

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, accélérerait 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 crouillante ? 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 rôtisseur !



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.

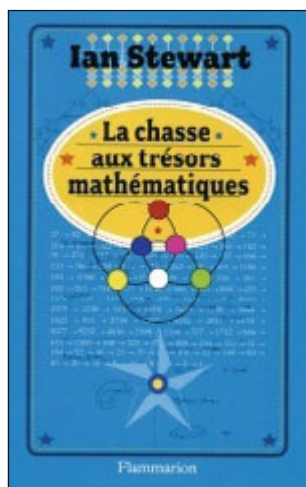
I. Stewart ne fait pas partie de ces écrivains qui demandent trop à leur public. Le lecteur sent qu'il a à ses côtés un ami, qui lui explique les facéties des mathématiciens. Les textes de ce recueil sont courts, ils entremêlent des problèmes et des anecdotes mathématiques. Dans les problèmes, l'idée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

→ HISTOIRE DES SCIENCES

Histoire de la tectonique

Gabriel Gohau

Vuibert, 2010

[160 pages, 22 euros].

L'auteur, historien des sciences, revient sur plus de mille ans de questionnements quant à la genèse des montagnes et à leur évolution. Il retrace l'histoire des idées qui ont conduit de la théorie aristotélésienne de paysages terrestres en évolution cyclique permanente à la théorie de la dérive des continents.

C'est au siècle des Lumières que les savants commencent à faire des montagnes des objets d'étude, réalisant alors de premières mesures sur le terrain pour comprendre leur naissance et leur évolution. Les hypothèses sont multiples et donnent lieu à de virulentes polémiques. Nombreux sont ceux qui, tel Buffon, soutiennent l'idée d'une inclinaison originelle

L'idée d'une chaleur initiale de notre planète est reprise au XIX^e siècle par deux géologues – le Français Léonce Élie de Beaumont et le Suisse Eduard Suess –, mais cette fois avec la volonté de voir la formation des montagnes comme le fruit de l'évolution globale de la Terre. Pour le premier, la répartition des chaînes ne s'est pas faite par hasard : elle répond à un réseau qu'il qualifie de pentagonal. Pour le second, le surgissement des montagnes est causé par la contraction du globe liée à son refroidissement. En 1912, se fondant sur ces travaux, mais aussi sur les découvertes paléontologiques les plus récentes, Alfred Wegener énonce sa théorie de la dérive des continents, où il met notamment en évidence la concordance des côtes de part et d'autre de l'Atlantique.

Outre l'exposé limpide de ces différentes théories et de leurs articulations, l'un des grands mérites de l'auteur est de jalonner son récit d'extraits des principaux ouvrages qui ont façonné l'histoire de la géologie, ce qui permet au lecteur d'appréhender de façon originale l'histoire de la tectonique au fil des siècles.

→ Alexis Drahos

Université Paris-Sorbonne

→ ASTROPHYSIQUE

La science des trous noirs

Jean-Pierre Lasota

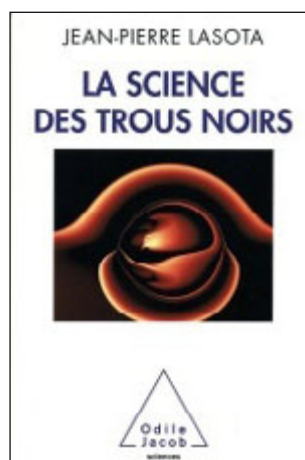
Odile Jacob, 2010

[192 pages, 22 euros].

Les trous noirs ne sont pas des rêves de physiciens : ils existent vraiment ! L'auteur, directeur de recherche émérite à l'Institut d'astrophysique de Paris, a l'art de nous les expli-

quer efficacement et sans formalisme mathématique.

L'expression trou noir a été introduite par John Wheeler en 1967, mais l'auteur nous révèle que, déjà, pendant l'âge d'or de la physique newtonienne, John Mitchell, puis Simon Laplace,



avaient envisagé l'existence de « corps obscurs ». De ces pièges, la lumière ne pouvait guère s'échapper loin. Toutefois, la théorie décrivant les trous vraiment noirs que l'on a découverts aujourd'hui n'est pas newtonienne, mais relativiste et quantique. Son résultat essentiel est que le rayon d'un trou noir, nommé par les astrophysiciens rayon de Schwarzschild, vaut à peu près (en kilomètres) $3M_i/M_s$, où M_i est la masse du trou noir et M_s celle du Soleil.

D'un certain point de vue, un trou noir est la conséquence la plus pure parce que la plus extrême de la gravitation einsteinienne. Le destin ultime de toute étoile est en effet de devenir un objet compact. Selon sa masse, elle deviendra plutôt une naine blanche, une étoile à neutrons, ou un trou noir. Ainsi, une étoile à neutrons typique a une masse de $1,4M_s$ (la « limite de Chandrasekhar ») et un rayon de dix kilomètres, contre quatre kilomètres seulement pour

Brèves

LE PLUS GRAND DES HASARDS

Jean-François Dars et Anne Papillault

Belin, 2010

(220 pages, 20 euros).



La mécanique quantique est réputée étrange et incompréhensible, mais elle ne l'est pas ! Pour s'en rendre compte, quoi de mieux que d'écouter les témoignages de ceux qui vivent au quotidien dans le monde quantique, en d'autres termes qui étudient le monde à l'échelle microscopique ? Ce livre élégant rassemble portraits photographiques, témoignages et impressions de nombreux physiciens quantiques, du théoricien au prix Nobel.



LE LASER

Fabien Bretenaker et Nicolas Treps

EDP Sciences, 2010

(180 pages, 19 euros).

Deux physiciens, utilisateurs en virtuose du laser dans leur recherche, ont eu envie de faire le point sur cet instrument optique. Racontant son histoire, passant en revue l'essentiel de ses mirifiques retombées, ils expliquent clairement sa nature et font apprécier son utilité incroyablement diverse au fil de leurs pages bien illustrées.

MARSOULAS

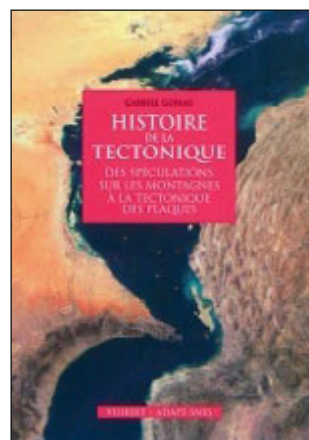
C. Fritz et G. Tosello

Errance, 2010

(56 pages, 27 euros).

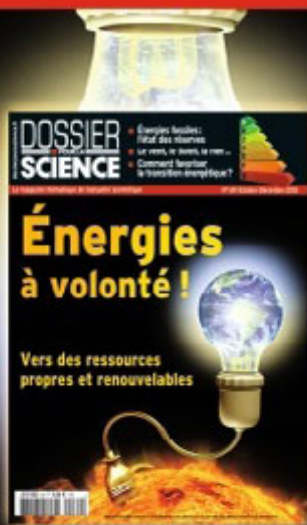


Depuis 1998, la grotte ornée de Marsoulas est réétudiée par les auteurs. Ils expliquent ici comment ils ont restitué les gravures peintes de la grotte afin d'en révéler l'originalité stylistique. Ce témoignage sur le long sauvetage d'œuvres dissimulées sous la gangue du temps est, en plus, joliment résumé dans un documentaire fourni avec le livre.



le des strates de notre planète, à l'instar des partisans du neptunisme, qui croient à un dépôt sur une base inégale. Pour le géologue anglais James Hutton, dont la théorie triomphe à l'orée du XIX^e siècle, c'est le feu brûlant au cœur de la Terre qui soulève les montagnes.

Actuellement en kiosque



Les énergies fossiles ont un temps semblé ne jamais devoir se tarir. Aujourd'hui, la situation a évolué : les réserves s'épuisent et les rejets liés à cette consommation nuisent à l'environnement. Les énergies alternatives – celles du vent, du Soleil, de la mer, des profondeurs de la Terre – sont mobilisées. La transition énergétique a commencé.

**Dossier Pour la Science
n° 69 • oct.- déc. 2010**

**En vente également sur
www.pourlascience.fr**

un trou noir stellaire de même masse. Les étoiles à neutrons en rotation rapide et fortement magnétisées forment les pulsars, découverts en 1967 par l'Américaine Jocelyn Bell. Les quasars ou noyaux actifs de galaxies (les premiers ont été observés en 1960) doivent leur énergie à la chute de matière sur un objet de plus d'un million de masses solaires : un trou noir !

À lire l'ouvrage, nous apprenons ainsi que l'existence de ce type d'objet a été décrite dès 1916 par la solution des équations de la relativité générale trouvée par l'Allemand Karl Schwarzschild dans le cas particulier d'une symétrie sphérique, mais on n'en comprit la signification physique que 50 ans plus tard...

À ce propos, nous explique l'auteur, il importe de comprendre que, contrairement à une idée trop simple, la gravitation n'arrête pas la lumière. La « surface » d'un trou noir à symétrie sphérique est en réalité un horizon : de l'extérieur, on ne peut jamais voir ce qui se passe à l'intérieur, aucune information ne peut en sortir. Afin de mieux nous faire comprendre ce concept, l'auteur présente des expériences de pensée, dont celle-ci : une horloge placée dans un trou noir, observée de loin, s'y arrêterait, ce qui revient à dire qu'une dilatation infinie du temps a lieu à la surface d'un trou noir.

Nous découvrons ensuite qu'un trou noir se trouve au centre de notre Galaxie. Là, des étoiles gravitent à environ 100 fois la distance Soleil-Terre autour d'une masse de trois à quatre millions de masses solaires, parfaitement invisible. Pour la voir, il faudra attendre que les physiciens soient parvenus à détecter un nouveau type d'ondes – les ondes gravitationnelles –, que ce monstre installé au milieu de la Galaxie est censé émettre... Comme l'écrit

l'auteur, la théorie des trous noirs est encore pleine de... zones d'ombre.

→ **Michel Toulmonde**

Observatoire de Paris (SYRTE)

→ ÉCOLOGIE

Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière

**Marion Gosselin
et Yoan Paillet**

Quæ, 2010
(156 pages, 29 euros).

L'objectif affiché lors du Grenelle de l'environnement des Assises de la forêt en 2007/2008 est de produire plus tout en respectant la biodiversité. Oui, mais comment ? Cet ouvrage de gestion sylvicole axé sur la préservation de la biodiversité décrit 20 actions à mettre en œuvre à l'échelle d'une forêt.

Les 16 premières sont individuelles : elles consistent par exemple à privilégier la régénération naturelle, à adapter les calendriers des coupes et travaux, à maintenir du bois mort, etc. ; les quatre dernières sont collectives et concernent le territoire plus vaste dans lequel s'inscrit la forêt.

Tout cela, qui est très pratique, s'adresse en priorité aux forestiers, mais aussi – pourquoi pas ? – aux milliers de petits propriétaires de quelques arpents de forêts hérités du passé de leur famille. Le livre aura la même utilité pour tous les naturalistes et autres usagers passionnés de la forêt, qui ignorent souvent dans quelle logique s'ins-



crivent les actions des gestionnaires des grandes forêts domaniales.

Ainsi, tous les habitués de la sylvie apprécieront de pouvoir mieux décrypter, grâce aux fiches par actes de gestion courante, les transformations opérées devant eux dans la forêt. L'étude des arguments proposés par les auteurs pour mieux communiquer avec le public, avec photos d'espèces et d'habitat à l'origine des panneaux qu'ils rencontrent en promenade, les éclairera.

Comme le disait en 1905 Henri Algan, un illustre enseignant de l'École forestière : « La forêt, ce n'est pas seulement les arbres [...] ce sont les humbles plantes que nous foulons, [...] c'est mille autres choses encore, mille riens charmants... » Pour en prendre conscience, pourquoi ne pas explorer petit à petit la mine d'information que représentent cet ouvrage et sa bibliographie sur l'immense diversité animale, végétale et fongique de la forêt ?

→ **Régine Touffait**

ONF Villers-Cotterêts



**Retrouvez l'intégralité de votre magazine
et plus d'informations sur :
www.pourlascience.fr**



GMF

JADE EST SEREINE

ET ELLE SAIT POURQUOI.

ELLE SAIT QUE LA GMF EN FAIT TOUJOURS PLUS POUR ELLE,
POUR SA VOITURE, SA SANTÉ, SON APPARTEMENT ET TOUTE SA PETITE FAMILLE.
ELLE SAIT AUSSI QU'ELLE PEUT FAIRE CONFIANCE À LA GMF POUR PLACER
SON ÉPARGNE EN TOUTE SÉCURITÉ.

ALORS COMME 3 MILLIONS D'ASSURÉS GMF, JADE EST SEREINE
PARCE QU'ELLE PEUT PENSER À AUTRE CHOSE QU'À SON ASSURANCE.

CE QUI EST HUMAIN APRÈS TOUT.

www.gmf.fr



Assurément Humain

LA GARANTIE MUTUELLE DES FONCTIONNAIRES et employés de l'État et des services publics et assimilés. Société d'assurance mutuelle Entreprise régie par le Code des assurances. R.C.S. Paris 775 691 140 - Siège social : 76, rue de Prony 75857 Paris Cedex 17 et ses filiales GMF Assurances, La Sauvegarde, Assistance Protection Juridique, Fidélia Assistance et GMF Vie. Le contrat Santé est conçu par la Mutuelle Générale. La Mutuelle Générale, mutuelle soumise aux dispositions du livre II du code de la mutualité immatriculée au registre Nationale des Mutuelles sous le n°775 685 340, 6 rue Vandrezanne 75634 Paris Cedex 13.

Solidarité

Engagement

Proximité

Confiance



casden



BANQUE POPULAIRE

Humaine et contemporaine
notre identité reflète
nos valeurs