

■ LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY
et Édouard KIERLIK
sont professeurs de physique
à l'Université Pierre
et Marie Curie, à Paris.
Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

■ BIBLIOGRAPHIE

J.-P. Hulin, É. Guyon et L. Petit,
Hydrodynamique physique,
CNRS Éditions/EDP Sciences,
3^e édition, 2012.

de taille semblable à l'anneau sont donc absents. C'est pourquoi le tourbillon annulaire peut avancer à vitesse constante sur une distance assez longue.

S'il est difficile de modifier l'état de rotation d'un fluide, comment former malgré tout un tourbillon ? Il faut pour ce faire créer une « singularité » dans un écoulement. Prenez une goutte d'encre ou de lait, et laissez-la tomber dans un verre d'eau ; vous verrez qu'un anneau se forme et se déplace vers le bas. Pourquoi ? Dans le fluide en mouvement (la goutte d'encre ou de lait) comme dans le fluide au repos (l'eau du verre), il n'y a pas de rotation. En revanche, au moment où le fluide en mouvement pénètre dans le fluide au repos, leur frontière est le siège d'un cisaillement si intense que les effets de la viscosité s'y manifestent et mettent en rotation les fluides.

Une autre façon de créer un tourbillon annulaire consiste à immerger, dans de l'eau, un tube à ouverture circulaire et contenant un fluide coloré, puis à pousser ce dernier avec un piston hors de son tube. Dès que le fluide coloré commence à jaillir, il se forme sur le bord de l'ouverture un tourbillon, où le fluide coloré s'enroule autour du fluide ambiant (comme sur le schéma de la figure 2). À mesure que le fluide coloré sort du récipient, le tourbillon grandit, le fluide s'enroule de plus en plus sur lui-même et l'anneau ainsi formé s'écarte lentement de l'orifice. Puis, lorsque la longueur de fluide envoyé est de l'ordre de quatre fois le diamètre de l'orifice, l'anneau cesse de grossir et se détache. Il s'avance alors dans le fluide ambiant et s'éloigne de l'orifice. Eh oui, vous venez de réaliser un magnifique rond de fumée liquide ! ■

france culture

LA MARCHE DES SCIENCES

Découvertes, inventions, aventures savantes au fil de l'Histoire

Aurélie Luneau
14h-15h / chaque jeudi

franceculture.fr

SCIENCE

© 2013 France Culture. Tous droits réservés. Photo : M. D. / Contrasto

SCIENCE & GASTRONOMIE

Les jeux goûteux de la rugosité

Pour des frites moins grasses, il faut les éponger très vite après cuisson. Et il faut fabriquer les spaghettis dans des machines en bronze afin que la sauce les nappe bien.

Hervé THIS

Il y a quelques années, des articles de technologie alimentaire montraient que les frites ayant la surface la plus rugueuse absorbaient plus d'huile. Ces expériences ont été réanalysées à la lueur d'une connaissance indispensable des mécanismes d'absorption.

Lors de la friture, l'eau présente dans les cellules les plus proches de la surface des bâtonnets de pomme de terre s'évapore ; elle forme ces bulles que l'on voit dans le bain d'huile. Ces bulles sont éjectées, parce que la vapeur, prenant 20 000 fois plus de volume que l'eau liquide, n'a pas la place de demeurer dans les bâtonnets. Puis, après un certain temps, les grains d'amidon de l'intérieur des cellules gonflent, s'empêsent, se soudent, formant une croûte quand l'eau de cet empois est évaporée. À ce stade, l'eau de l'intérieur, qui continue de s'évaporer, traverse difficilement la croûte, et la pression dans les frites augmente.

Le phénomène critique d'absorption de l'huile a lieu après la sortie des frites du bain : en refroidissant, la vapeur d'eau qui emplit l'intérieur de la croûte, en compagnie d'une espèce de purée, se recondense. Il s'ensuit une diminution de la pression, et l'huile qui adhère à la surface des frites est alors aspirée.

Plus la surface est rugueuse, plus les forces de tension superficielle permettent à l'huile d'adhérer, d'où les résultats expérimentaux évoqués plus haut. Mieux encore, les mesures de pression montrent que la recondensation se produit dans la deuxième minute après la sortie des frites du bain d'huile ; autrement dit, la cuisinière ou le

cuisinier disposent d'une minute pour éponger les frites au sortir du bain s'ils veulent éviter d'ingérer... jusqu'à 25 grammes d'huile pour 100 grammes de frites !

La rugosité de la surface des frites a aussi un effet sur le salage : si les grains de sel se retrouvent en fond de cornet, c'est qu'ils sont trop gros pour se loger dans les irrégularités du tissu végétal frit. D'où l'intérêt de produire du « sel glace », plus fin, que l'on obtient en broyant du sel ordinaire dans un mortier, à l'aide d'un pilon, ou en frottant du sel dans une poêle, à l'aide d'une petite casserole par exemple.

Tout récemment, un nouvel exemple de l'importance de la rugosité des aliments a été étudié : Masashi Yoshino et ses collègues de l'Université de Kyoto ont exploré l'importance des filières utilisées pour la production des spaghettis. Traditionnellement, les fabricants italiens utilisent des filières en bronze, mais des matériaux tels que le téflon, le polypropylène, le polycarbonate ou l'aluminium ont été introduits pour améliorer l'aspect, pour avoir des filières qui s'usent moins vite, pour produire des pâtes plus poreuses, de cuisson facilitée...

Toutefois les qualités gustatives du plat ne sont-elles pas le plus important ? Pour étudier ce point, les technologues japonais ont confectionné des spaghettis avec des filières expérimentales en divers matériaux et ont examiné au microscope les pâtes obtenues. Effectivement, les spaghettis ont des rugosités différentes selon que les moules sont en téflon, polypropylène, polycarbonate, aluminium, bronze : la rugosité

augmente avec les moules dans cet ordre. Les spaghettis les plus lisses sont ceux qui sont extrudés avec le moins d'énergie, et le plus rapidement, mais la rugosité n'a pas d'influence sur la température d'empesage de l'amidon (les spaghettis sont composés de grains d'amidon emprisonnés dans un réseau protéique produit par malaxage de la farine de blé dur avec de l'eau).

En quoi ces travaux éclairent-ils le monde culinaire et guident-ils notre gourmandise ? Les Italiens sont réputés pour l'adéquation de la sauce au type de pâtes, la sauce devant venir couvrir les pâtes d'une couche bien « équilibrée », des sauces plus fluides devant être utilisées pour des formes de pâtes capables de mieux retenir la sauce. Les entreprises de pâtes chérissent leurs filières traditionnelles en bronze, car, on le sait désormais, ces dernières permettent de produire des pâtes dont la rugosité tiendra bien la sauce.

La cuisine, comme la catalyse en chimie, considère que les interfaces sont essentielles. La superficialité va au fond des choses. ■



Hervé THIS est chimiste dans le Groupe INRA de gastronomie moléculaire, professeur à AgroParisTech et directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire [Académie des sciences].

Retrouvez les articles de H. This sur www.pourlascience.fr



→ ANTIQUITÉ

Les voyages des empereurs dans l'Orient romain

A. Hostein et S. Lalanne (dir.)

Errance, 2013
(303 pages, 36 euros).

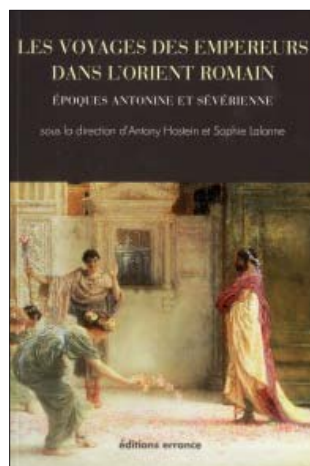
Que font les empereurs romains quand ils ne guerroyent pas ? Ils voyagent. Pourquoi ? Comment ? Dans quelles conditions ? Tout l'intérêt de ce livre est d'aborder ces questions et d'y répondre.

Le point qui a le plus retenu l'attention des concepteurs de cet ouvrage est l'étude des motifs des empereurs, et c'est aussi cette question qui a inspiré les passages les plus originaux. En effet, et contrairement à ce que l'on imaginait autrefois, l'empereur ne résidait pas souvent dans son palais du Palatin. Il se déplaçait beaucoup en Italie, pour des raisons religieuses et politico-civiques. En tant que souverain pontife (chef de la religion), il était amené à célébrer des rites dans des sanctuaires extérieurs à Rome, et il devait inciter les notables des cités italiennes à maintenir, voire renforcer, l'appui qu'ils lui accordaient. Cette quête se déroulait à vrai dire sans grandes difficultés : pour ces personnages aisés, « l'Empire, c'est la paix », donc la prospérité. Que pouvaient-ils demander d'autre ?

Beaucoup de voyages en Orient ont été justifiés par ce souci de conforter les sentiments des élites municipales. Marc Aurèle, aussi connu comme chef d'État que comme philosophe, a par exemple éprouvé le besoin de montrer qu'il était vivant et actif après la tentative de coup d'État avortée d'Avidius Cassius (175-176). Mais d'autres motifs sont invoqués. Les relations avec la

Perse conduisent parfois à des guerres : Trajan en 115-117, Lucius Vère en 162-166 et Septime Sévère en 195, 196-198 et 203. Quant à Caracalla, il se conduit de manière étrange, « comme un fou » disent les méchants : il alterne les demandes en mariage et les menaces de conflit.

S'agissant de la Grèce, un autre aspect non négligeable des voyages impériaux tient aux choses de l'esprit. Ce pays est à la fois une terre de vaincus et une terre de culture. D'où une attitude ambiguë. D'un côté, une admiration sans bornes : le séjour à Athènes est obligatoire, avec initiation dans le sanctuaire d'Eleusis (ce rite secret a été pratiqué par tous les empereurs philhellènes, donc cultivés). D'un autre côté, un mépris distingué. Comme on s'y attend, l'empereur voyage



par la route et, quand il arrive dans une cité quelconque, ses dirigeants doivent le loger, le nourrir et l'occuper. En retour, il accorde souvent des honneurs gratuits et parfois des avantages financiers, notamment par le biais d'allègements de la fiscalité.

Cet excellent ouvrage appelle une deuxième partie où seront traités d'autres aspects du sujet, les voyages en Occident et le rôle de la marine de guerre dans ces

déplacements. Il ne faudrait pas laisser croire que l'armée romaine ne présente aucun intérêt.

→ Yann Le Bohec

Professeur émérite

à l'Université Paris IV-Sorbonne

→ ÉPISTÉMOLOGIE

L'analogie, cœur de la pensée

Douglas Hofstadter et Emmanuel Sander

Odile Jacob, 2013
(688 pages, 31,90 euros).

Dans son roman culte et inachevé, *Mont Analogue*, René Daumal décrit une montagne mythique qui unit la Terre au Ciel et qui symbolise la recherche scientifique. Les chercheurs montent dans la connaissance en ignorant le bon chemin vers le sommet du Mont Analogue et même sans savoir si le sommet, l'aboutissement de leurs recherches, existe.

D. Hofstadter et E. Sander nous entraînent sur un chemin initiatique similaire dans le monde de l'analogie, laquelle permet l'appropriation de la connaissance. Ils ont certainement raison et leur livre est une illumination sur la manière dont nous acquérons le savoir.

Les auteurs élargissent l'analogie à l'association d'idées et à tout ce que peut évoquer un mot. La psychanalyse attache de l'importance aux « mots pour le dire » et décrit l'ambiguïté comme un surgissement du subconscient. L'alchimie se fait quelquefois sans notre participation active, mais quand le hasard de l'association est reconnu et sa véracité bien exploitée, quel émerveillement !

L'utilisation mentale de l'analogie rejoint la pensée du mathématicien Jean-Pierre Kahane pour qui les différentes mathématiques

s'unissent par le haut par des analogies entre des faits ou des structures. Dans cette forme de pensée épurée, les analogies aident à comprendre autant qu'à prouver, à condition de savoir gravir le Mont Analogue... Chacune d'entre elles transforme le lecteur en un nouvel Edipe, qui, lors des changements de route qu'elle entraîne, découvre des panoramas inconnus.

Pour sa part, Henri Poincaré a affirmé que « des éléments variés dont nous disposons, nous pouvons faire sortir des millions de combinaisons différentes », c'est-à-dire le « fait brut », mais que seule la « combinaison qui prendra place dans une classe de combinaisons analogues » permettra de sentir « l'âme du fait ».

Ainsi, l'exemple des mathématiques illustre que l'analogie aide à transformer le nominalisme en réalisme, à passer du concept abstrait en outil efficace pour saisir l'intelligence des choses. Prenons en exemple le problème du brachistochrone, résolu par Jean Bernoulli (1667-1748). Aujourd'hui, la recherche de « la pente courbe reliant deux points que doit suivre un point matériel soumis à la gravitation pour la parcourir dans un temps minimal » est grandement facilitée par l'analogie avec un mirage

L'Analogie
Cœur de la pensée

Douglas Hofstadter
Emmanuel Sander

