

✓ BIBLIOGRAPHIE

N. McLachlan *et al.*, *The design of bells with harmonic overtones*, *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 114, n° 1, pp. 505-511, 2003.

T. D. Rossing (éd.), *Acoustics of Bells*, Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1984.

le grave, soit une division de la fréquence par huit, on doit multiplier par 512 la masse de la cloche. C'est pourquoi les cloches ont des masses qui vont de quelques dizaines de grammes à plusieurs tonnes !

La seule exception sur l'homothétie concerne les petites cloches qui produisent les sons les plus aigus. La puissance sonore émise dépend en effet de la superficie vibrante. Cela explique qu'une corde émet très peu et que, pour rendre le son audible, on a besoin d'une caisse de résonance, comme pour un violon ou une guitare.

Les cloches présentent au contraire des surfaces d'émission importantes, donc produisent des sons puissants, qui s'entendent de loin. Mais à chaque fois que l'on double la fréquence, on diminue l'aire de la cloche et, partant, la puissance émise par un facteur quatre environ. Même si

l'oreille humaine entend mieux les aigus que les graves, la perte de puissance est telle qu'il faut s'éloigner de la loi homothétique : pour ces petites cloches, on préfère moins diminuer le diamètre (et donc accroître la surface) et augmenter l'épaisseur (pour conserver la fréquence). Là encore, l'art du fondeur est crucial.

La conception des cloches n'est pas un art dépassé : les ordinateurs permettent d'effectuer des simulations numériques et d'améliorer les tracés existants, voire d'explorer des profils innovants. Le fondeur Royal Eijsbouts, aux Pays-Bas, a récemment conçu des cloches qui émettent un arpège majeur. On a aussi fabriqué des cloches harmoniques, qui produisent les mêmes vibrations qu'une corde tendue. Ces innovations sonneront-elles la fin de la mélancolie ou de la joie dans nos campagnes ? ■



Professeurs, chercheurs, étudiants des filières technologiques, scientifiques et management : inventez avec McDonald's France des solutions inédites pour l'énergie, les emballages ou l'agriculture.

ENVIRONNEMENT
APPEL À PROJETS
4^{ÈME} ÉDITION
50 000 €
DOTATION GLOBALE
5 PROJETS MAXIMUM RETENUS
PARTICIPEZ AVANT LE 30 AVRIL 2011
www.mcdonalds.fr/appelaprojets

LES LAURÉATS DES ANNÉES PRÉCÉDENTES :
El Purpan Toulouse • HEI Lille • Institut EGID Bordeaux
ISSBA Angers • L'école de design Nantes Atlantique
LERMAB-UHP Nancy • LGM² Bordeaux • UTT Troyes

SCIENCE & GASTRONOMIE

Quand le sucre fond

En chauffant, le sucre ne fait pas que fondre : il se transforme en divers composés, aujourd'hui identifiés, qui inspireront différentes créations culinaires.

Hervé THIS



La glace fond à 0 °C, une température constante, parce que l'eau n'est composée que d'une sorte de molécules. Cependant, le beurre, composé de molécules variées, commence à fondre à -10 °C et il est complètement fondu vers 50 °C. Alors pourquoi le sucre de table, le saccharose, dont toutes les molécules sont identiques, n'a-t-il pas un point de fusion bien net ? Et quelle importance ?

La température de fusion du sucre augmente avec la vitesse à laquelle on le chauffe. Le glucose et le fructose, eux aussi faits de molécules identiques, présentent également ce comportement anormal. Cela, ce sont les faits de la science des aliments. Parallèlement, en pâtisserie et en confiserie, les artisans ont leurs observations centenaires : les sirops chauffés d'une « certaine » façon ne recristallisent pas quand ils sont ensuite refroidis.

Si l'empirisme confiseur n'est pas à même d'expliquer les observations, sinon par des intuitions souvent fausses (parce que fondées sur l'usage de concepts macroscopiques, et non moléculaires), les chimistes ont expliqué que les sucres se décomposent quand on les chauffe, de sorte qu'il n'y aurait plus de raison pour que la masse chauffée fonde à une température fixe. Le phénomène a été étudié par Joo Won Lee et ses collègues de l'Université d'Urbana-Champaign, dans l'Illinois. Ces chimistes ont séparé les composés apparaissant à des températures différentes.

On n'avait pas attendu 2011 pour étudier la décomposition thermique du saccharose, du glucose ou du fructose, laquelle diffère en présence ou en absence d'eau ; mais, cette

fois, les analyses sont plus subtiles. On tient compte du fait que les sucres sont très hygroscopiques (ils absorbent l'humidité) : les cristaux sont le plus souvent entourés d'eau, venue de l'atmosphère.

Avec les années, on avait identifié que le saccharose, par exemple, peut se décomposer en fructose et glucose. Selon la teneur en eau, on sait aussi que le saccharose peut former des anhydrides de saccharose, par perte d'atomes d'hydrogène et d'oxygène (sous la forme d'eau), ou bien des isomères du saccharose. Pour le fructose, la transformation conduit soit au 5-hydroxyméthylfurfural, à l'odeur de caramel, soit à des anhydrofructoses, soit à des oligosaccharides, c'est-à-dire des enchaînements de quelques maillons (résidu de fructose, résidus de saccharose, etc.). Quand la température augmente encore, une foule de composés se forment par pyrolyse, et l'avenue du caramel commence.

Pour en rester au sucre chauffé, non caramélisé, les chimistes américains ont mis au point des techniques de chauffage et de trempe qui ont permis des analyses aux résultats fiables. À l'aide de ces techniques et par chromatographie en phase liquide, ils ont bien montré que le saccharose se décompose lorsqu'il est chauffé jusqu'au point de « fusion ». Ce point doit donc être plutôt nommé « perte de cristallinité » : il ne correspond pas *stricto sensu* à la fusion du saccharose, mais à la fusion d'un mélange de composés formés par les sucres de base et leurs produits de décomposition.

Comme les diverses réactions de transformation moléculaire s'effectuent à des

vitesse différentes, on comprend mieux pourquoi les vitesses d'échauffement donnent des comportements différents.

De surcroît, J. W. Lee et ses collègues ont mesuré les absorptions et dégagements de chaleur liés aux transformations chimiques qui expliquent, avec d'autres phénomènes comme la perte de cristallinité des produits, les variations des températures de « fusion » et la variété des corps obtenus.

La confiserie gagnera à s'emparer de ces résultats pour orienter ses productions. Elle saura produire des sirops qui ne recristallisent pas si elle sait patiemment orchestrer la dissociation du saccharose en glucose et en fructose, qui viendront s'intercaler entre les molécules de saccharose et bloquer leur assemblage en édifices réguliers, cristallins. Elle maîtrisera les goûts si elle utilise les courbes établies, qui montrent les proportions des divers produits de décomposition du saccharose. Elle y perdra en art, mais y gagnera en régularité... à condition que le gourmand le veuille vraiment : ne sommes-nous pas incessamment partagés entre le désir de retrouver un goût merveilleux et l'envie de la découverte ? ■



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

Parcours de mathématiciens

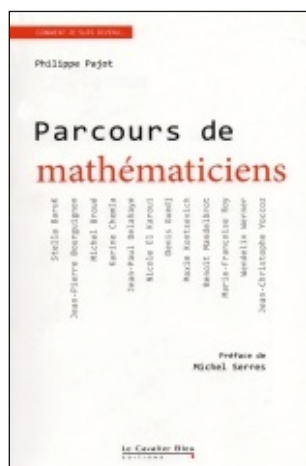
Philippe Pajot

Préface de Michel Serres

Le Cavalier Bleu, 2011

[240 pages, 18 euros].

Ce recueil d'entretiens menés par Philippe Pajot, journaliste scientifique, présente les itinéraires intellectuels de neuf chercheurs en mathématiques (Benoît Mandelbrot, auteur de la théorie des fractales ; Jean-Paul Delahaye, bien connu des lecteurs de *Pour la Science* ; trois lauréats de la médaille Fields, Maxim Kontsevich, Wendelin Werner, Jean-Christophe Yoccoz ; Jean-Pierre Bourguignon ; Michel Broué ; Nicole El Karoui ; Marie-Françoise



Roy), d'une historienne des mathématiques (Karine Chemla), d'une pédagogue (Stella Baruk), d'un romancier (Denis Guedj). Les entretiens suivent tous le même plan : la naissance de la vocation et le cursus de la personne interrogée ; son apport aux mathématiques ; les figures qui l'ont marquée ; son regard sur l'état actuel de la discipline.

Un point est frappant : en majorité, ces mathématiciens n'ont

pas été attirés par les mathématiques au lycée. C'est souvent après avoir hésité, ou un peu par hasard, qu'ils les ont choisies de préférence aux lettres ou à la philosophie. L'ambiguïté des mathématiques (on discute à perte de vue sur la nature de leurs objets) ne serait donc pas qu'une question abstraite. Elle aurait aussi une conséquence concrète : les mathématiques attirent ceux qui ne veulent renoncer ni aux sciences ni aux lettres.

Expliquer au public non spécialisé l'apport d'un mathématicien est toujours une gageure. Pari gagné, cependant. En quelques pages, sans technicité, chaque interviewé évoque le domaine mathématique qu'il a enrichi et en donne une idée au lecteur. Cela peut mener à aborder des questions actuellement brûlantes ; par exemple, lorsque Nicole El Karoui expose en quoi consistent les mathématiques financières et les défend contre les attaques qu'elles subissent depuis la crise de 2008.

Le non-mathématicien trouvera de quoi mieux cerner les mathématiques. Par exemple, il constatera, entre autres surprises, que Bourbaki est une figure positive pour plusieurs intervenants, mais négative pour Mandelbrot, qui lui reproche la prééminence donnée à l'abstraction. Contrairement à une image répandue, les mathématiques n'ignorent pas plus les désaccords internes que les autres entreprises intellectuelles.

Ce livre vivant, alerte, révèle les mathématiciens dans leur humanité, leur affectivité, et devrait leur faire mieux connaître. Il montre que ce sont des hommes et femmes comme tout le monde. Les faire parler aussi de leurs échecs pourrait être instructif. Cela corrigerait l'impression d'autosatisfaction qu'ils donnent parfois ici. L'échec est une épreuve connue de tous les

hommes. Montrer comment les mathématiciens l'affrontent les rendrait encore plus humains !

→ Didier Nordon

→ HISTOIRE DES SCIENCES

La vie immortelle d'Henrietta Lacks

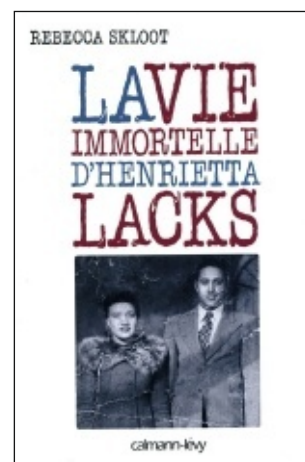
Rebecca Skloot

Calmann-Lévy, 2011

[440 pages, 21,50 euros].

En février 1951, à l'Hôpital Johns Hopkins (Baltimore, États-Unis), des cellules cancéreuses de l'utérus furent prélevées, à son insu et à celui de sa famille, chez une femme nommée Henrietta Lacks, pendant une séance de radiothérapie. Ces cellules mises en culture par le docteur George Gey donnèrent naissance à la première lignée cellulaire humaine qu'il appela HeLa du nom de leur progénitrice. Ces cellules étaient dotées d'une capacité de reproduction étonnante et, très vite, elles envahirent les laboratoires du monde entier. Elles suscitèrent des espoirs immenses en recherche médicale, en particulier contre le cancer. Cependant, cela n'empêcha pas Henrietta Lacks de mourir cette année-là.

Rebecca Skloot, journaliste scientifique pour le *New York Times magazine*, a enquêté pendant près de dix années pour reconstituer les multiples aspects de cette histoire humaine et scientifique. Le résultat est passionnant à lire. En effet, dans cette histoire s'imbriquent des dimensions sociales, scientifiques et éthiques. Henrietta Lacks était noire et pauvre. Elle venait d'un petit village de Virginie où elle était née dans une ancienne maison d'esclaves, sans l'eau courante ni l'électricité, avant de suivre son mari parti travailler dans une aciérie de la



banlieue de Baltimore. Le livre raconte la ségrégation qui sévissait encore à l'époque dans les hôpitaux où des salles d'opération séparées étaient réservées aux Noirs et aux Blancs. Le livre raconte aussi les progrès réalisés grâce à ses cellules, par exemple dans la mise au point d'un vaccin antipoliomyélite. Leur dissémination et les profits réalisés par des firmes privées alors que les membres de sa famille ne touchèrent jamais un sou. La souffrance de ses enfants, en bas âge lorsqu'elle mourut.

Au-delà de tous ces aspects, le livre pose en filigrane, sans vraiment y répondre, la question essentielle de la définition du soi humain. Y a-t-il un peu d'Henrietta Lacks dans les cellules HeLa ? Beaucoup semblent le croire, notamment les membres de sa famille et probablement aussi George Gey puisqu'il leur donna ce nom. Rien n'est moins sûr. C'est oublier qu'un humain, même d'un point de vue strictement biologique, en faisant abstraction de sa dimension psychique, est un être pluricellulaire dont l'identité s'efface sans le tissu de relations qui unissent ses cellules entre elles et dans leur relation à l'environnement.

→ Jean-Jacques Kupiec

Centre Cavallès, ENS/INSERM, Paris