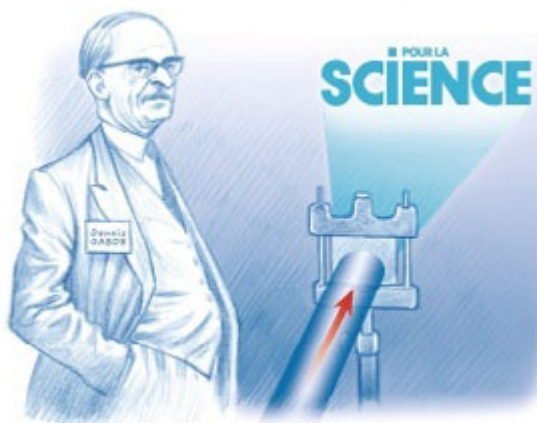




3. ON PEUT CRÉER DES HOLOGRAMMES

synthétiques en calculant numériquement la figure d'interférence que créeraient une onde de référence et un objet imaginaire. On peut aussi calculer et réaliser l'hologramme qui, éclairé par le faisceau de référence, projetera une image donnée sur un écran. L'avantage est que le système de projection est très simple et que l'image projetée est nette partout (mais à chaque image correspondra un hologramme différent).

Certaines applications sont cependant plus inattendues. De même que l'on réalise des images de synthèse, il est maintenant possible de faire des hologrammes synthétiques, en calculant numériquement la figure d'interférence créée entre une onde de référence et un objet virtuel. Des techniques de microlithographie permettent

alors de réaliser un hologramme qui, une fois éclairé par l'onde de référence, reconstituera en trois dimensions l'image d'un objet n'ayant jamais existé !

Par ailleurs, il est habituel d'enregistrer et de reconstituer l'onde qui provient d'un objet ; mais il est tout à fait possible de reconstituer l'onde qui part d'un dispositif tel qu'un projecteur. Dans ce cas, l'onde issue

de l'hologramme forme une image avec un dispositif particulièrement simple, compact et robuste qui ne demande aucun réglage : un laser éclairant une lame de verre ou de plastique sur laquelle l'hologramme est imprimé (voir la figure 3).

Les hologrammes sont aussi très utiles pour authentifier ou sécuriser divers dispositifs, tels les billets de banque de forte valeur ou les cartes de paiement. Dans ces applications, l'hologramme est imprimé en relief : c'est dans la profondeur que la gravure retranscrit la phase de l'onde. Ces hologrammes sont très difficiles à reproduire, qu'il s'agisse de les imprimer ou de réaliser l'original qui sert à l'impression. Il est en outre possible d'ajouter à l'image du motif visible une image aléatoire que seul le possesseur du filtre adapté pourra identifier.

Mardi 16 novembre 2010 à 18h30
au Palais de la Découverte

Raconte-moi un chercheur

Pour la Science, en partenariat avec le Palais de la Découverte, vous convie, chaque mois, à passer une heure avec un scientifique.

Comment est-il devenu chercheur ?
Quelles sont les différentes facettes de son métier ?
En quoi consiste son travail au quotidien ?

Invité

Hervé This

dirige le Groupe INRA de gastronomie moléculaire au Laboratoire de chimie d'AgroParisTech. Il est aussi directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Acad. des sciences).

En vous faisant partager leur expérience et en rendant leur métier plus concret, ces chercheurs ont une ambition : vous faire partager leur passion pour la science !

Palais de la Découverte • Avenue Franklin-D. Roosevelt • 75008 Paris

SCIENCE

Palais de la Découverte

SCIENCE & GASTRONOMIE

Ces recettes parfois superflues

Combien de temps faut-il pour cuire les viandes ?

L'analyse dimensionnelle offre une réponse... universelle.

Hervé THIS

Dis-moi quel est ton feu, je te dirai qui tu es ! Au début, l'humanité (méritait-elle ce nom ?) mangeait cru. Puis elle apprit à cuire, parce que les aliments cuits sont plus digestes, plus appétissants, comme l'a montré l'étude d'animaux sauvages en captivité, et se conservent mieux. D'abord il y eut le rôtissage, mais, alors que les famines étaient récurrentes, le procédé apparut médiocre : la viande chauffée se contracte, expulsant des jus nutritifs qui sont perdus. S'imposa alors l'usage économiquement judicieux de creuser un trou, d'y mettre de l'eau, et de jeter des pierres chauffées afin de chauffer l'eau où était placée la viande : c'était l'ancêtre de notre pot-au-feu.

Toutefois, la viande rôtie a des attraits que la viande bouillie n'a pas, et le rôtissage est resté un mode de cuisson qui séduit, encore aujourd'hui, au point que les viandes à griller valent souvent trois à quatre fois plus cher que les viandes à braiser.

Entre-temps, il y eut des progrès : d'abord, les cuisiniers comprirent que la viande cuisait tout aussi bien si elle était mise à côté du feu, et non dessus : les rayonnements infrarouges se propagent tout aussi bien horizontalement que verticalement ! En outre, la viande ainsi rôtie est bien supérieure : d'une part, elle ne se couvre pas de particules noires âcres, ni ne se charge de benzopyrènes cancérigènes ; d'autre part, les jus peuvent alors retomber dans une lèchefrite placée sous la viande. Mieux encore, nos ancêtres inventèrent la « coquille », un réflecteur métallique qui, placé derrière la viande, accélérât le rôtissage.

Puis vint la décrépitude : quand le gaz apparut à tous les étages, selon la formule consacrée, on en vint à cuire dans des fours clos, chauffés au gaz, et la guerre fit rage

dans le milieu culinaire. Elle était justifiée, car le résultat donné par le nouveau procédé n'est en rien comparable au véritable rôtissage, en milieu ouvert, dans un air bien sec, qui favorise l'évaporation de l'eau des viandes et amène un joli croustillant.

Demeurent toutefois, dans l'hypothèse d'un véritable rôtissage, des questions : faut-il approcher la viande progressivement de la source de chaleur, ou bien la reculer, ou encore la laisser à une distance constante ? Faut-il badigeonner la surface avec de l'huile pour l'avoir bien croustillante ? Et, surtout, combien de temps faut-il cuire ?

Pour cette dernière question, la technique de l'analyse dimensionnelle donne une réponse qui évite les calculs. Supposons que la température de cuisson soit fixée ou que la puissance de chauffage soit maintenue pendant toute la cuisson. La cuisson de la viande s'effectuant par conduction, à partir de la surface, on comprend que la masse de la pièce à rôtir soit un paramètre essentiel, relié d'ailleurs au « rayon » [si l'on suppose que la viande est une boule, ou un cylindre dont on néglige les extrémités]. D'autres paramètres s'imposent : d'abord la conductivité thermique, puisque la viande cuira plus vite si la conduction se fait bien ; ensuite la capacité calorifique, puisque la chaleur se transmet si elle n'est pas stockée ; enfin la densité de la viande.

En première approximation, supposons que le temps de cuisson soit proportionnel à la masse à une certaine puissance a , multipliée par la densité à une puissance b , multipliée par la conductivité thermique à une puissance c , multipliée par la capacité calorifique à une puissance d . Le temps s'exprime en secondes, tandis que les autres paramètres ont leurs propres unités, respectivement le kilogramme, le kilogramme

par mètre cube, le mètre kilogramme par seconde et par degré, le mètre carré par seconde carrée et par degré.

Au total, il faut que les puissances a, b, c, d , soient choisies de telle sorte que l'égalité du temps et du produit des quatre autres paramètres soit assurée, du point de vue des unités. Une simple résolution d'un petit système linéaire d'équations conduit à conclure que le temps de cuisson est proportionnel à la masse à la puissance $2/3$, à la densité à la puissance $1/3$, à la capacité calorifique, et à l'inverse de la conductivité thermique.

Retenons surtout que le temps de cuisson varie comme la masse à la puissance $2/3$. Est-ce réaliste ? Madame Saint Ange, auteur d'un *best-seller* culinaire un peu ancien (1925), mais toujours réédité, conseille de cuire 15 à 16 minutes par livre pour un rôti de un kilogramme, mais seulement 10 à 12 minutes par livre pour un rôti de 1,8 à 2 kilogrammes. Si l'on divise le temps de cuisson par la masse à la puissance $2/3$, on obtient 32 dans le premier cas, et 30,2 dans le second : le facteur de proportionnalité est donc raisonnablement constant, surtout si l'on tient compte des incertitudes des recommandations culinaires. Bref, l'analyse dimensionnelle, un outil trop oublié et pourtant d'application aisée, réfute l'aphorisme selon lequel on deviendrait cuisinier, mais on naîtrait rôtiisseur !



Jean-Michel Thiriet



Hervé THIS dirige le Groupe INRA de gastronomie moléculaire au Laboratoire de chimie d'AgroParisTech. Il est aussi directeur scientifique de la Fondation Science & Culture Alimentaire (Acad. des sciences).



Retrouvez les articles de Hervé THIS sur www.pourlascience.fr

→ MATHÉMATIQUES

La chasse aux trésors mathématiques

Ian Stewart

Flammarion, 2010
[398 pages, 20 euros].

Avez-vous déjà joué avec un maître d'échecs, avec un joueur de bridge virtuose, avec un champion de dames ? Face à eux, on se sent submergé par une impuissance panique : on ne sait pas quoi faire !

Cette même angoisse existe devant la plupart des ouvrages de mathématiques, même vulgarisés. Les formules y sont toujours effrayantes de concision, et le lecteur doit décrypter le vocabulaire et les raisonnements avec un soin assez peu ludique.

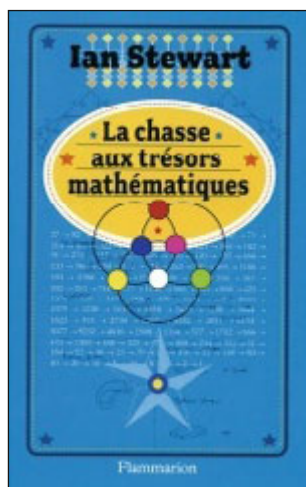
I. Stewart ne fait pas partie de ces écrivains qui demandent trop à leur public. Le lecteur sent qu'il a à ses côtés un ami, qui lui explique les facéties des mathématiciens. Les textes de ce recueil sont courts, ils entremêlent des problèmes et des anecdotes mathématiques. Dans les problèmes, l'idée principale est bien mise en valeur : les mathématiques sont plus des idées que du calcul et

les mathématiques compliquées peuvent quelquefois s'entrevoir sur des cas simples. De surcroît, ce mélange d'anecdotes, de petits problèmes, de filiations mathématiques expliquées nous font entrer dans le monde inconnu de ces extraterrestres de la pensée abstraite que sont les mathématiciens, et nous le rend abordable.

Et ne méprisons pas les petits exercices mathématiques : il existe bien des exemples où une curiosité mathématique devient l'embryon d'un domaine mathématique, quand les résolveurs de problèmes passent la main aux constructeurs de théories. Le grand mathématicien indien Ramanujan procédait, en théorie des nombres, à partir de petits exemples pour construire des pans entiers des mathématiques ; la topologie est née d'une petite question sur la traversée des ponts de Königsberg, que I. Stewart a notée, à l'âge de 14 ans, dans son premier bloc de curiosités mathématiques.

Cette note nous donne d'ailleurs l'occasion de saluer cet ancien auteur de *Pour la Science* : merci Ian pour cet intéressant livre !

→Philippe Boulanger



→ HISTOIRE DES SCIENCES

Aux origines de la chimie organique

Sacha Tomic

Presses universitaires de Rennes, 2010
[322 pages, 20 euros].

En chimie, les récits historiques privilégient souvent la notion de révolution chimique ou l'exposé des controverses. Or, dans ces textes, rien de tel ne semblait traverser le pre-

mier tiers du XIX^e siècle. Cette période intermédiaire manquait d'études approfondies sur l'émergence de la chimie organique elle-même. Sacha Tomic, chimiste et historien, apporte ici un éclairage précieux sur ses origines.

À partir de centaines de sources imprimées que constitue la production littéraire des pharmaciens et des chimistes, connus ou inconnus, sur la période, l'auteur étudie le domaine de la pratique de laboratoire qu'est l'analyse. Par l'analyse immédiate, qualitative, le pharmacien isole le principe actif d'une matière médicale. L'amélioration des instruments de physique et de chimie, la notion de réactif, le rôle des solvants (eau, alcool, éther) et leur utilisation judicieuse au cours de protocoles de plus en plus sophistiqués enrichissent la chimie de nouvelles substances d'origine naturelle ou résultant d'une réaction. Ces pharmaciens-chimistes empruntent aux chimistes leurs méthodes et contribuent à de nombreuses découvertes, dont celle du premier alcaloïde (morphine) en 1817 et celle de la quinine en 1820.

Dans le même temps, les chimistes mettaient au point une analyse dite élémentaire, quantitative, dans la droite ligne des travaux de Lavoisier et de la théorie atomique de Dalton, pour connaître les proportions des éléments chimiques (carbone, hydrogène, oxygène, puis azote) présents dans la substance pure afin d'en donner une formule empirique, vite traduite en symboles grâce aux propositions de Berzélius (C pour carbone, H pour hydrogène, etc.). L'auteur explique en détail les innovations techniques et les apports théoriques, montrant ainsi que l'évolution des méthodes et des techniques des deux milieux, pharmaciens et chimistes, conduit à redéfinir les domaines respectifs



de la chimie et de la pharmacie. Le pharmacien a dépassé l'usage « simple » de l'officine pour répondre aux demandes de la société (médicaments, chimie légale, vie quotidienne) et aux exigences des chimistes (substances pures et standards), grâce à une industrie pharmaceutique prometteuse.

La frontière, de plus en plus évanescence entre la chimie animale et la chimie végétale, a conduit des chimistes comme Thenard, Dumas et Liebig à repenser leur discipline dans les années 1830. Cependant, S. Tomic insiste sur le fait qu'il n'y a pas eu de changement brusque, mais une accumulation d'innovations et de pratiques, fruit d'un travail collectif émaillé de tensions et de collaborations, qui conduit à l'émergence de la « chimie organique ». Le mot émergence, particulièrement bien choisi, sous-tend cette notion de « lent commencement », qui fait que peu à peu un corpus de notions s'impose.

On ne peut que recommander cet ouvrage, d'une densité riche à souhait, qui apporte des éléments de compréhension sur une période encore peu étudiée en France.

→Danielle Fauque

GHDSO-Orsay