à occuper tous les fleuves, les lacs et peut-être une partie des océans. Et il n'y aurait probablement aucun être vivant dans les lacs et les fleuves pour remarquer cette absence d'anomalie...

Un point d'ébullition élevé

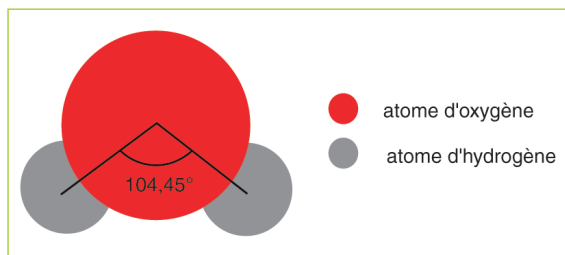
Si l'on compare le comportement de différents corps purs constitués de molécules formées d'un atome (oxygène, carbone, azote) lié à des atomes d'hydrogène, nous constatons qu'à la température ambiante (20 °C) et à une pression de 1 atm, le méthane (CH_4) ou l'ammoniac (NH_3) sont gazeux alors que l'eau (OH_2) est liquide, ce qui signifie que l'eau a un point d'ébullition très élevé.

Pourquoi ces propriétés ?

La liaison hydrogène

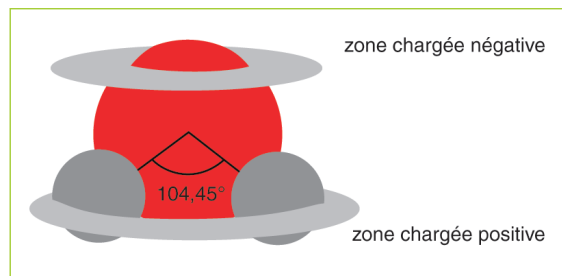
Revenons sur cette propriété de l'eau qui est liquide à température ambiante et non gazeuse. Qu'est-ce que cela signifie ? Les molécules d'un corps à l'état gazeux sont très peu liées entre elles (ce qui explique au passage un certain nombre de propriétés des gaz), alors qu'elles le sont plus fortement dans un liquide. Pour rendre compte de cette propriété de l'eau, il faut supposer qu'il existe, dans l'eau, des liaisons qui lui permettent d'être liquide ; à température ordinaire, elles portent le nom de « liaisons hydrogène », ou « liaisons H ».

L'eau est constituée d'hydrogène et d'oxygène ; une molécule d'eau contient un atome d'oxygène fortement lié à deux atomes d'hydrogène (H_2O). Les liaisons qui relient hydrogène et oxygène, appelées **LIAISONS COVALENTES**, forment entre elles un angle de $104,45^\circ$.

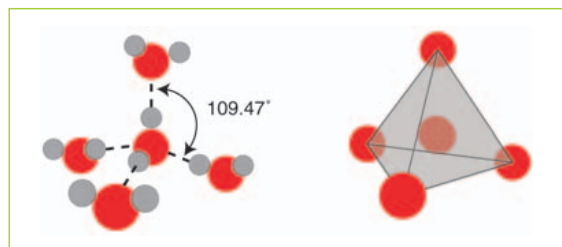


Chaque atome est constitué d'un noyau et d'un cortège d'électrons qui tournent autour du noyau, certains en étant très proches, d'autres non. Ce sont les plus éloignés qui interviennent dans les liaisons entre atomes. Ainsi l'hydrogène a-t-il un seul électron qui gravite autour de son noyau et l'oxygène six sur sa couche la plus externe. Pour l'eau, les électrons de l'oxygène liés à ceux des hydrogènes constituent les liaisons covalentes ; restent deux paires d'électrons que l'on qualifie de « solitaires ».

Une molécule d'eau est neutre du point de vue électrique (elle a autant de charges positives que de charges négatives) mais les charges positives et négatives sont réparties de telle sorte qu'il existe une région chargée positivement et une autre chargée négativement (ci-contre, en haut). Cette configuration permet à chaque atome d'hydrogène de servir d'intermédiaire entre l'oxygène auquel il est lié et les électrons d'une molécule voisine. Une molécule d'eau peut ainsi se connecter à quatre molécules d'eau voisines.



Cette situation est réalisée dans la glace : chaque molécule d'eau est connectée de façon rigide à quatre autres molécules (schéma ci-dessous), selon des angles fixes et des longueurs de liaison imposées.



Dans l'eau liquide, le nombre de liaisons d'une molécule avec ses voisines est très souvent inférieur à quatre et il varie en permanence. Les molécules, bien que liées à leurs voisines, peuvent se déplacer et se rapprocher les unes des autres, ce qui explique pourquoi la glace est moins dense que l'eau.

Les deux photos ci-contre montrent comment ces molécules sont réparties dans l'espace pour la glace (en haut) et l'eau liquide (en bas) : dans la glace, les molécules d'eau, peu mobiles, occupent plus d'espace que les molécules mobiles de l'eau liquide, contrairement à ce qui se passe dans une large majorité des autres corps.

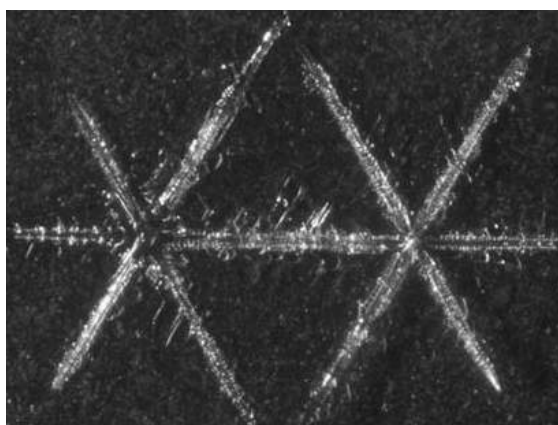
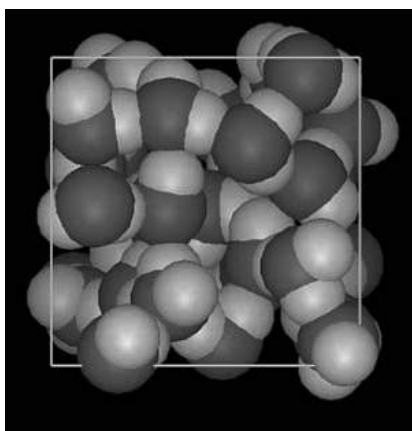
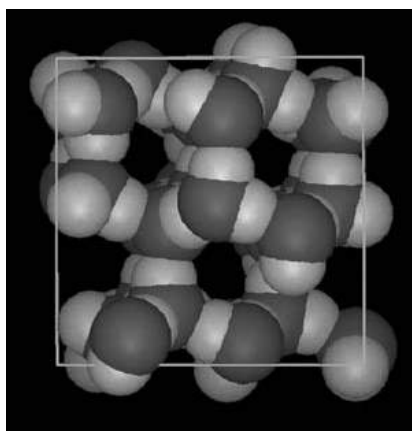
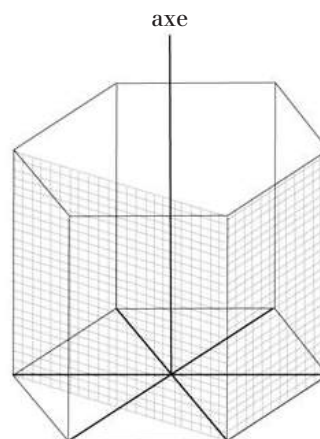
Cette forte connexion que la liaison hydrogène établit entre les molécules d'eau est également responsable de la température d'ébullition élevée.

Dans la vapeur d'eau, les molécules ne sont plus liées entre elles par la liaison hydrogène.

Cristaux de glace

La glace que l'on rencontre dans notre vie quotidienne (glaçons, icebergs, glaciers...) est la glace Ih, ou glace hexagonale. Un hexagone est un polygone présentant six bords et six angles. Les angles intérieurs d'un hexagone régulier (dont tous les côtés et tous les angles sont égaux entre eux) valent tous 120° .

Il existe un axe de symétrie, indiqué sur la figure ci-contre, en haut, et les cristaux de glace peuvent se former soit dans sa direction, soit perpendiculairement à lui. La neige (ci-contre), qui est un des aspects de la glace Ih, se forme dans la direction perpendiculaire, mais le processus est très complexe. Soumise à de plus hautes pressions et à différentes températures, la glace peut se former en une



© Florent Domine

dizaine de phases différentes (II, III, V, VI, VII, VIII, IX et X). Chaque type est caractérisé par sa structure cristalline, son ordre et sa masse volumique.

Le mot « eau » dans l'écriture chinoise

Les mots écrits chinois ne sont pas des représentations phonétiques de mots parlés. Pour le mot EAU, elle est prononcée SHUI, son écriture dessine la caractéristique de l'eau : COULER. Comme montrés sur la figure, l'écriture ancienne (gauche) ressemble à l'eau en coulant, l'écriture actuelle (à droite) est dérivée de celle à côté. On peut trouver beaucoup de mots (la lune, la montagne, etc.) dans l'écriture chinoise, qui ont leur dessins naturels. Les combinaisons

d'éléments fondamentaux jouent aussi un rôle important pour composer de nouveaux mots. L'élément représentant l'eau dans de telles combinaisons – trois points déformés, correspondant à trois gouttes d'eau – peut être combiné avec d'autres pour former des milliers des mots en rapport avec l'eau.



Et pour aller plus loin, quelques questions d'enseignants

Nous avons vu qu'un glaçon d'eau flottait dans l'eau et qu'un glaçon d'huile coulait dans l'huile. Que se passe-t-il si on met un glaçon d'eau dans l'huile ou dans de l'alcool à 90° ? Et un glaçon d'huile ?

Il faut connaître la densité de chacun des corps sous forme solide et liquide car tout corps solide A, dont la densité est inférieure à celle du corps liquide B flottera dessus. La densité de l'eau liquide étant très proche de 1 (exactement 1 à 4°C), celle de l'huile et de l'alcool étant inférieure à 1, on peut déjà affirmer ceci :

- un glaçon qui coule dans l'eau, coule dans l'huile et dans l'alcool car s'il coule dans l'eau c'est que sa densité est supérieure à 1 ;
- un glaçon qui flotte sur l'eau (et qui a donc alors une densité inférieure à 1) peut couler dans l'huile et dans l'alcool, mais peut aussi flotter.

Pour être sûr de la réponse, il faut alors connaître les valeurs exactes de la densité du glaçon d'eau et de celle de l'huile liquide (ou de l'alcool). Le mieux est de faire l'expérience.

Passons maintenant au glaçon d'huile. Celui-ci peut flotter ou couler dans l'eau comme dans l'alcool. Comme précédemment, il faut connaître les valeurs exactes de la densité du glaçon d'huile et de celle de l'eau liquide ou de l'alcool. Le mieux est, là encore, de faire l'expérience.

Quand on est mouillé, sèche-t-on mieux quand on est dans le désert ou dans une forêt tropicale ?

On sèche mieux dans le désert, car l'air contient moins de vapeur d'eau que dans une forêt tropicale.

Bibliographie

Graines de sciences 2, sous la direction d'Isabelle CATALA-BLANC, David JASMIN

et Pierre LENA, « La cuisine moléculaire » (chapitre de Jean Matricon), Le Pommier, 2000.

Cette ressource est issue de l'ouvrage *29 notions clés pour savourer et faire savourer la science*, paru aux Éditions Le Pommier.



Le meilleur des Graines de sciences

Vous êtes enseignant, parent, éducateur... et vous manquez parfois de « munitions » pour répondre aux questions des enfants...

Or, en classe, à la maison, au centre de loisirs, celles-ci fusent : « Le Soleil va-t-il s'éteindre ? » « Est-ce qu'il y a des tremblements de terre sous la mer ? » « Où va l'eau qui tombe du ciel ? » « Pourquoi le ciel est-il bleu le jour ? » « Qu'est-ce que l'effet de serre ? » « Pourquoi les animaux migrent-ils ? » « C'est quoi le clonage ? »

Cet ouvrage de référence va vous aider à répondre à ce bombardement de curiosité... en toute connaissance de cause !

Fruit d'une rencontre entre des scientifiques et des enseignants, désireux de partager savoir et expérience, il est précisément conçu pour vous permettre d'acquérir ou d'approfondir une culture scientifique, si précieuse pour appréhender le monde qui nous entoure... et pour l'expliquer !

Du Soleil à la cellule, du cycle de l'eau aux énergies renouvelables, de l'origine de l'homme au nanomonde, les 29 notions réunies dans ce volume constituent le bagage indispensable pour pérégriner, avec les enfants, en sciences, et ce, de la maternelle au collège. On les retrouve d'ailleurs dans le Socle commun de connaissances et de compétences, qui définit ce que l'école puis le collège doivent, en France, s'imposer de transmettre à tous les enfants.



Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : www.fondation-lamap.org

 FONDATION
La main à la pâte
POUR L'ÉDUCATION À LA SCIENCE