



Université de Reims Champagne-Ardenne

LA VISUALISATION DE L'ÉCOULEMENT par tomographie laser révèle les tourbillons qui se forment dans une flûte de champagne. Ces mouvements du liquide sont engendrés par la remontée des bulles.

Le même phénomène explique pourquoi le ciel nous apparaît bleu. Les molécules de l'atmosphère terrestre sont bien plus petites que les longueurs d'onde de la lumière solaire. Le bleu est donc plus efficacement diffusé que les autres couleurs du spectre, ce qui confère à l'atmosphère sa teinte bleue.

Un modèle thermodynamique est en cours d'élaboration pour rendre compte de la différence de taille caractéristique des noyaux de condensation qui se forment au débouchage en fonction de la température initiale des bouteilles.

En filmant le processus à 12 000 images par seconde, on distingue même une onde de choc, parallèle au goulot de la bouteille, qui progresse dans le sillage bleuté du bouchon qui jaillit (voir les photographies ci-dessous). On remarque aussi que, une fois libéré du col de la bouteille dans lequel il était comprimé, le bouchon reprend très vite sa forme en « jupe » si caractéristique : les parois cellulaires du liège confèrent au bouchon une extraordinaire résilience.

Débouchage en douceur : une instabilité de Kelvin-Helmholtz

Il est d'usage d'ouvrir une bouteille de champagne sans laisser le bouchon sauter librement, mais en le retenant délicatement. Le gaz carbonique sous pression s'échappe alors avec un chuintement très caractéristique. La décompression est moins brutale, ce qui permet toujours à la vapeur d'eau de se condenser, mais sous la forme d'une fumerolle dont les

caractéristiques aérodynamiques diffèrent nettement de celles du panache qui accompagne un débouchage brutal. Le brouillard de minuscules gouttelettes s'échappe parallèlement au goulot de la bouteille sous la forme d'une couche fluide plus dense que l'air ambiant.

Lorsque le processus est filmé à haute vitesse, il dévoile un phénomène bien connu des océanographes et des physiciens de l'atmosphère (voir la figure page 38, en bas). On reconnaît une instabilité, dite de Kelvin-Helmholtz, qui apparaît à la frontière entre deux fluides glissant l'un sur l'autre. Des ondulations se créent puis déferlent, un peu comme des vagues à la surface de l'océan.

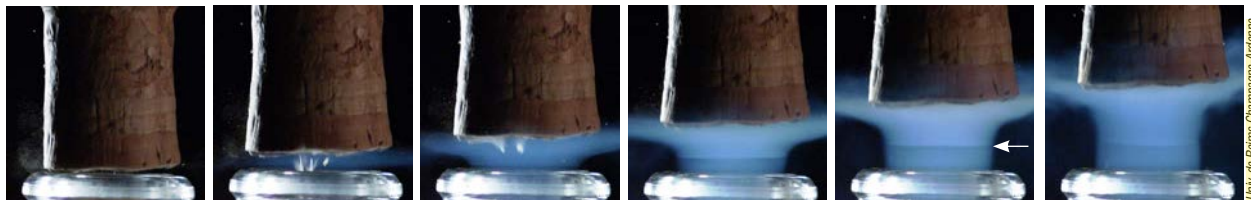
En météorologie, ces instabilités apparaissent parfois à la frontière entre les couches nuageuses et le ciel clair. En océanographie, on les retrouve lors de variations brutales de la densité de l'eau, par exemple à l'embouchure d'un fleuve, lorsque les eaux douces et peu denses se mélangent à l'eau de mer salée, plus dense. On les retrouve même en astrophysique. Par exemple, la structure en bandes de l'atmosphère de Jupiter, où soufflent des vents contraires atteignant plusieurs centaines de kilomètres par heure, est le siège de spectaculaires instabilités de Kelvin-Helmholtz.

Laissons à présent le débouchage et la condensation qui s'ensuit pour contempler au sein du vin le ballet des bulles. En plus de leur rôle esthétique évident en dégustation, les bulles qui remontent dans le verre créent des tourbillons au cœur du liquide (voir les figures page 37 et ci-dessus). Ce processus, hélas invisible à l'œil nu, peut être mis en évidence par un procédé

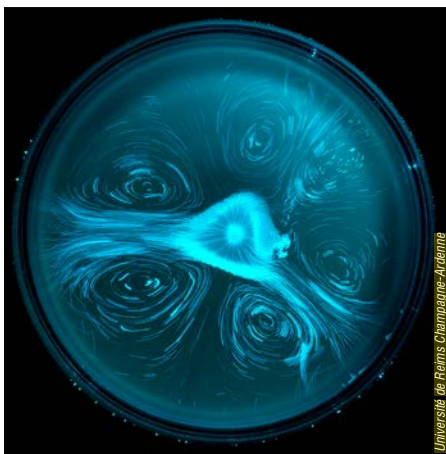
UNE ONDE DE CHOC DANS LE NUAGE DE CONDENSATION

Lorsqu'on filme à une cadence plus rapide (12 000 images par seconde) le débouchage d'une bouteille de champagne conservée à température ambiante, des détails supplémentaires apparaissent. En particulier, on distingue

une onde de choc, parallèle au goulot (flèche), qui progresse de bas en haut dans le sillage du bouchon. Par ailleurs, les images mettent en évidence le retour très rapide du bouchon à sa forme d'équilibre.



Univ. de Reims Champagne-Ardenne



LES TOURBILLONS QUI AGITENT LA SURFACE d'un verre de champagne [voir aussi l'illustration page 37] évoquent par leur aspect les systèmes tourbillonnaires des courants océaniques, reconstitués ici à l'aide de données satellitaires. Plus spécifiquement, à la surface du champagne, les tourbillons s'organisent en un nombre pair de cellules régulièrement disposées autour de l'axe central.



bien connu des physiciens : la tomographie laser. Cette technique consiste à éclairer le fluide avec un plan de lumière laser ; des particules ajoutées au fluide diffusent cette lumière et permettent ainsi de visualiser les mouvements du fluide dans ce plan.

Des tourbillons comme dans les océans

Ces mouvements tourbillonnaires ont une importance considérable dans le champagne. Ils renouvellent en permanence la surface libre du liquide en composés volatils odoriférants, accélérant ainsi l'évaporation des arômes du vin. Ils sont donc responsables d'une perception plus efficace des arômes que le vin recèle.

Notons d'ailleurs que l'olfaction d'un vin tranquille (incapable de tourbillonner par lui-même) s'effectue toujours après l'avoir agité. En imprimant un mouvement de rotation à son verre, le dégustateur met le vin en rotation, permettant ainsi aux arômes de s'échapper plus rapidement. Dans le cas du champagne, cette agitation est inutile. L'effervescence joue ce rôle à merveille en faisant tourbillonner le champagne dans un verre au repos !

Prenons encore un peu de recul et embarquons à bord d'un satellite de la Nasa. Entre juin 2005 et décembre 2007,

dans le cadre du programme ECCO (*Estimating the Circulation and Climate of the Ocean*), la Nasa a synthétisé l'ensemble des données satellitaires portant sur la circulation océanique de surface. Le but ultime est de modéliser, à l'échelle planétaire, les mouvements des masses d'eau afin de les prendre en compte dans les modèles destinés à mieux cerner les futurs changements climatiques. Au-delà de l'avancée scientifique majeure que constitue ce programme pour la compréhension du fonctionnement de notre planète, le résultat visuel est éblouissant. Les images qui matérialisent les courants à la surface des océans sont d'une grande beauté graphique (voir la figure ci-dessus).

À l'échelle des océans, on retrouve des systèmes tourbillonnaires qui rappellent ceux qui agitent la surface du champagne. À la toute petite échelle d'une flûte de champagne, le fluide est mis en mouvement par la remontée des bulles et s'organise spontanément en de multiples cellules convectives, tout comme le font les courants océaniques à la surface du globe. Le microcosme de la flûte de champagne rejoint ainsi le macrocosme de la surface océanique ! L'infiniment petit de la flûte de champagne est une leçon sur l'infiniment grand qui nous entoure et dans lequel l'homme se retrouve plongé... ■

■ BIBLIOGRAPHIE

G. Liger-Belair et G. Polidori, *Nouveau voyage au cœur d'une bulle de champagne*, Odile Jacob, 2015.

G. Liger-Belair et al., *Champagne - La vie secrète des bulles*, Le Cherche midi, 2015.

F. Beaumont et al., *Numerical modelling of bubble-driven flow patterns in champagne glasses*, *Int. J. of Num. Meth. for Heat and Fluid Flow*, vol. 24, pp. 563-578, 2014.

G. Liger-Belair et al., *Champagne cork popping revisited through high-speed infrared imaging : The role of temperature*, *Journal of Food Engineering*, vol. 116, pp. 78-85, 2013.

Détecter la lumière de toutes les étoiles disparues

Plusieurs générations d'étoiles, aujourd'hui éteintes,
ont empli l'Univers d'un rayonnement ambiant
que les astronomes commencent tout juste à détecter.

Alberto Domínguez, Joel Primack et Trudy Bell