

L'eau dans tous ses états

Hervé Lehning



Au scientifique, les états de l'eau évoqueront les trois phases de la matière : gaz, liquide et solide même si, dans ce cas, on parle plutôt de vapeur, d'eau et de glace... avec quelques états intermédiaires comme la neige ou l'eau en train de geler.

Les trois états
de l'eau sont
présents
sur cette vue
de Qassiarsuq,
au Groenland.



Les nuages ne sont toutefois pas formés de vapeur d'eau à proprement parler mais de minuscules gouttelettes... qui résultent de la condensation de la vapeur par refroidissement. Il n'est donc pas exagéré de parler de vapeur puisque le nuage en est le résultat visible.

Nuage de vapeur
aux geysers
d'el Tatio, au Chili.



Les nuages prennent diverses formes, et diverses couleurs. La plus ou moins grande difficulté de la lumière solaire à les traverser explique ces différences et, en particulier, qu'un nuage soit plus clair sur son bord qu'en son centre.



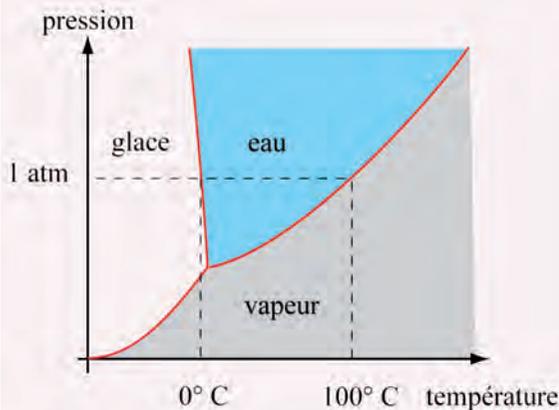
Nuages en formation au-dessus du col de Chamoussière, dans les Hautes-Alpes. On y remarque des différences de couleurs.



Ciel précédant l'orage sur le Goléon, dans les Hautes-Alpes.

Les phases de l'eau

L'eau bout à 100°C ... si la pression est égale à une atmosphère, donc au niveau de la mer. En altitude, la pression est plus basse, l'eau bout à une température plus faible. Vers 5000 mètres d'altitude, l'eau bout à 80°C environ, comme le montre le diagramme des phases de l'eau ci-dessous.



Le point triple de la courbe rouge voit la coïncidence des trois états.

Il correspond à une pression de $0,06$ atmosphère et une température de $0,01^{\circ}\text{C}$.

Brume et luminosité

L'eau en suspension dans l'air, sous forme de gouttelettes invisibles à l'œil nu, modifie de plus la luminosité, source d'esthétiques diverses.



Glacier dans la brume
dans le massif du Pelvoux,
Hautes-Alpes.



Luminosité brumeuse
au-dessus
d'un Loch écossais.

Gouttelettes

Ces gouttelettes invisibles font penser aux rideaux de pluie, qui semblent continus, alors qu'ils sont constitués de gouttes séparées très rapprochées.

En prenant un tel rideau à grande vitesse, on s'aperçoit que chaque jet est constitué d'un grand nombre de gouttes très proches les unes des autres.

Rideau d'eau tombant d'une fontaine publique d'un quartier de Mexico : Coyoacan, (coyote en espagnol), d'où la statue située sous la douche.



Un jet semblant continu quand il est pris à petite vitesse (à gauche)
devient discontinu à grande vitesse (à droite).



Le rideau d'eau continu provenant du débordement de la fontaine (à gauche) ne l'est pas comme le montre la photographie de droite prise de plus près et à grande vitesse.

La vitesse de prise de vue crée d'étranges ballets entre les gouttes, que l'on croyait solidaires. De même, en s'approchant, les rideaux se dispersent.

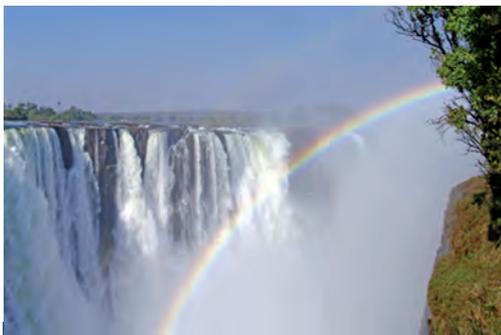
Ces gouttes peuvent également constituer de petites loupes, qui accentuent l'effet du soleil, alors qu'une masse d'eau plus consistante crée une protection. Pas de coup de soleil sous l'eau, le contraire avec quelques gouttes sur le corps !



Jet d'eau d'une fontaine de Mexico. © H.L.

Arc-en-ciel

Ces gouttelettes sont également à l'origine des arcs-en-ciel, qui sont des cercles parfaits mais limités à l'horizon visible. Pour voir un cercle entier, il faut se placer dans le ciel. Dans tous les cas, vous pouvez observer un arc-en-ciel chaque fois que de l'eau est en suspension dans l'air et que le Soleil brille derrière vous. La diffraction de la lumière se fait dans chaque goutte, le résultat est un arc en ciel. Que l'arc soit proche ou éloigné, l'angle sous lequel on le voit est toujours le même, presque 90° . En fait, il s'agit de l'intersection du cône de sommet vous-même, d'axe, la droite vous joignant au soleil et de demi angle au sommet 42° , et d'un plan orthogonal à l'axe. Ce plan est situé au niveau du mur d'eau.



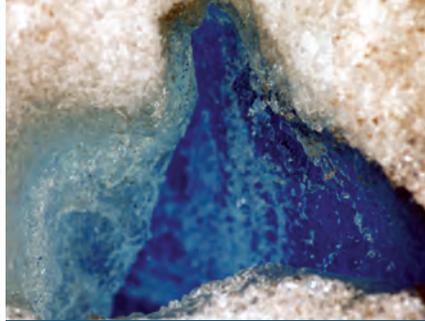
Arc en ciel au-dessus des chutes du Zambèze au Zimbabwe.

La glace

À l'état solide, l'eau est de la glace. Elle peut être plus ou moins translucide, virer au bleu, et prendre des formes étranges. La glace comme l'eau absorbe les grandes longueurs d'onde de manière préférentielle et ne restitue que les courtes, où le bleu est majoritaire...d'où la couleur de l'eau si elle est assez profonde. Pour la glace, cela se voit essentiellement dans les cassures et non en surface, où elle est généralement recouverte d'une fine couche de poussière qui lui donne sa couleur blanche.



Le front du glacier des flétans au Groenland. On voit les différences de coloration que peut prendre la glace, du blanc au bleu foncé.



Détail du glacier des flétans qui montre l'intensité du bleu de la glace sous-jacente.

Forme des glaçons

Quand la glace se détache du glacier, elle se dépose à marée haute sur la plage, où elle fond. Elle prend alors des formes étranges, que la luminosité particulière du nord accentue.



Les cascades de glace des Alpes ont des aspects intéressants.



Glaçon fondant sous la pluie, sur une plage du Groenland.



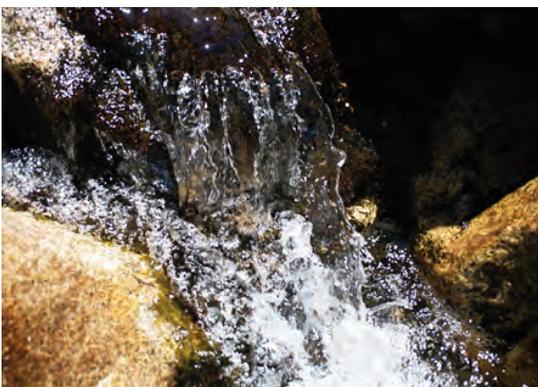
Les glaçons fondant doucement sur la plage forment d'étonnantes sculptures.

Eaux vives

Les mouvements de l'eau sont plus difficiles à visualiser. Selon que la photographie se fait à basse ou grande vitesse, les effets sont très différents et le mouvement y apparaît autrement. C'est la technique que nous recommandons pour photographier les vagues, les tourbillons et les cascades.



Tourbillons pris à basse vitesse. Le mouvement apparaît mais est lissé. En les prenant à grande vitesse, nous le solidifions et retrouvons les effets de la glace.



En prenant les tourbillons à grande vitesse, nous solidifions les mouvements et retrouvons les effets de la glace.



Eau de torrent corse pris à grande vitesse, l'effet ressemble à celui de la glace.

Une expérience intéressante peut être d'observer à grande vitesse un glaçon tombant dans un verre d'eau et les trajectoires des gouttes.

Neige

La neige est constituée de petits cristaux de glace agglomérés de manière plus ou moins dense. Quand la température est proche de zéro, nous observons une neige lourde.

Si le froid est plus intense, la neige se rapproche de la glace et donne des formes ciselées plus cristallines.



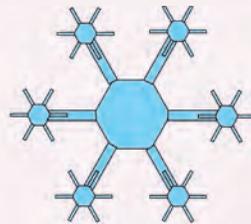
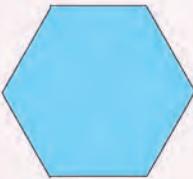
Mimosa sous la neige
à Toulon,
à une température de 2° .



Arbre sous la neige
dans le Vercors,
à une température de -20° .

Des hexagones dans l'air

Les cristaux de neige prennent des formes variées selon la température, mais systématiquement hexagonales. Les plus simples sont celles des hexagones convexe et étoilé classiques.



Deux des dix formes reconnues des cristaux de glace : en plaquette (à gauche) et en étoile (à droite).

Réflexion sur l'eau

Le mathématicien pensera aussi aux propriétés réfléchissantes de l'eau, qui permettent des symétries surprenantes.



Réflexions
sous le pont neuf
à Albi.



Réflexions de colverts
sur le lac de Garde :
une mince pellicule d'eau
suffit pour assurer cet effet.

Pollution

Dans un autre sens, l'eau polluée est une source de réflexions. Heureusement, il est possible de purifier l'eau mais c'est l'un des problèmes majeurs auquel l'humanité est confrontée.

H.L.



Traitement de l'eau polluée.



L'eau polluée donne des reflets
intéressants à l'usine Véolia
de Sanary.