

Juin 2001

Édition française de Scientific American

Les fureurs du Soleil

La catastrophe du Bosphore



La santé des forêts



La naissance de la vie



La robotique
évolutionniste



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

4

SCIENCE ET ÉCONOMIE

Troublant paradoxe

par Ivar Ekeland

5

TRIBUNE DES LECTEURS

6

SCIENCE ET GASTRONOMIE

Temps de sa(la)ison?

par Hervé This

7



POINT DE VUE

Astrologie et science, une loft story?

par Pierre Jouventin

8



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Les cadrans solaires

par Denis Savoie

10



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

«Jupiter chaudes» et planètes flottantes

14

■ Bactéries éclairantes ■ Le son des bulles

■ Gingembre à géométrie variable ■ Nanotubes supraconducteurs ■ L'azote lunaire ■ Des billes, modèles de cohabitation ■ Anxiété et équilibre ■ Les premiers outils en os ■ Le picoplancton ■ Fluides turbulents ■ L'amélioration de la chaîne alimentaire ■ L'odorat des fœtus ■ Le grand vert ■ La Terre, planète blanche



ART ET SCIENCE

La grande vague

par François Charru

94



LOGIQUE ET CALCUL

L'agent secret joue aux cartes

par Jean-Paul Delahaye

100



VISIONS MATHÉMATIQUES

Les sauts champions

par Ian Stewart

106



IDÉES DE PHYSIQUE

La poussée d'Archimède

par Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty

108



ANALYSES DE LIVRES

110

■ Des singes et des hommes, de Francis Kaplan

■ Les milieux désertiques, de Jean Demangeot et

Edmond Bernus ■ Le développement de la paléontologie contemporaine, de Cédric Grimoult ■ La symétrie dans tous ses états, de Henri Bacri ■ Qu'est-ce que les technologies?, sous la direction d'Yves Michaud

La catastrophe du Bosphore

30

par Gilles Lericolais

Il y a 7 500 ans, la rupture du barrage formé par la langue de terre qui sépare la Grèce de la Turquie aurait provoqué un déversement brutal des eaux méditerranéennes dans le bassin de la mer Noire.



Les minéraux et la naissance de la vie

38

par Robert Hazen

Il y a quatre milliards d'années, la vie est née sur une Terre recouverte d'air, d'eau et de roches. La présence des minéraux aurait été déterminante dans l'apparition des premières molécules biologiques.



Les fureurs du Soleil

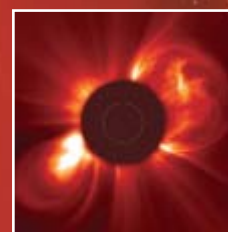
45

Éjections coronales et tempêtes spatiales

46

par James Burch

Les éruptions de la couronne du Soleil déclenchent parfois de violentes turbulences autour de la Terre. Une nouvelle sonde facilite leur étude.

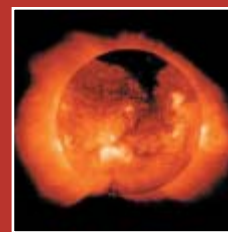


Éruptions solaires et météorologie de l'espace

54

par P. Lantos et T. Amari

La modélisation du champ magnétique à proximité des taches solaires devrait améliorer la prévision des éruptions, dont les conséquences sont parfois néfastes.



En couverture : ESA/NASA/SOHO

2 encarts d'abonnement entre les pages 18 et 19, encart broché service lecteurs et carte d'abonnement entre les pages 98 et 99.

La régulation de l'acidité dans l'organisme

62

par Laurent Counillon

Dans l'organisme, différents systèmes contrôlent l'acidité du sang, dont toute variation excessive risque d'avoir des conséquences physiologiques graves. Le dioxyde de carbone est étroitement surveillé.



La robotique évolutionniste

70

par Jean-Arcady Meyer
et Agnès Guillot

Des robots conçus automatiquement par évolution et sélection artificielles sont parfois plus performants que ceux conçus par des êtres humains.



Les besoins nutritifs des forêts

78

par Jacques Ranger

Une connaissance plus précise des besoins nutritifs des forêts devrait améliorer leur «état de santé» et éviter qu'elles ne dépérissent, malgré la pollution et les variations du climat.

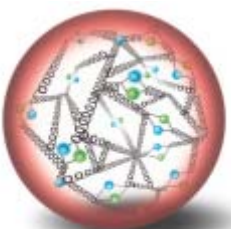


La vie intérieure du proton

86

par Robert Klanner

Super-microscope électronique, le collisionneur HERA révèle la structure interne du proton, notamment la mer de quarks, d'antiquarks et de gluons que renferme cette particule.



Chaque mois, retrouvez le sommaire complet de la revue **en ligne** avec pour chaque article une bibliographie et un complément d'information.

www.pourlascience.com

Le courage intellectuel

Il existe deux attitudes. Dans la première, les scientifiques prévoient un phénomène sur la base des théories existantes et mobilisent leurs facultés pour l'observer. Dans la seconde, les physiciens sont confrontés à des manifestations naturelles existantes et tentent d'en découvrir les régularités, avec l'armada des lois de la physique et des instruments d'observation. Tel est le cas des éruptions et des éjections solaires (voir les deux articles sur *Les fureurs du Soleil*, pages 45 à 61).

La mécanique du Soleil est d'une extrême complication : elle fait intervenir des courants et les champs magnétiques associés, des particules accélérées, et l'intégralité du spectre électromagnétique interagit avec la matière turbulente : toute la physique est mobilisée dans le fonctionnement du Soleil, et il est difficile d'extraire le paramètre explicatif déterminant, rêve du physicien — et aussi du vulgarisateur — qui souhaitent tous deux présenter le modèle illustratif le plus dépouillé. Les physiciens utilisent différentes modélisations compatibles avec les observations de la photosphère solaire, de la plus simple à la plus compliquée, et examinent pour quelle modélisation apparaissent, à travers les calculs, les caractéristiques des éruptions ; ils séparent alors le bon grain de la physique prédominante, de l'ivraie de l'accessoire, et approfondissent les détails du modèle adéquat.

Ainsi le Soleil n'est pas un astre tranquille : la combustion du matériel nucléaire engendre des concentrations d'énergie et des turbulences dans la couronne, qui explosent en émettant des bouffées de matière et de rayonnements. Parmi la centaine d'éruptions solaires mensuelles, en moyenne une pourrait être aussi néfaste, pour les appareils électroniques, que l'orage magnétique qui, en 1989, a mis en panne le système de distribution d'électricité au Québec.

Il est hors de question d'agir sur les mécanismes solaires, mais les météorologues essaient de les prévoir pour en prévenir les effets. Ceux-ci seront toujours plus dommageables : l'électronique miniaturisée ne met en œuvre qu'un petit nombre d'électrons, caractéristique qui la sensibilise aux bombardements de particules.

Comme la météorologie terrestre pour le marin, la météorologie de l'espace est une nécessité pour l'électronicien, et il faut un grand courage intellectuel pour en explorer les lois.

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

Un café des sciences écossais

Un ami vous invite à un «café écossais». L'espoir de découvrir un breuvage corsé, quelque irish coffee à la mode écossaise, vous tente. Méfiance! Ce qui vous attend n'est peut-être pas de votre goût.

Car le café écossais est un séminaire d'histoire des mathématiques. Chacun, en effet, devrait savoir que les mathématiciens de Lwow avaient l'habitude, dans les années 1920-1930, de se retrouver autour de Stefan Banach pour parler mathématiques. Où se réunissaient-ils? Dans un café. Nommé comment? «Café Écossais.» Ils écrivaient leurs idées sur les marbres des tables, puis dans un cahier.



Les compagnons de Banach avaient bien de la chance, de pouvoir arroser leurs théorèmes en même temps qu'ils les trouvaient. Le séminaire d'histoire des mathématiques qui, pour honorer leur mémoire, a pris le nom de «café écossais» est beaucoup plus sage. Il se tient dans l'amphithéâtre Jordan de l'Université Lyon 1. Je présume que, comme dans presque tous les amphis, on y lit une affiche demandant de ne pas apporter de gobelets. Si bien que, dans un siècle, lorsque naîtra quelque séminaire consacré à l'histoire des séminaires d'histoire des mathématiques, il pourra, en forme d'hommage, prendre le nom de «gobelet de Jordan»...

Exercice. On admirera l'art de donner à un séminaire un nom qui rende impossible de deviner de quoi il s'agit. On fustigera la légèreté capricieuse d'Alphonse Allais, dont le roman *Le parapluie de l'escouade* s'appelle ainsi pour la seule et mauvaise raison qu'on n'y trouve, paraît-il, ni parapluie ni escouade. Enfin, on imaginera des manifestations culturelles en tous genres et des façons de les désigner qui soient absolument incompréhensibles mais soient pourtant d'une logique irréprochable.

La première langue, au chat?

A-t-il existé une langue unique à l'origine de toutes les langues actuelles? Face à ce problème, on peut adopter deux attitudes contradictoires et pourtant scientifiques l'une et l'autre.

Première attitude scientifique. Collecter toutes les informations possibles, élaborer des techniques subtiles pour les analyser, proposer des hypothèses et examiner si elles rendent compte des résultats des investigations.

Seconde attitude scientifique. Savoir faire la part du mythe. L'origine des langues appartient au domaine du mythe et doit y rester. Les données qu'on recueillera sur ce problème seront toujours trop lacunaires, l'essentiel à jamais perdu dans la nuit des temps. Pour un fait connu, il y en a une infinité d'évanouis! Des centaines et des centaines de langues non écrites n'ont eu d'existence que dans le souffle, depuis longtemps expiré, de peuples dont on n'a plus la moindre trace. Proposer une hypothèse traduit les fantasmes et les préjugés personnels du chercheur, non une théorie qu'on peut tester en la confrontant à la réalité. Les sociétés de linguistique ont raison de refuser par principe d'examiner les travaux portant sur l'origine des langues.

Comment choisir entre ces attitudes? En tout cas, pas par la science, qui les justifie toutes les deux!

Une révolution : le banalisme

Pour être philosophe ou sociologue, on n'en est pas moins homme : on ne peut guère faire profession d'analyser la société sans espérer être le premier à y repérer quelque changement inouï. Suite à quoi, l'histoire – supposée équitable – retiendra votre glorieux nom.

Les observateurs de la société prolifèrent aujourd'hui. En conséquence, les révolutions capitales prolifèrent aussi. Nouvel âge industriel, modernisme, postmodernisme, surmodernité, néo-libéralisme, monde virtuel, mondialisation, sacre du présent – combien d'auteurs croient avoir décelé un bouleversement majeur dans l'histoire de l'humanité et se voient lui donner leur nom!

N'en déplaise à ces auteurs, la vérité est peut-être ailleurs. Qui sait si notre société, en fait, n'évolue pas de façon très banale? Comme toutes les sociétés, elle apporte, période après période, une nouvelle touche à l'édifice bigarré entrepris par l'humanité depuis l'aube, et qui durera jusqu'à la fin. Série de touches



ni plus ni moins originales que les autres touches apportées par les diverses civilisations dans leur incroyable variété, leurs perpétuelles transformations. Dans le renouvellement des générations, le «jamais vu» est la norme. Rien n'est plus banal que d'être original.

En avançant cette thèse hardie, je ne renonce pas au droit inaliénable accordé à tout auteur de rêver qu'il passera à la postérité. J'espère bien rester dans l'Histoire Universelle des Idées et Concepts comme l'inventeur du banalisme, comme celui qui a compris avant tout autre que ce terme caractérise la bannière sous laquelle doivent être rangées les «nouvelles données radicales» que notre société croit offrir tous les quatre matins à l'humanité ébahie.

Les oubliettes de la technique

Lorsqu'apparaît un procédé technique plus puissant que le précédent, il est naturel de ne plus recourir qu'à lui. Trop contents de pouvoir faire mieux, nous avons tendance à mépriser ce dont nous devions nous satisfaire jusque-là. Les films parlants chassent les muets, les CD chassent les microsillons, internet chasse les disquettes... Les supports anciens sont laissés à l'abandon, les appareils pour les consulter deviennent introuvables. Améliorer les procédés condamne à l'oubli la plupart de ce qui était déjà enregistré. On ne peut pas tout réenregistrer!

Ainsi, tout progrès dans les techniques de mémoire entraîne une grosse perte de mémoire. La meilleure façon de ne pas oublier est de ne pas progresser.





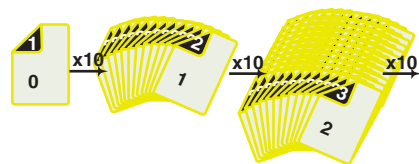
Troublant paradoxe

IVAR EKELAND

Le paradoxe de Littlewood ne fera pas vaciller notre définition des probabilités, mais l'affaire a été chaude !

Un ami m'a interrogé, voici un mois, sur un paradoxe de Littlewood. J'avais la solution, mais je n'avais pas le temps de l'écrire. Aussi, depuis il m'appelle *Pierre de*, et comme je n'apprécie l'ironie que quand elle est dirigée contre les autres, je me suis attelé à la tâche avec mes amis P.-A. Chiappori et P. Reny, de l'Université de Chicago.

Le jeu de cartes de Littlewood est inhabituel. Chaque carte porte un nombre d'un côté, dénommons-le n , et le nombre immédiatement supérieur, soit $(n+1)$, de l'autre : une telle carte sera dite de type n , et le jeu comporte dix fois plus de cartes de type $(n+1)$ que de type n . Ainsi, il y aura une seule carte de type 0 (elle porte 0 sur une face et 1 sur l'autre), mais dix cartes de type 1 (elles portent 1 d'un côté et 2 de l'autre), cent cartes de type 2 (avec 2 d'un côté et 3 de l'autre), mille cartes de type 3, ainsi de suite.



Littlewood propose alors le jeu suivant, qui se joue à deux. Un arbitre tire une carte au hasard, et la met entre les deux joueurs, de manière à ce que chacun ne voie qu'une face, celle qui est tournée vers lui. Il leur propose alors de miser chacun 1 € : le gagnant sera celui qui aura le numéro le plus bas, et il empochera les mises. Le jeu est de somme nulle : ce que gagne l'un est égal à ce que perd l'autre. La partie ne s'enclenche que si les deux joueurs acceptent de parier.

Alors, dit Littlewood, mettons-nous à la place du premier joueur et imaginons par exemple qu'il voie un 7. L'autre face ne peut être qu'un 6 (auquel cas il a perdu) ou un 8 (auquel cas il a gagné). Or, comme il y a dix fois moins de cartes de type 6 que de cartes de type 7, le premier cas est dix fois moins probable que le premier, et le premier joueur a donc dix chances sur onze de gagner, ce qui équivaut à une quasi-certitude. Or son adversaire, qui en ce moment même regarde l'autre face de la carte, tient exactement le même

raisonnement, et estime lui aussi avoir dix chances sur onze de gagner. C'est là que réside le paradoxe : comment deux personnes peuvent-elles avoir simultanément dix chances sur onze de gagner, alors qu'il est absolument certain que l'une est sur le point de perdre ? Peut-on penser que l'une d'elles se trompe ? Certainement pas : elles tiennent le même raisonnement, et ne font qu'appliquer la définition classique de la probabilité d'un événement : quotient du nombre de cas favorables par le nombre de cas possibles. Les seuls cas où le raisonnement ne s'applique pas sont ceux où l'un des joueurs voit 0 (il est sûr de gagner) ou N , le plus grand nombre (il est sûr de perdre).

LE HASARD ET L'INFINI

Dans l'esprit de Littlewood, il n'y avait pas de plus grand nombre, le paquet de cartes était infini. D'où la force originelle du paradoxe : à chaque coup le premier joueur a 91% de chances de gagner 1€, sauf s'il tire 0, auquel cas il en a 100%, et sa fortune devrait donc en moyenne augmenter de 91 centimes par partie. Le second joueur étant dans la même situation, il devrait voir sa fortune augmenter dans les mêmes proportions...

La réponse est : on ne peut plus donner un sens mathématique à l'expression « tirer une carte au hasard » quand il y a un nombre infini de cartes. S'il y en a un nombre fini, K , chaque carte a une probabilité $1/K$ de sortir, mais s'il y en a un nombre infini, la probabilité ne signifie plus rien. Dire que la fortune de chaque joueur augmente de 91% en moyenne n'a alors pas de fondement mathématique.

Qu'à cela ne tienne, dira-t-on, jouons avec un nombre fini de cartes ! Disons que nous avons dix types, de 0 à 9, ce qui fait que 10 est le plus grand nombre possible : si l'un des joueurs observe un nombre entre 1 et 10 il a 91% de chances de gagner, s'il voit 0 il est sûr de gagner, mais s'il voit 10 il est sûr de perdre. De cette façon, s'il voit 5, c'est que l'autre voit 4 ou 6, et ils ont tous les deux 91% de chances de gagner. Est-ce normal ?

Eh bien oui. Le paradoxe provient du langage, et de l'usage imprécis du mot

« probabilité ». Il est vrai que si le premier joueur joue indéfiniment, il notera bien que, sur onze fois qu'il aura vu un 5, il aura gagné dix fois, et le second joueur fera la même constatation. Notons que cela leur sera d'ailleurs arrivé fort rarement, car compte tenu de la distribution des cartes, le type qui sera sorti le plus souvent est le dernier, le type 9 (environ 90% des tirages) et ils verront très souvent le désastreux 10. Quand au fait qu'ils estiment tous les deux avoir 91% de chances de gagner immédiatement, il n'y a là aucune contradiction, puisqu'il s'agit là de probabilités conditionnelles, fondées sur des informations différentes (ils ne voient pas la même chose) : en particulier, il n'y a aucune raison pour que leur somme soit 1. Dans le langage du siècle dernier, tellement plus parlant que le nôtre, les probabilités conditionnelles étaient appelées les « probabilités des causes » : si je vois un 5, la cause en est qu'il y a de l'autre côté un 4 ou un 6, et le deuxième est dix fois plus probable que le premier. Si l'autre, pendant ce temps, voit un 4 (je n'ai pas eu de chance) il est dix fois plus probable que j'aie un 5 (ce qui est effectivement le cas) qu'un 3. Il n'y a là aucune contradiction dans ces chiffres, si ce n'est lorsqu'on les traduit tous les deux par « la probabilité de gagner », comme s'il s'agissait de la même chose.

PERSONNE NE PARIE !

Interrogeons-nous maintenant sur la stratégie des joueurs. Si le joueur A voit 10, le plus grand nombre, perdant à coup sûr, il ne pariera pas. L'autre joueur, B, le sait parfaitement : s'il voit 9, A n'acceptera le pari que s'il voit 8, c'est-à-dire s'il est en situation gagnante. Il est donc inutile et dangereux de parier quand on voit 9. Mais si c'est 8 que voit A, c'est que B a 7 ou 9, et comme chacun sait qu'à 9 on ne parie pas, B ne pariera que s'il a 7, ce qui rend la mise à 8 inutile et dangereuse. De fil en aiguille on redescend jusqu'à 0, où le pari n'est plus dangereux, mais reste inutile car il n'y aura pas de mise en face. Situation classique en théorie des jeux, où tout se défait par la fin, comme un pull-over qui se détricote quand on tire sur une maille qui a lâché.

TRIBUNE DES LECTEURS

L'alibi géographique

Dans l'article *Richesses, pauvreté et contraintes géographiques* de Jeffrey Sachs, Andrew Mellinger et John Gallup (voir *Pour la Science*, mai 2001), les auteurs tentent de démontrer que la stagnation économique actuelle des pays les moins avancés s'explique dans une large mesure par des contraintes géographiques, telles que le climat et l'accès au commerce maritime. L'intérêt actuel des économistes libéraux pour la géographie ne peut manquer d'étonner quand on sait qu'à la fin des années 1980 la plupart d'entre eux ont vu dans la globalisation de l'économie mondiale, non seulement la fin de l'histoire, mais aussi celle de la géographie. Aujourd'hui, face aux dégâts économiques et humains causés par l'ultralibéralisme, les partisans de cette théorie tentent d'attribuer aux «conditions géographiques» l'échec de leurs prédictions.

Même si les conditions naturelles et les facteurs de localisation invoqués interviennent dans le maintien de certaines poches de sous-développement, ils ne constituent que des facteurs explicatifs partiels, des corrélations dont l'interprétation causale est plus que discutable. La géographie a certes beaucoup à dire sur le processus de mondialisation et sur ses conséquences, mais c'est bien davantage en examinant les flux de marchandises et de capitaux que le déterminisme du sol et du climat. Fondamentalement, la richesse se concentre dans trois grands foyers de l'hémisphère Nord (la Grande Triade : États-Unis-Canada, Europe-Russie-Proche-Orient, Japon-Corée-Chine) et trois foyers symétriques de plus petite taille dans l'hémisphère Sud (la Petite Triade : Argentine-Brésil, Afrique du Sud, Australie-Nouvelle-Zélande). Cette localisation s'explique par des facteurs historiques, tels que la diffusion de la mondialisation à partir du foyer européen et ses conséquences pour les pays de la zone tropicale (colonisation, pillage des ressources, imposition de frontières absurdes, etc.), ainsi que par un certain nombre de règles sur la distance minimale nécessaire à l'émergence de foyers économiques concurrents.

Claude Grasland, Université Paris VII

Arthrose et mode de vie

L'article intitulé *Une morphologie adaptée au grand âge* de J. Olasky, B. Carnes et R. Butler (voir *Pour la Science*, avril 2001) est intéressant sur certains points comme la prostate, la vessie de la femme ou encore la structure des veines, mais, en ma qualité d'ancien chef d'un service hospitalier de rhuma-

tologie, je formulerai quelques remarques sur l'appareil locomoteur.

Le disque intervertébral est indiscutablement vulnérable à un choc brutal (chute sur les fesses) et à une surcharge prolongée, mais c'est une petite merveille anatomique pour qui connaît bien sa structure et sa biomécanique. Il peut remplir son rôle très longtemps. Des segments de rachis lombaire comprenant le disque le plus sollicité de la colonne vertébrale (situé entre les vertèbres L4 et L5), issus d'autopsies de septuagénaires, ont été soumis en laboratoire à une pression croissante : ils n'ont atteint leur limite de rupture qu'au-delà d'une charge de 350 kilogrammes ; et c'est le corps vertébral qui cédait et non le disque.

J'ai regroupé, comme d'autres médecins, des radiographies du rachis lombaire, des hanches et des genoux d'octogénaires, montrant des articulations restées quasi normales. La détérioration des disques intervertébraux et l'arthrose ne sont donc pas inéluctables. S'il existe des causes naturelles à ces maladies comme une dysplasie (anomalie du développement) ou une fragilité constitutionnelle, souvent familiale, d'un des tissus conjonctifs (à l'origine des arthroses multiples chez certaines personnes), il faut aussi mettre en cause le mode de vie humain : voit-on des gorilles effectuer un travail de maçon ou de manutentionnaire, pratiquer le rugby, le foot et autres sports violents ? L'homme, en acquérant la bipédie, est devenu intrépide et téméraire, dès son plus jeune âge, et cela au grand dam de ses disques et de ses cartilages articulaires.

Jean Claude Renier, Angers

L'ubiquitine et Alzheimer

Dans le *Le recyclage des protéines* (voir *Pour la Science*, mars 2001), Alfred Goldberg, Stephen Elledge et Wave Harper font le point sur le rôle des protéasomes dans la dégradation des protéines. Ils évoquent notamment le rôle pris par des protéines aberrantes dans les maladies neurodégénératives et se demandent pourquoi les neurones des personnes atteintes ne parviennent pas à dégrader ces protéines anormales. Mon groupe, à l'Institut de recherche sur le cerveau, aux Pays-Bas, a découvert en 1998 un mécanisme qui rend anormale l'ubiquitine elle-même. Ce mécanisme intervient durant la transcription du gène de l'ubiquitine et donne naissance à une protéine mutée. L'ubiquitine anormale n'est plus en mesure de se fixer sur les protéines destinées à être dégradées et devient à son tour l'objet de l'ubiquitination. De surcroît, on a récemment montré que l'ubiquitine anormale empêche

l'action des protéasomes, de sorte que l'impact négatif de cette protéine se trouve renforcé. Cela pourrait expliquer pourquoi des protéines anormales forment des agrégats dans le cerveau des personnes atteintes de maladies neurodégénératives, par exemple de la maladie d'Alzheimer.

Fred W. Van Leeuwen, Amsterdam

Le signe de la constante cosmologique

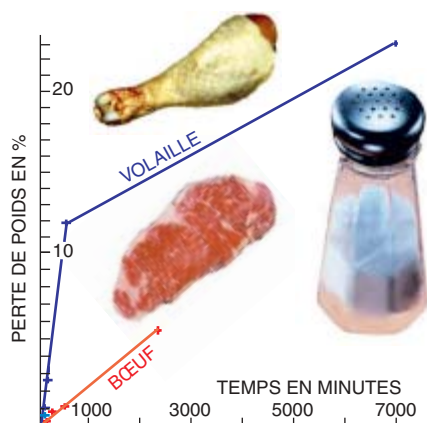
Dans *Le cinquième élément cosmique* (voir *Pour la science*, mars 2001), Jeremiah Ostriker et Paul Steinhardt font référence à la densité d'énergie de l'Univers qui détermine si l'Univers est plat ou courbe. La contribution de la masse dans cette densité serait de 1/3 et celle du vide, la constante cosmologique, de 2/3. Le total est égal à 1, ce qui signifierait que nous vivons dans un Univers plat. Or, comme l'ont expliqué les auteurs, la constante cosmologique produit une force répulsive, de signe contraire aux forces gravitationnelles, qui sont, elles, attractives. Je ne comprends alors pas pourquoi au lieu d'additionner les deux contributions, on ne les soustrait pas, ce qui donnerait un total de -1/3 et non de 1.

François DELPORTE, Strasbourg

Réponse de Paul Steinhardt

Dans la théorie de la relativité générale d'Einstein, ce n'est pas une, mais deux équations qui déterminent la géométrie de l'Univers. Selon la première équation, le rayon de courbure et la vitesse d'expansion de l'Univers dépendent de la densité totale d'énergie, si l'on prend en compte la matière ordinaire et la matière sombre (quintessence ou constante cosmologique). La deuxième équation détermine si l'expansion s'accélère ou ralentit. L'équation ne repose pas seulement sur la densité d'énergie, mais aussi sur la façon dont celle-ci change avec l'expansion de l'Univers. Pour un gaz, la densité d'énergie change avec le volume du gaz en fonction de la pression. La pression de la matière est, dans les unités appropriées, proche de zéro, tandis que la pression de la matière sombre est fortement négative. Avec une pression suffisamment négative, l'expansion de l'Univers s'accélère.

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique et vos relations avec la science. L'adresse de *Pour la Science* sur Internet est : tribune@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.



Temps de sa(la)ison?

HERVÉ THIS

Comme pour la découpe de l'œuf à la coque dans Gulliver, deux écoles irréductibles s'opposent : ceux qui salent avant la cuisson, ceux qui salent après. Cela fait-il une quelconque différence ?

Vous faites cuire un steak et, naturellement, vous le salez. Quand ? Avant de mettre la viande sur le grill ? Pendant la cuisson ? Juste avant de le consommer ?

Les cuisiniers ont des réponses fondées sur leur expérience. Parfois insuffisante. Comme l'écrivait Oscar Wilde, l'expérience est la somme de toutes nos erreurs passées : si les erreurs ne sont pas identifiées, elles restent des vérités alternatives. Aussi convient-il de mener des expériences où les différents paramètres sont contrôlés et qui seules permettent de trancher... dans le vif et dans la viande.

Certains argumentent que du sel mis en début de cuisson a le temps de migrer dans la viande et de la saler, sinon à cœur, du moins dans une couche superficielle d'épaisseur notable. Selon d'autres pratiquants tout aussi convaincus, le sel mis avant la cuisson ferait sortir le jus par le phénomène d'osmose.

Examinons ce second argument : la viande est composée de cellules, les fibres musculaires, qui enferment de l'eau, des protéines et toutes les autres molécules nécessaires à la vie cellulaire. Si la viande est mise au contact du sel au début de la cuisson, disent les catastrophistes, la concentration en eau étant plus grande dans la viande que dans le sel environnant, l'eau migrerait par osmose dans le sel, et la viande se dessècherait.

Progressivement, la viande perdrait son jus avec des conséquences néfastes : au lieu d'être grillée, la viande serait en partie «bouillie» dans le jus, et elle ne brunirait pas bien. Elle perdrait aussi de la tendreté, laquelle dépend de la concentration en eau dans l'aliment (viande sans jus, viande foutue ?). Certains participants du séminaire INRA/Collège de France, où ces questions ont été débattues, mentionnaient enfin un effet sur la coloration de la viande. Le jus qui pourrait éventuellement sortir de la viande est le sang, ou bien l'eau intracellulaire. Tou-

tefois, les avocats de la déperdition en eau oublient parfois que les fibres musculaires sont gainées d'un tissu de soutien, le collagène.

Les diverses viandes (côte de bœuf, beefsteak, côte de porc...) ont des structures si différentes que la question doit être resserrée : prenons des cas simples et utiles, une viande mince de type steak et un blanc de volaille. Nous avons choisi de mesurer la vitesse de dégorgement de la viande dans du sel, de mesurer les pertes de poids et de doser le sel dans la viande.

Examinons la première question : quelle quantité de jus sort de la viande en présence de sel ?

Mettons un morceau de viande dans du sel fin et pesons-le à intervalles réguliers. La préparation de l'expérience montre que les résultats varieront probablement en fonction des viandes, qui peuvent avoir été coupées parallèlement à l'axe des fibres, perpendiculairement ou de biais. Naturellement l'eau devrait sortir plus facilement si les fibres sont ouvertes lors de la préparation du morceau : une entrecôte devrait perdre plus qu'une bavette...

L'expérience a montré que pour la bavette, le dégorgement est très lent à température ambiante, alors qu'un blanc de volaille perd un pour cent de son poids dans la demi-heure qui suit le saupoudrage. Bien sûr, ces dégorgements à température ambiante sont bien différents de ceux d'une cuisson et il faudra poursuivre, mais le résultat est là : il n'y a pas de cataracte consécutive au saupoudrage et pourtant nous avons recouvert de sel la viande, alors que, lors d'une cuisson réelle, nous ne la saupoudrons que d'une très faible quantité de sel : l'action dégorgente doit être encore plus faible. Il semblerait que le sel n'a pas d'action notable... Conclusion temporaire, mais probable : mettez le sel quand vous voulez, vous ne dessécherez pas votre steak.

Le sel entre-t-il dans la viande lors de la cuisson ? Les expériences consis-

taient à saler la même viande avant ou après la cuisson, à mesurer les pertes de jus et, surtout, à analyser des morceaux de ces viandes cuites, au microscope électronique à balayage, couplé à un système de détermination aux rayons X des éléments chimiques.

Les expériences ont été effectuées avec Rolande Ollitrault, de l'École supérieure de physique et chimie de Paris, Marie-Paule Pardo et Éric Trochon de l'École supérieure de cuisine française. L'analyse X a le grand avantage de révéler la présence de divers éléments chimiques (notamment le sodium et le chlore constituant le sel de cuisine) et indique si le sel diffuse dans la viande. La réponse est nette : le sel n'entre pas à cœur, et sort plutôt pendant la cuisson ! D'autre part, quand la viande est grillée, sans matière grasse, au contact direct du métal, on observe qu'un peu de métal (très peu, tranquillisons-nous) passe dans la couche superficielle de la viande...

Là encore, le sel n'entrant pas dans la viande, on ne peut ni craindre ni prôner de mettre le sel avant la cuisson.

Il n'en reste pas moins que la nature des viandes est si diverse qu'il se pourrait que des effets plus fins surgissent en rapport avec nos désirs et nos illusions. La nature, selon les paroles sybillines de Léonard de Vinci (qui annonçaient celles d'Hamlet) «est pleine d'infinies raisons qui ne furent jamais dans l'expérience» (*La natura è piena d'infinite ragioni ch non furono mai in ispe- renza.*) Cela ne signifie pas qu'il ne faut pas tenter les expériences, mais en affiner les paramètres pour rechercher le feu de la vérité derrière la fumée des «expériences» et des opinions individuelles.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science, le 25 juin 2001, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.



Astrologie et science, une loft story?

PIERRE JOUVENTIN

Le «spectaculaire médiatique» justifie-t-il toute action, universitaire ou télévisuelle?

«**L**a Science officielle va-t-elle finir par rendre hommage à la vérité expérimentale, reconnaître les faits? En tout cas, la victoire paraît éclatante pour l'Astrologie, car les faits sont les faits; ils ont l'insolence de l'évidence.» Ainsi se termine en fanfare la thèse qu'Élisabeth Teissier, astrologue à *Télé 7 jours*, a défendu le 7 avril en Sorbonne.

En annexe des quelque 1 000 pages de sa thèse, la candidate a fourni selon ses mots «quelques preuves irréfutables en faveur de l'influence planétaire» et cité des études statistiques donnant «des résultats tout à fait probants, une fois éliminés les astrologues incompetents». Discrète, elle a omis ou minimisé les études défavorables à l'influence des astres sur la personnalité, telle celle, rigoureuse, publiée par la revue *Nature* en 1985.

Le jury n'a tout de même pas attribué ses «félicitations» à l'impétrante. Le sociologue Michel Maffesoli, qui dirigeait cette thèse, a estimé qu'il pouvait «tolérer des écarts», car E. Teissier ne «devait pas postuler pour un poste, ni même monnayer [sa thèse] dans un emploi... Continuellement, j'ai essayé de la cadrer, d'orienter sa thèse vers des investigations sur la pratique de l'astrologie et non pas sur sa scientificité. C'est une dame de caractère et je n'y suis pas arrivé» (*Le Monde* du 5 mai 2001). Patrick Tacussel, professeur de sociologie à l'Université de Montpellier-3, maintient qu'il n'y avait pas de raison d'empêcher une professionnelle de l'astrologie de soutenir une thèse sur le sujet.

Est-ce une nouvelle affaire Galilée? E. Teissier, dès son premier livre intitulé *Ne brûlez pas la sorcière*, revendiquait déjà ce statut de martyr livré aux «dinosaurés d'une science scientifique qui se montre d'autant plus virulente qu'il s'agit d'un combat d'arrière-garde».

En fait, ce n'est qu'une banale tempête dans un verre d'eau. Bien des thèses médiocres, manquant de rigueur dans la forme comme dans le fond et où la quantité essaie de pallier la qualité, sont soutenues, sans soulever de pareilles

polémiques. Mais le candidat ne s'appelle pas Teissier et ne se veut pas le croisé d'une si grande cause car «l'astrologie attend sa CANONISATION» (page 860).

La conclusion de Mme Teissier sur la montée de l'astrologie et de l'irrationnel dans nos sociétés déboussolées (on dit «postmodernes») me paraît fondée et le sujet de thèse sur les raisons de cette fascination/rejet m'apparaît pertinent. Encore eut-il fallu le traiter le moins subjectivement possible, difficulté insurmontable pour une astrologue confondant intégrité et intégrisme. Hélas, cette école sociologique cautionne la subjectivité et, par conséquent, ce plaidoyer en faveur de l'enseignement de l'astrologie à l'Université. Pour éviter la manipulation, le jury aurait, au moins, pu refuser l'annexe naïve, sectaire et hors sujet, qui a mis le feu aux poudres, et éliminer le chapitre d'«Ainsi parlait Zarathoustra» et les souvenirs de la vedette.

Si les astronomes et les physiciens ont été scandalisés, les critiques les plus acerbes sont issues des collègues sociologues : Christian Baudelot, de l'École normale supérieure, récuse «ce plaidoyer vibrant pour l'astrologie» et Bernard Valade, professeur à Paris-5 où enseigne Michel Maffesoli, estime que cette thèse «comporte des développements tout à fait superflus qui s'attachent à fonder l'astrologie comme une science». Assistons-nous à un règlement de compte entre sociologues objectivistes, héritiers légitimes de Durkheim, et sociologues post-modernistes remettant en cause l'idée même de connaissance objective, bref entre Sciences sociales à prétention «dure» et «molle»? Pire encore, comme l'écrit dans *Le Monde* du 2 mai Jean Copans, professeur de sociologie à la même université : «C'est la sociologie... qui a "astrologisé" ses compétences pour un plat de lentilles! Les sciences sociales courent maintenant après l'actualité, lorsqu'elles ne cherchent pas à la devancer.»

Connaissant la réputation sulfureuse de la candidate, le goût du Pr. Maffesoli pour la provocation et sa critique radi-

cale de la rationalité, je doute que ce succès de scandale n'ait pas été recherché. Dans cette société du spectacle, l'étudiante comme le professeur ont fait parler d'eux en se servant d'une banale soutenance et s'il faut en juger par la reculade du professeur, l'élève a dépassé le maître.

Parallèlement, la chaîne M6 faisait éclater, avec *Loft Story*, les indices d'audience de la télévision française, en enfermant onze garçons et filles dans une villa bourrée de micros et de caméras. Comme pour l'astrologie, la popularité était au rendez-vous : dès la première semaine, plus de la moitié des téléspectateurs ont regardé le jeu et plus encore les très «recherchés» 15-24 ans. Dans ce jeu de miroirs, il est difficile de savoir qui manipule qui, les jeunes se battant pour être sélectionnés, moins pour gagner le jeu que pour être lancés dans le monde du spectacle. Parents, amis et psys sont appelés à commenter en direct le comportement des cobayes. Cette version française, qui n'a pas les mêmes limitations déontologiques, marche mieux que l'émission américaine nommée carrément *Big Brother*.

Dans ce phénomène sociologique dont le cynisme et les raisons (économiques) sont manifestes (sauf pour beaucoup de 15-24 ans), je vois un même brouillage des valeurs, reflet d'une période de crise morale et de perte de repères. Même si je n'ignore pas que ces notions sont relatives, peut-être est-il temps de risquer des gros mots, comme conscience morale.

Car il faut de la maturité pour distinguer le bien du mal en regardant *Loft Story*, et de la culture pour distinguer le vrai du faux dans une thèse d'astrologie.

Consolons-nous : après les Guerres médicales, le même reproche de relativisme extrême aboutissant aux dérives matérialistes ou spiritualistes était fait aux sophistes grecs en 500 avant notre ère. Aristote et nous, même combat!

Pierre JOUVENTIN est directeur de recherche au CNRS.

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de ~~5,20 €~~

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100 % numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.



Les cadrans solaires

DENIS SAVOIE

Les cadrans solaires ont joué un rôle déterminant dans la mesure du temps, de l'Antiquité à la Renaissance, jusqu'à ce que les horloges se généralisent.

Un cadran solaire gigantesque a été tracé, pour les festivités de l'an 2000, sur le sol de la place de la Concorde, utilisant l'obélisque comme gnomon. L'astronome Camille Flammarion en avait conçu le projet en 1913, mais la guerre l'avait interrompu par deux fois, en 1918 et en 1939.

La «Nef solaire», près de Tavel, entre Avignon et Nîmes, a été construite en 1993 (voir la photographie à côté du titre). Ce cadran solaire a deux styles polaires, qui projettent leur ombre sur les surfaces gaufrées de quatre plans triangulaires dressés sur une dalle de 26 mètres de long. Deux cadrans horizontaux et une méridienne sont aussi incrustés dans le sol. Autour de la Nef solaire, huit stèles

rappellent les étapes importantes de la gnomonique. L'ensemble constitue le plus grand cadran solaire de France. Ces réalisations renouent avec une tradition qui se perd dans la nuit des temps mesurés.

CHRONOS ET APOLLON

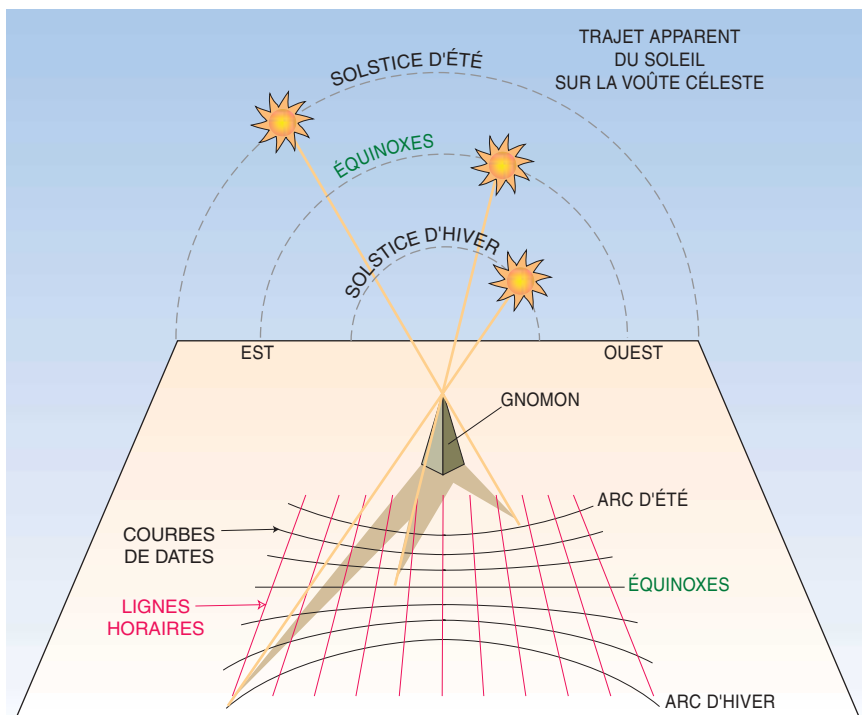
Au V^e siècle avant notre ère, l'historien Hérodote rapporte que les Grecs ont importé le gnomon de Babylonie. Cet ancêtre du cadran solaire, dont le nom signifie *indicateur* en grec ancien, est constitué d'un style vertical dont l'ombre se projette sur une surface plane horizontale. Les Grecs utilisaient les variations journalières de la direction et la

longueur de l'ombre portée pour diviser le temps : infiniment longue au lever du Soleil, l'ombre raccourcit jusqu'à midi, puis s'allonge indéfiniment jusqu'au coucher du Soleil. Le cadran antique indique l'heure «inéegale» (voir la figure 1) : la journée est divisée en 12 heures, dont la durée varie de 80 minutes, au solstice d'été, à 40 minutes, au solstice d'hiver, en passant par 60 minutes aux équinoxes (sous nos latitudes).

Cette mesure du temps a perduré jusqu'à l'invention de l'horloge. Toutefois, dans l'Antiquité, le cadran solaire servait surtout à déterminer la latitude du lieu : plus on se rapproche de l'équateur, plus le Soleil monte haut dans le ciel et plus l'ombre portée est courte lorsqu'elle passe par son minimum, à midi.

Le cadran antique est souvent sphérique, conique ou tronconique. Le «scaphé» conservé au Louvre, un cadran solaire datant probablement du I^{er} siècle de notre ère et découvert à Carthage, est d'un modèle parmi les plus rares. La majorité des scaphés ont la forme d'une demi-sphère au fond de laquelle est fixé un style. Douze lignes perpendiculaires au bord de la demi-sphère marquent les heures. Le scaphé du Louvre est plus original : c'est un vase en marbre beige que l'on utilise incliné, de sorte que l'ocillon dont il est percé soit situé au zénith (voir la figure 2). Les rayons du Soleil y pénètrent et forment une tache de lumière qui se déplace sur le fond du vase. On lit la date d'après la position de la tache par rapport à sept courbes fermées, qui portent des indications de mois du calendrier : les sept courbes de dates délimitent six intervalles correspondant chacun à deux mois, car le Soleil passe deux fois par an par la même déclinaison. Les courbes extrêmes correspondent aux solstices. Le cadran comporte également 11 courbes fermées (délimitant 12 portions du cadran), les lignes horaires.

Les cadrans antiques plans sont plus rares : ils sont alors horizontaux, dans le cas des gnomons, ou verticaux. L'empereur Auguste en fit construire un



1. Dans l'Antiquité, les cadrans solaires indiquaient l'heure inégale : la journée était divisée en 12 heures, dont la durée augmentait en été et diminuait en hiver. On lisait l'heure grâce à 11 lignes horaires. On lisait aussi la date, grâce à sept courbes portant des indications de mois. Chacun des six intervalles entre ces courbes de dates correspond à deux mois, espacés d'une demi-année, car le Soleil passe deux fois par an par la même déclinaison. L'extrémité de l'ombre du gnomon reste toujours entre les courbes extrêmes, qu'elle parcourt au solstice d'hiver et d'été. Aux équinoxes, elle parcourt une droite.