

La télévision numérique

Le chant des cigales

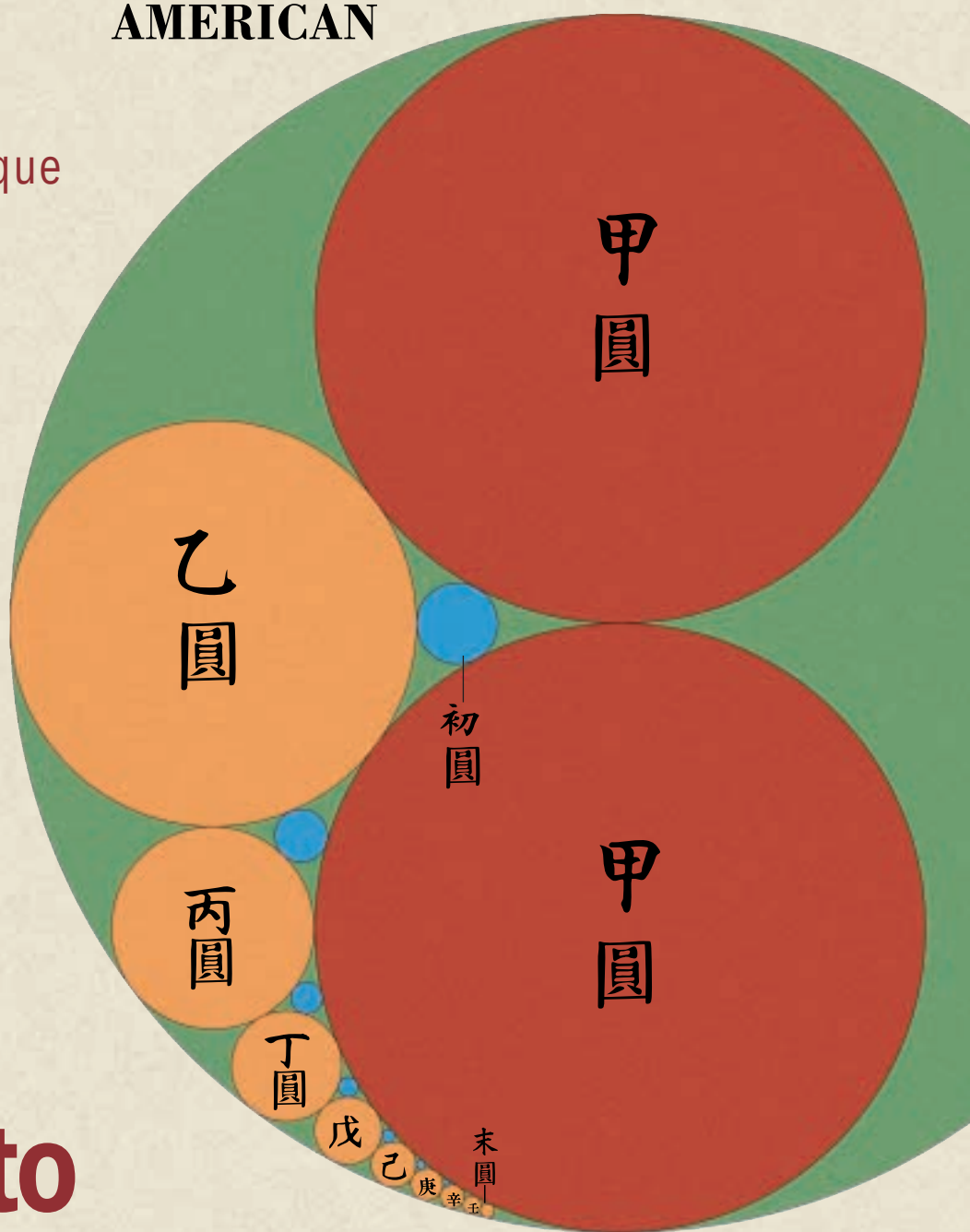
La contraception
masculine

Les écrans plats

La pollution
par les nitrates

Les ancêtres
des tortues

La physique
du mélange



Ex-voto mathématiques japonais



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

5

JEU-CONCOURS

Quadrilatères

par Pierre Tougne

6

TRIBUNE DES LECTEURS

7



POINT DE VUE

Les Académies

par Gérard Toulouse

9



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Premières images au microscope

par Brian Ford

10



SCIENCE ET ÉCONOMIE

La mondialisation

par Bernard Guerrien et Francisco Vergara

14

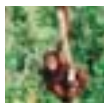


SCIENCE ET GASTRONOMIE

Jambons crus d'Espagne

par Hervé This

17



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

20

■ Lancements maritimes ■ Hello, le Soleil vibre...

■ De Mars à Tatahouine ■ L'oreille absolue

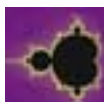
■ Kampala : la campagne à la ville ■ La masse du neutrino

■ Né de père absent ■ Moussons inattendues

■ Exploration virtuelle du côlon ■ Séisme en Afghanistan

■ Crânes virtuels ■ Épiderme de culture

■ Machiavel aurait-il pu être un singe?



LOGIQUE ET CALCUL

Certitudes sans démonstration

par Jean-Paul Delahaye

100



VISIONS MATHÉMATIQUES

Quelle coïncidence!

par Ian Stewart

106



L'IMAGE DU MOIS

Rater n'est pas fausser

109



ANALYSES DE LIVRES

110

■ MAPLE V release 5

■ Éloge du mixte, matériaux nouveaux et philosophie,

de Bernadette Bensaude-Vincent ■ Le guide du Paris savant,
d'Anna Alter et Philippe Testard-Vaillant ■ Pour Darwin, sous la
direction de Patrick Tort ■ Les avatars du gène : la théorie néo-
darwinienne de l'évolution, de Pierre-Henri Gouyon, Jean-Pierre
Henry et Jacques Arnould

La contraception masculine

34

par Sophie Christin-Maitre
et Philippe Bouchard

Le contraceptif masculin idéal devra être rapidement efficace, dépourvu d'effets secondaires et réversible. Il ne devra pas perturber l'activité sexuelle. Bien que ces exigences soient difficiles à concilier, plusieurs substances contraceptives sont prometteuses.



L'évolution des tortues

42

par G. Rougier,
M. de la Fuente et A. Arcucci

La récente découverte, en Argentine, d'étonnants spécimens fossiles précise l'origine des tortues et révèle une diversité écologique et systématique inattendue chez les Chéloniens.

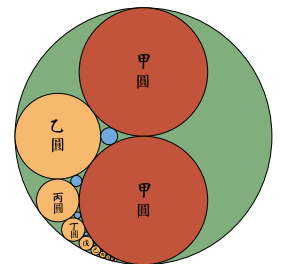


Géométrie et religion au Japon

52

par Tony Rothman
et Hidetoshi Fukagawa

Quand le Japon s'isola, entre 1639 et 1854, des pratiques mathématiques originales apparurent. Les mathématiciens amateurs dédiaient aux divinités des ex-voto géométriques.



Nitrate : un polluant de longue durée

60

par André Mariotti

La durée de résidence dans le sol de l'azote apporté par les engrais est très longue. Les nitrates qui polluent aujourd'hui les nappes aquifères résultent de nombreuses années de fertilisation.



Le chant des cigales

66

par Henry Bennet-Clark

Les cigales mâles sont les plus bruyants des insectes. On a découvert comment fonctionne leur système acoustique.

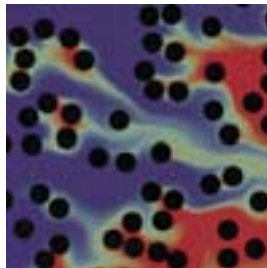


Mélange et désordre figé

70

par Étienne Guyon
et Jean-Pierre Hulin

Deux liquides se mélangent quand ils traversent un solide poreux. Inversement, les solides poreux peuvent aussi séparer des mélanges. La physique explore les raisons de ces différences.



La télévision de demain

Les écrans plats

78

par Alan Sobel

Après des décennies de perfectionnements, les écrans à plasma sont devenus lumineux, de grande taille et si plats qu'on peut les accrocher au mur. Les ingénieurs cherchent maintenant à réduire leur prix.

La norme européenne de télévision numérique

86

par Jean-Pierre Hénot,
Vincent Michon et Bertrand Sueur

La nouvelle norme européenne de télévision numérique remplacera bientôt la norme de transmission analogique dans tous les équipements télévisuels.

La télévision numérique

92

par Jae Lim

Après des années de travail, les États-Unis ont déterminé la norme de télévision numérique qui sera imposée aux chaînes du pays.

É D I T O R I A L

Les propriétés des nombres...

... apparaissent toujours paradoxales. Un segment est totalement «rempli» par les nombres fractionnaires : il existe un tel nombre aussi près que l'on veut d'un point du segment. Et pourtant, d'autres infinités de nombres «remplissent» encore mieux le segment : les nombres irrationnels (comme $\sqrt{2}$), les nombres transcendants (comme π)... Des infinités de nombres de divers types s'insèrent entre deux nombres infiniment proches. La jungle des nombres est diverse et extraordinairement dense.

Mais pas impénétrable. Des propriétés mathématiques adaptées guident la découverte de l'identité d'un nombre de la jungle. Ainsi, vous calculez par un moyen informatique un nombre et vous trouvez 7,8539... Hélas, une telle suite de décimales vous renseigne sur la valeur du nombre, pas sur sa nature. Pour identifier votre valeur numérique, (voir *Certitudes sans démonstration*, par Jean-Paul Delahaye, page 100) vous comparez votre nombre, par divers moyens mathématiques, aux 70 millions de nombres de la table élaborée par Simon Plouffe, et des indices vous persuadent que votre nombre est $\pi/4$. Victoire : le résultat de votre calcul est ce nombre transcendant et vous connaissez, par cette identification, sa valeur exacte. Peut-être, cela s'est vu, cette propriété amènera une autre découverte sur le processus physique qui a donné ce nombre.

En mathématiques, le passage de l'incompréhension à l'évidence est relativement facile. «N'importe quel imbécile peut comprendre les mathématiques, argumentait le grand logicien Alonzo Church ; il suffit d'être consciencieux, travailleur et patient. En revanche, découvrir une propriété est autrement difficile», soupirait-il, pensant certainement à ses présomptions de jeunesse. Les méthodes exposées dans l'article cité peuvent aider le processus de découverte.

Cela étant, certaines propriétés des nombres restent d'une mystérieuse simplicité, comme la loi de Benford. Comment est-il possible que les premiers chiffres des 70 millions de constantes de la liste de Simon Plouffe soient plus fréquemment des 1, moins souvent des 2, encore moins souvent des 3, etc.? Lisez la page 105.

Philippe BOULANGER

L'horreur du vide

«**S**a disparition laisse un grand vide parmi nous.» Par ces mots, l'orateur rend un dernier hommage au défunt.

Un grand vide? Est-ce là un compliment? Si j'ai bien compris la physique moderne, le vide est bourré d'animalcules quantiques qui, par myriades, fluctuent sans cesse, naissant, s'entretenant, disparaissant, renaissant... J'imagine que, dans un grand vide, il y a place pour plus d'animalcules que dans un petit. Autrement dit, un grand vide est moins vide qu'un petit. Ainsi, un petit vide est, en tant que vide, plus grand qu'un grand vide. CQFD.

Tout bien réfléchi, lorsque je prendrai possession de mon ultime logis, je serai heureux si, entre deux pelletées, j'entends l'orateur affirmer : «Sa mort laisse un vide minuscule parmi nous...»

Science et graphologie

Les graphologues prétendent déterminer si un scripteur est, ou non, intelligent, honnête, cultivé, original, etc. Les entreprises tirent parti des progrès de la graphologie et demandent que les lettres de candidature à un poste soient manus-

crites. Pourquoi les scientifiques ne profiteraient-ils pas, eux aussi, de ces progrès? Si les articles paraissaient sous forme manuscrite, le lecteur saurait, rien que par l'examen de l'écriture, quel crédit leur apporter. Plus facile.

«Et si l'écriture de l'auteur est illisible?» Eh bien, en ce cas, on ne lira pas son article. Cela ne changera pas grand-chose aux pratiques actuelles.

D'accord? Pas d'accord...

Une plaie pour l'orateur, c'est l'auditeur qui, à la fin de la conférence, déclare : «Je suis parfaitement d'accord avec tout ce que vous venez de dire.» Suite à quoi, en général, il aplatit les propos de l'orateur vers quelque lieu commun à la mode, ou bien les déforme jusqu'à ce qu'ils collent avec ses propres idées. Coincé par l'amabilité de l'auditeur, le malheureux orateur n'ose pas répondre en toute franchise, comme il le ferait face à un contradicteur déclaré.

Suis-je seul à ressentir ainsi les choses? Non. Un aphorisme de Louis Scutenaire exprime mon sentiment : «Si je vous donne raison, c'est dix fois sur dix que je n'ai pas compris ce que vous entendiez me dire.»

Chères mathématiques

Qu'une démonstration soit maladroite, excessivement longue, voire inutile – il n'en coûtait qu'au mathématicien, jusqu'à des temps récents. C'est lui qui avait perdu son temps, torturé pour rien sa cervelle – et voilà tout. Il payait seul. N'ayant de comptes à rendre à personne, il était en droit, royal, de mépriser les questions matérielles, il pouvait se permettre de ne «pas savoir compter». Tel n'est pas et n'a jamais été le cas des sciences de la nature. La cherté d'une expérience ou d'un procédé a toujours fait partie des paramètres que l'expérimentaliste doit prendre en considération.

Le mathématicien a perdu sa belle indépendance. Désormais, que ce soit pour démontrer des théorèmes ou pour étayer des conjectures, il recourt massivement (comme on dit) à l'ordinateur. Avec ce corollaire obligé : le devoir de limiter les dépenses. L'informatique a ramené les mathématiques dans le giron commun des soucis économiques. Cette nouvelle n'a rien pour réjouir.

Épistémologie

Quand un épistémologue étudie et interprète telle ou telle science, il est rare que les pratiquants de ladite science se reconnaissent, si par hasard ils lisent ses travaux. Ils sont, au mieux, sceptiques, et plus souvent fâchés : que de contresens sur eux, estiment-ils!

Qui voit juste? Où se trouve la vérité? Donner *a priori* raison au scientifique, qui agit au cœur du processus alors que l'épistémologue se contente d'observer et de commenter – c'est croire à la parfaite lucidité de l'homme sur ses actes. Une telle position n'est pas tenable. Donner *a priori* raison à l'épistémologue puisqu'il a du recul, c'est prendre le scientifique pour un idiot qui ne comprend rien à ce qu'il fait. Cette position n'est pas non plus tenable. Le plus probable, donc, est que les deux ont partiellement raison et partiellement tort.

Conclusion : pour «se faire une idée» sur une science, il faut à la fois l'étudier et lire ses commentateurs. Pourtant, si rude soit-elle, cette accumulation de tâches permet tout au plus d'élaborer une interprétation personnelle – laquelle, comme toute interprétation, est susceptible d'être à son tour interprétée. On n'en sort jamais.

Le niveau baisse

«**L**es élèves qui entrent dans les classes préparatoires aux Grandes Écoles n'y apportent que des connaissances superficielles et une formation technique à peu près nulle ; ils abordent cette période décisive de leurs études avec une absence totale de maturité d'esprit, une puissance de travail inexistante, une incompréhension générale de la vie intellectuelle qui n'a d'égale qu'une ambition souvent démesurée. (...) Malgré la diffusion de l'enseignement, et, peut-être, à cause de cette diffusion même, nous assistons à un recul général de la vie intellectuelle.» Propos excessifs? Non : ils sont confirmés par le rapport sur le concours d'admission à l'École polytechnique. «Très peu de copies portent la marque d'une personnalité. Toutes les autres dénotaient l'absence d'esprit critique et de jugement. Partout la même abondance décevante de calculs sans la moindre trace d'effort personnel. Souvent la rédaction présentait le même manque d'ordre et de soins.»

Attention! Le premier extrait provient d'un exposé fait en 1935, le second du rapport sur le concours 1933. Aujourd'hui, ces alarmes nous font sourire : les professeurs sévères qui, dans notre jeunesse, nous reprochaient notre nullité (il m'en souvient encore...) avaient été précisément les nullards stigmatisés par les professeurs de 1930! En disant «le niveau baisse», ils ne faisaient donc que répéter la leçon qu'ils avaient eux-mêmes subie...

La baisse de niveau serait-elle une loi de nature? Je n'en crois rien. S'effarer du niveau est l'immuable attitude de ceux qui entretiennent un rapport crispé avec leur savoir. Les jeunes ont à s'adapter à un monde différent de celui auquel les vieux ont eu à s'adapter. Ils y mettent ni plus ni moins de qualités, mais ils les utilisent autrement. Dire «le niveau baisse» est une facilité de pensée que doit s'interdire quiconque veut comprendre quelque chose à la marche du monde et des générations – et à son propre vieillissement.

DES CAILLOUX DANS LES CHOSSES SÛRES

DIDIER NORDON

Des cailloux
dans les choses sûres



Didier Nordon épingle les scientifiques et les politiques qui extraient de la science plus qu'elle ne dit. Nul doute que chacun reconnaîtra dans ces piques... le défaut de son condisciple.

144 pages - 65 F

Code 1897

**POUR LA
SCIENCE**
DIFFUSION BELIN

Bon de commande en p. 98

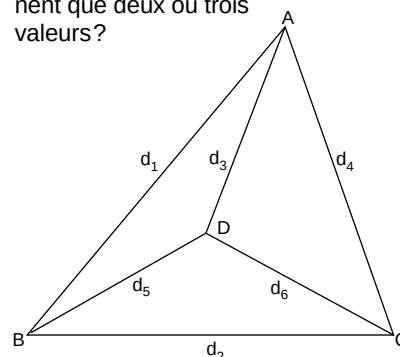
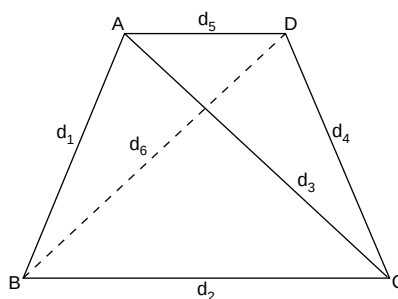
JEU-CONCOURS N° 49

PIERRE TOUGNE

Quadrilatères

Un quadrilatère ABCD dans le plan détermine six distances mutuelles entre ses sommets. Ces six distances ne peuvent toutes être égales (la justification est laissée au soin du lecteur). En revanche, si ces six distances sont différentes, il n'existe que deux types de quadrilatères, selon qu'un sommet, que nous appelons D, est intérieur ou

extérieur au triangle ABC formé par les trois autres sommets comme cela est montré sur les figures ci-dessous. Sauriez-vous déterminer (graphiquement) toutes les familles de quadrilatères essentiellement distinctes telles que les six distances mutuelles ne prennent que deux ou trois valeurs ?



Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à *Pour la Science*, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de juillet 1998, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 47

La solution de ce jeu-concours est un exemple typique de la récursivité. On désigne par $N(i, j)$, le nombre de chemins arrivant à la case (i, j) . Si les déplacements autorisés sont à droite ou en bas, on ne peut accéder à la case (i, j) qu'à partir des cases $(i-1, j)$ et $(i, j-1)$ d'où la relation de récurrence $N(i, j) = N(i-1, j) + N(i, j-1)$. De plus, on a $N(1, 1) = 1$ pour la case départ et $N(a, b) = 0$ pour les cases interdites. Il suffit alors d'appliquer cette règle comme indiqué sur l'échiquier 1 de la figure de gauche (un tableur est particulièrement bien adapté pour traiter ce genre de problème). Ainsi, pour les trois échiquiers proposés, les réponses étaient 982, 828, 712. Remarquons qu'en l'absence de

cases interdites, il existe une formule simple pour le nombre de chemins aboutissant à la case (n, p) , soit $C_{n,p} = n! / (p!(n-p)!)$. Si, de plus, on autorise un déplacement en diagonale Sud-Est, la formule de récurrence devient

$N(i, j) = N(i-1, j) + N(i-1, j-1) + N(i, j-1)$. Un exemple d'application de l'algorithme sur l'échiquier 2 est représenté sur la figure de droite. Les réponses étaient donc 11 388, 13 760, 9 960.

En ce qui concerne le damier, la relation était $N(i, j) = N(i-1, j-1) + N(i-1, j+1)$, ce qui conduit aux valeurs 126, 334, 436, 409, 251 pour les cases blanches à partir de la gauche (et les mêmes valeurs pour les cases noires à partir de la droite).

1	1	1	1	1	1	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8
1	3	6	10	15	21	28	36
1	4	10	0	0	21	49	85
1	5	15	0	0	21	70	156
1	6	21	21	21	42	112	267
1	7	28	49	70	112	224	491
1	8	36	85	155	267	491	982

1	1	1	1	1	1	1	1
1	3	5	7	9	11	13	15
1	5	0	12	28	48	0	28
1	7	12	24	64	140	188	216
1	9	28	64	152	356	684	1 088
1	11	0	92	308	816	0	1 772
1	13	24	116	516	1 640	2 456	4 228
1	15	52	192	824	2 980	7 076	13 760

Oiseaux et dinosaures

L'article de Kevin Padian et Luis Chiappe *L'origine des oiseaux et de leur vol* (voir *Pour la Science*, avril 1998) affirme que les oiseaux sont issus des dinosaures théropodes. Que l'*Archaeopteryx* soit un dinosaure, on peut le croire. Qu'il ait eu pour ancêtres de petits reptiles coureurs, c'est très possible. Mais qu'il soit un oiseau, c'est une autre affaire : seule la présence de plumes en fait un oiseau. On possède une demi-douzaine d'individus sur lesquels pas une seule plume n'a de barbes séparées, alors qu'un coup de vent peut suffire pour cela. À mon avis, les plumes de l'*Archaeopteryx* sont des lames cornées finement nervurées. Les barbes étaient soudées entre elles et cela représenterait un état primitif de la plume d'oiseau.

L'organisation des oiseaux est trop complexe pour que leur origine remonte seulement à 150 millions d'années. *Archaeopteryx*, que l'on n'a retrouvé qu'en Bavière, ne serait, au Jurassique supérieur, qu'un «fossile vivant», et il y aurait eu, à la même époque, de vrais oiseaux. Ceux-ci descendraient des Archosauriens qui vivaient au début de l'ère secondaire. Leurs ancêtres de petite taille auraient évolué dans des forêts tropicales où, en sautant de branche en branche et grâce à l'apparition de plumes, ils auraient appris à voler et seraient devenus des oiseaux. Leurs ancêtres n'ont jamais été coureurs. La course suppose un mouvement alterné des bras, alors que le saut demande leur synchronisation, propice au vol. Mais une augmentation de la taille a pu inciter certains oiseaux à prendre l'envol en courant. L'évolution a été très discrète, le milieu forestier étant fermé et peu favorable à la fossilisation.

Maurice POMARÈDE, Montpellier

Réponse d'Eric Buffetaut

Maurice Pomarède soulève deux points importants : la nature des plumes d'*Archaeopteryx* et les modalités d'acquisition du vol. Les plumes d'*Archaeopteryx*, plus ou moins bien conservées suivant les spécimens, ont fait l'objet de nombreuses études détaillées qui montrent bien qu'elles sont de véritables plumes. Elles diffèrent peu des plumes des oiseaux modernes, et ne sont pas des lames cornées.

Par ailleurs, *Archaeopteryx* est seulement le plus ancien oiseau connu. Qu'il ait vécu il y a 150 millions d'années n'implique pas que l'origine des oiseaux soit aussi récente : il a eu des ancêtres moins aviens que lui. Vivaient-ils dans les arbres ou couraient-ils sur le sol ? Cette question est très débattue, et depuis long-

temps. Les deux hypothèses sont étayées par de bons arguments. On peut espérer que la découverte d'oiseaux ou de proto-oiseaux antérieurs à *Archaeopteryx* nous éclairera un jour.

Pucerons et miellat

La légende de l'illustration qui accompagne l'analyse de deux livres consacrés aux pucerons (voir *Pour la Science*, mai 1998) affirme que le miellat produit par les pucerons sort de deux «cornicules» placés à l'extrémité de l'abdomen. Est-ce vraiment le cas ?

Monique Paranthou, Auch

Réponse de Jacques d'Aguilar

Le puceron absorbant la sève des plantes riche en sucres, mais pauvre en acides aminés, il est contraint d'en ingérer de grandes quantités pour satisfaire ses besoins en protéines. Le produit de la digestion, amassé dans la partie dilatée du rectum, est rejeté à l'extérieur sous forme de fines gouttelettes. Ce miellat est donc expulsé par l'anus, non par les cornicules. Riche en sucres, il favorise le développement de champignons saprophytes qui entraînent des fumigines, maladies associées au dépôt d'un enduit noir qui entrave l'assimilation chlorophyllienne. Quant aux cornicules, dont le rôle est mal connu, ils permettraient l'émission d'hémocytes à inclusions cireuses (l'équivalent de cellules sanguines) et de phéromones.

Les carburants de demain

Le dossier sur l'avenir du pétrole (voir *Comment prévenir la prochaine crise pétrolière*, *Pour la Science*, mai 1998) est excellent, mais il me semble qu'on ne prend pas une hauteur suffisante pour bien centrer la recherche des solutions à l'épuisement du pétrole brut. Nous avons deux besoins principaux : les consommateurs fixes et les transports. Les premiers sont typiquement la génération d'électricité, le chauffage et la pétrochimie. Leur combustible idéal est le gaz. Il peut être économiquement attractif, ici où là, de le liquéfier, mais cela restera une aberration sans avenir. Pour les transports, c'est entendu, il faut un hydrocarbure liquide. Le gaz liquéfié, sauf les petites quantités de propane et de butane, ne convient pas, car il faut une pression énorme (à l'échelle domestique) ou une température cryogénique. La source naturelle de liquides combustibles me semble plutôt être le charbon, aux réserves immenses et dont on ne fera rien d'autre.

Roger PÉRÈS, Le Taillan-Médoc

Systèmes ouverts ou fermés ?

Max Dauchet soulève le problème du monopole de la Société *Microsoft* sur la micro-informatique, et celui de l'aptitude du pouvoir politique à orienter le marché et la recherche (voir *Informatique et société*, *Pour la Science*, juin 1998). L'alternative entre les systèmes ouverts ou fermés pose toutefois incomplètement le problème. Le choix tranche entre la recherche et les fournisseurs de logiciels, mais il ne crée en aucun cas les conditions favorables au développement d'une industrie logicielle crédible et prospère. Au mieux, les bonnes idées d'une recherche sur les systèmes ouverts seront récupérées par la Société *Microsoft*. Au pire, les recherches fondées sur des systèmes fermés seront étouffées. La clé pourrait être, au-delà des lois antitrust, d'obliger juridiquement tous les fournisseurs de logiciels à respecter les normes qu'ils établissent ensemble, et à organiser une politique de recherche européenne qui tienne aussi compte de ces normes.

Henri SINTUREL, Paris

Réponse de Max Dauchet

L'établissement et le respect de normes publiques sont en effet souhaitables. Les normes sont une solution qui assure les compatibilités techniques et garantit l'ouverture des marchés. Le caractère public des normes évite aussi la concentration incontrôlable de pouvoir. Je précisais bien que l'alternative entre systèmes ouverts et systèmes fermés n'est qu'un exemple des problèmes nouveaux que pose la révolution numérique à la société, et je conclus, comme H. Sinturel, que l'Europe doit être ambitieuse dans ses approches. Je ne pense pas que le pouvoir politique doive orienter le marché et la recherche, si par orienter il faut entendre encadrer et décréter, mais il doit aider l'émergence de perspectives et inciter les acteurs à construire des solutions nouvelles. Au niveau de la formation professionnelle initiale et continue des informaticiens, le ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie vient de me confier une mission dans cet esprit.

Écrivez à *Pour la Science* vos commentaires et vos réflexions sur l'actualité scientifique. Courriel électronique : 101641.3525@compuserve.com. Retrouvez la Tribune sur l'Internet, à l'adresse : <http://www.pourlascience.com>



Les Académies

GÉRARD TOULOUSE

À quoi servent-elles ?

Les académies, notamment les académies des sciences et les académies d'ingénierie, sont des institutions qui ont encore, et plus que jamais, des rôles importants à jouer : information et conseil (auprès des décideurs et du public), coopération internationale, soutien aux talents individuels, réflexion éthique sur les relations entre science et société. Au regard de pareilles missions, les compagnies académiques, émanations originales de la communauté scientifique, méritent donc une attention vigilante et critique.

Toutefois l'opinion commune, parmi mes compatriotes scientifiques, se situe à l'opposé. Envers les académies règne une attitude de «négligence indulgente» : ces institutions sont vues comme des clubs de vieux messieurs, des musées du troisième âge, des survivances désuètes et inoffensives (l'un allant de pair avec l'autre). On ne sait pas bien ce qui s'y fait, et on ne s'en soucie pas trop. La négligence incline à l'indulgence, et l'indulgence renforce la négligence. Nombre d'académiciens eux-mêmes, attachés avant tout à la conservation pérenne de leurs avantages et privilèges, s'octroient quètement, en miroir, une semblable «négligence indulgence».

Comment organiser les académies pour qu'elles remplissent leurs fonctions malgré le petit nombre de leurs membres ? Dans la population active des pays industrialisés, la proportion de scientifiques est de l'ordre du pour cent ; et, parmi les scientifiques, la proportion des académiciens se situe entre le pour mille et le pour cent. Pourtant, à travers le monde, les académies ne sont pas toutes du même acabit. Notre Académie des sciences, à Paris, et la *Royal Society* de Londres se prêtent bien à comparaison, toutes deux étant nées il y a trois siècles environ.

Pendant la première moitié de leur existence, la compagnie parisienne a pu sembler mieux conçue. En 1734, Voltaire jugeait ainsi que l'académie londonienne «n'est pas si bien réglée que la nôtre, et cela par la seule raison peut-être qu'elle est plus ancienne ; car si elle avait été formée après l'Académie de Paris, elle en aurait adopté quelques sages lois et eût perfectionné

les autres. La Société royale de Londres manque des deux choses les plus nécessaires aux hommes, de récompenses et de règles. C'est une fortune sûre à Paris pour un géomètre, pour un chimiste, qu'une place à l'Académie ; au contraire, il en coûte à Londres pour être de la Société royale».

Toutefois, vers la moitié du XIX^e siècle, la conjoncture se renverse : l'Académie des sciences s'engage dans un long déclin, à cause de sa structure rigide, tandis que la *Royal Society* entreprend une réforme lucide et courageuse, qui lui permettra de rester dorénavant en prise sur le progrès des sciences.

En 1966, Jacques Monod (1910-1976) dressait ainsi une comparaison : «[Ma conviction est] que l'Académie [des sciences], dans sa structure actuelle, ne peut pas ou, du moins, ne peut plus remplir le rôle qui devrait être le sien et cela pour un motif très simple. L'Académie compte aujourd'hui, si je ne me trompe, environ quatre-vingts membres ; elle en comptait, je crois, soixante il y a cent cinquante ans. (...) Il n'était pas possible à l'Académie, sans une adaptation de ses structures et sans une augmentation considérable du nombre de ses membres, de continuer de représenter comme elle le doit l'ensemble de la science française et de compter en son sein la majorité sinon la totalité des meilleurs et des plus dignes dans toutes les disciplines. De là vient, à mon avis, l'effacement progressif de l'Académie (...). Cette évolution n'était nullement inéluctable. Vous n'ignorez pas, bien entendu, que la Société royale, sœur jumelle de l'Académie des sciences française, a subi une évolution toute différente. Elle compte aujourd'hui six cents membres et tous les hommes de science britanniques de renom et de valeur y figurent ou y figureront bientôt. Le prestige de la Société royale n'a nullement souffert, au contraire, de l'accroissement du nombre de ses fellows. Son rayonnement en Angleterre même comme à l'étranger reste considérable ; de même que demeurent très importantes les fonctions qu'elle remplit comme conseiller des pouvoirs publics dans tous les domaines de la science et de la technologie.»

En 1976, une cote d'alerte fut atteinte. Trop de lauréats du prix Nobel ou de la médaille Fields demeuraient à l'écart de l'Académie des sciences, menacée de perdre définitivement toute légitimité internationale. Une réforme fut mise en œuvre, mais, parant au plus pressé (afin d'améliorer la qualité), ce fut une demi-réforme, esquivant le problème de la quantité. Or il n'y a pas de qualité à long terme sans quantité suffisante.

Aujourd'hui, la *Royal Society* comporte environ 1150 fellows, soit dix fois plus que le nombre de membres à Paris (ou quatre fois plus que le total du nombre de membres et du nombre de correspondants, car il y a deux classes à Paris pour une seule à Londres). Autant la *Royal Society* est ouverte sur le Commonwealth et la planète, autant l'Académie des sciences est recroquevillée sur l'Hexagone et même, dans certaines disciplines, sur Paris. La préférence nationale (ou même capitale) y joue à plein, au détriment de l'espace francophone (et de la province).

Comment la situation évoluera-t-elle ? Au cours de ce siècle, marqué par l'essor et l'impact des techniques, des académies d'ingénierie sont nées dans l'ensemble des pays industrialisés, notamment nordiques et anglo-saxons (en Suède en 1919 ; au Danemark en 1937 ; en Norvège en 1955 ; aux États-Unis en 1964, etc.). Il est envisagé qu'en France, en l'an 2000, soit enfin créée une telle académie autonome, qui remplacerait l'actuel Conseil des applications de l'Académie des sciences, le CADAS, créé en 1982.

Choisira-t-on de bâtir cette nouvelle Académie sur le modèle continental étriqué, avec hiérarchies et privilèges ? Ou bien se tournera-t-on vers la modernité en adoptant le modèle nordique, ouvert et dynamique ? Pour toutes les académies, en ce pays et dans sa zone d'influence, ce sera une heure de vérité.

Gérard TOULOUSE est physicien à l'École normale supérieure. Il vient de publier *Regards sur l'éthique des sciences*, aux éditions Hachette Littératures, 1998.



Premières images au microscope

BRIAN FORD

En refaisant les toutes premières expériences de microscopie optique, on a observé ce que les biologistes voyaient avec leurs instruments à une seule lentille.

En 1674, le Hollandais Antonie Van Leeuwenhoek découvrit, grâce à l'un de ses microscopes, un nouvel univers. Il observait de la vase recueillie dans un lac lorsqu'il découvrit des organismes inconnus : il décrit le «spectacle fascinant» des animalcules qui virevoltaient si rapidement dans l'eau.

Leeuwenhoek (1632-1723) ouvrait ainsi, par inadvertance, la voie de la microbiologie. Il fabriqua lui-même plus de 500 microscopes, alors que la science de l'optique n'était pas encore à son apogée. À l'aide de ces instruments, il observa des animalcules (des microbes), mais aussi plusieurs types de cellules, tels des hématies et des spermatozoïdes. Il décrit aussi des bactéries, des protozoaires, des cellules végétales et des champignons. Néanmoins, Leeuwenhoek fut considéré par ses contemporains comme

un dilettante à l'imagination fertile, et l'on n'accorda guère de crédit à ses observations. Il fallut attendre le milieu des années 1800, et Louis Pasteur, pour que l'existence des micro-organismes soit reconnue. Aujourd'hui encore, quelques scientifiques doutent que Leeuwenhoek ait réellement observé des micro-organismes avec ses instruments rudimentaires à une seule lentille.

Des biologistes, ayant observé des préparations avec un microscope de Leeuwenhoek, ont conclu que les grossissements disponibles ne leur permettaient pas de distinguer les détails que Leeuwenhoek avait décrits ; dans l'une de ces expériences, les hématies ressemblaient plutôt à des taches. De telles accusations ont aussi été lancées contre Robert Brown. En 1827, ce jeune botaniste écossais observa à l'intérieur de cel-

lules le mouvement incessant de minuscules particules. Il venait de mettre en évidence le phénomène qui porte aujourd'hui son nom : le mouvement brownien. Quelques années plus tard, Brown observa à travers son microscope à une seule lentille un autre phénomène qui n'avait encore jamais été observé. Au cours d'un voyage en Australie, à la recherche de plantes exotiques, il avait été fasciné par les orchidées qu'il cueillait. En les examinant, il découvrit, dans chaque cellule, une structure circulaire, plus opaque que la membrane cellulaire. Brown montra que les cellules de nombreux organismes en sont pourvues, et nomma cette structure le «noyau cellulaire».

Comme Leeuwenhoek, Brown fut contesté. Quelques-uns de ses contemporains ont même affirmé qu'il avait simplement confondu le mouvement des

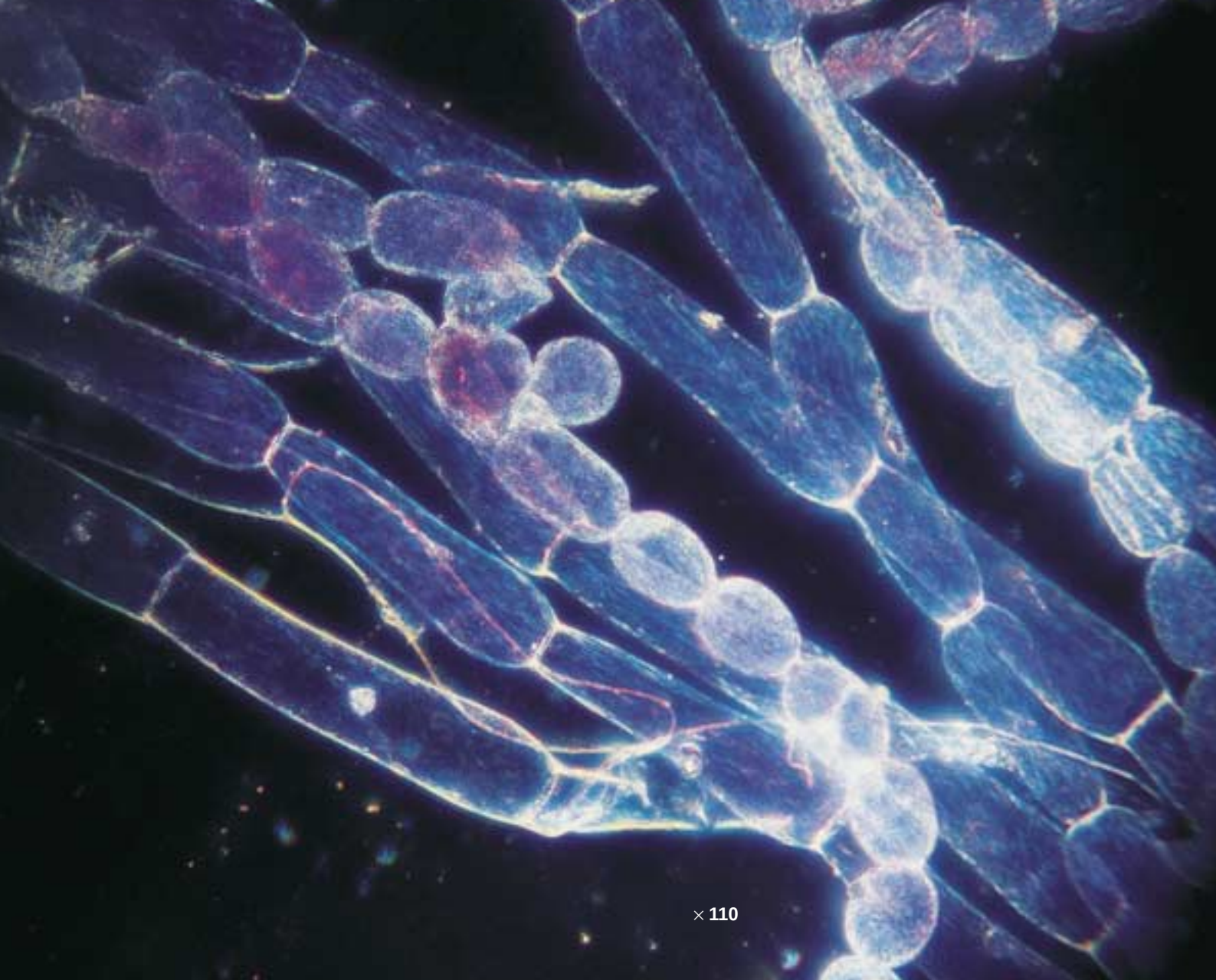
a

b

1. DES CELLULES de la fleur *Tradescantia virginiana* ont été observées au moyen des microscopes de Robert Brown. Elles étaient éclairées par la lumière du Soleil (en haut de la page de droite). Le microscope d'Antonie Van Leeuwenhoek, conservé à l'Université d'Utrecht, aux Pays-Bas, révèle des hématies (a), voire même le noyau de certaines cellules, des leucocytes par exemple. Un microscope actuel à lentille unique donne l'image de cellules de levure (b) ou des spores de champignons (c).

× 170

× 446



× 110

c



× 500



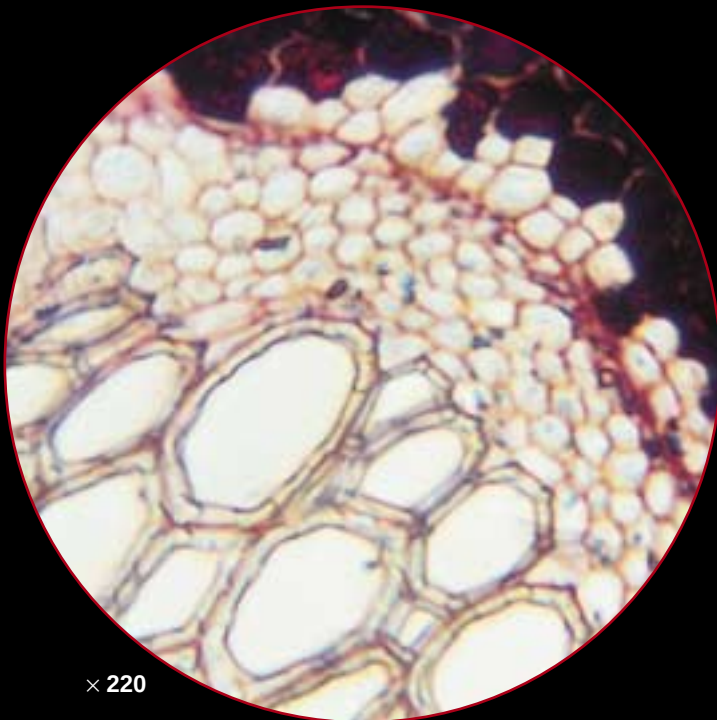
× 600

2. DES SPORES DE TRUFFE (*Tuber melanosporum*) représentent un excellent test pour le microscope de Leeuwenhoek. Les spores minuscules ont la taille d'une cellule (de l'ordre de 30 micromètres) et les épines celle d'une bactérie (de l'ordre de 3 micromètres). En dépit de sa simplicité, ce microscope vieux de 300 ans révèle spores et épines.



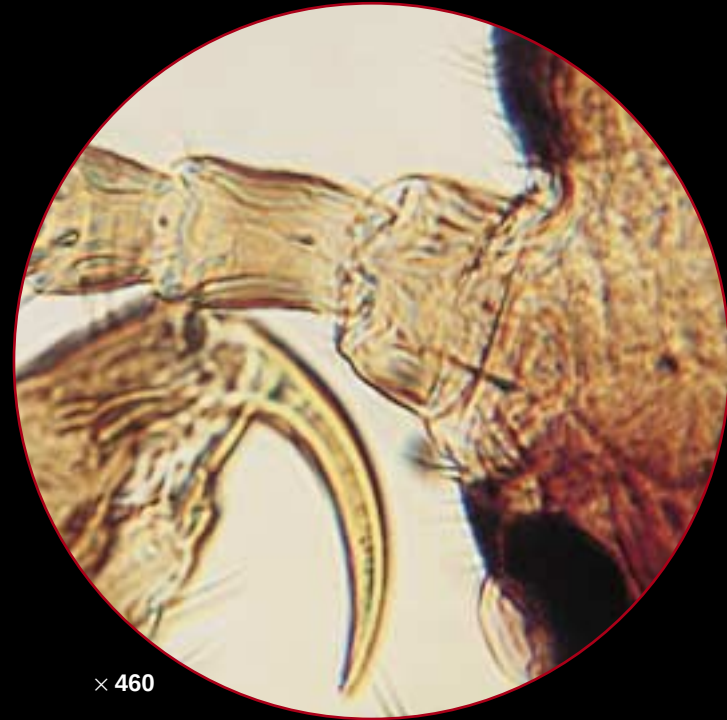
× 1 200

3. DES BACTÉRIES ont effectivement été observées par Leeuwenhoek. Cette image de *Spirillum*, l'une des espèces décrites par ce Hollandais ingénieux, prouve son talent. Pour observer ces bactéries, on doit illuminer la préparation correctement et faire une mise au point très minutieuse.



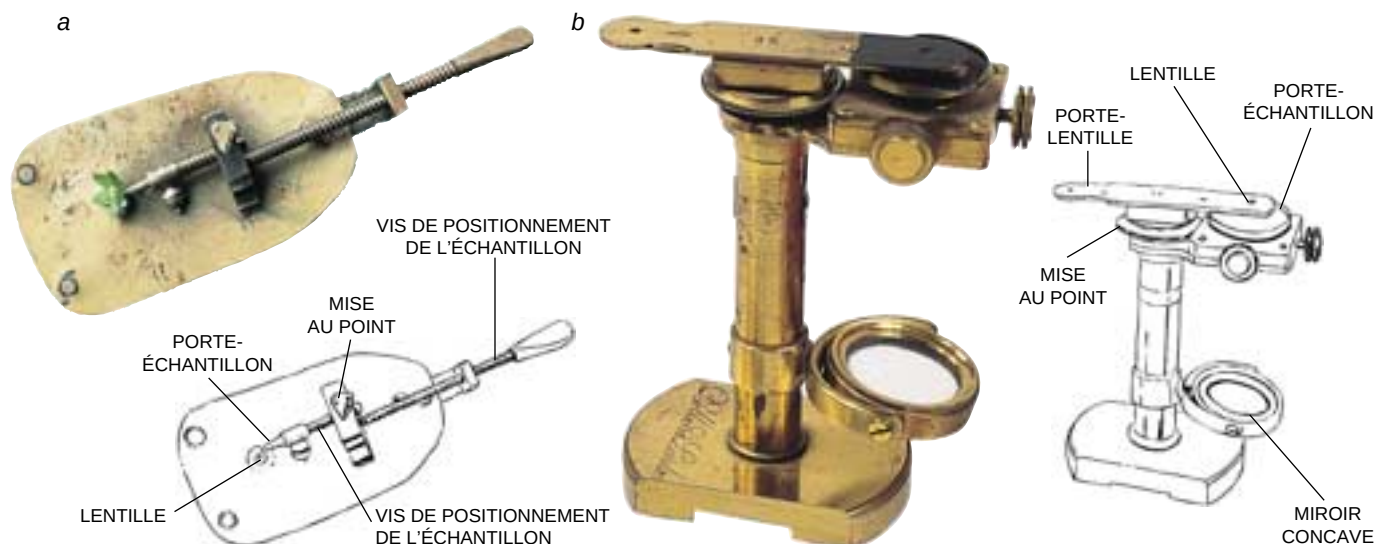
× 220

4. LES PAROIS DES CELLULES d'une racine d'*Osmunda regalis* ont été observées au moyen d'un microscope à une seule lentille datant des années 1700. La netteté de cette image est comparable à celle des images réalisées avec des microscopes optiques plus récents.



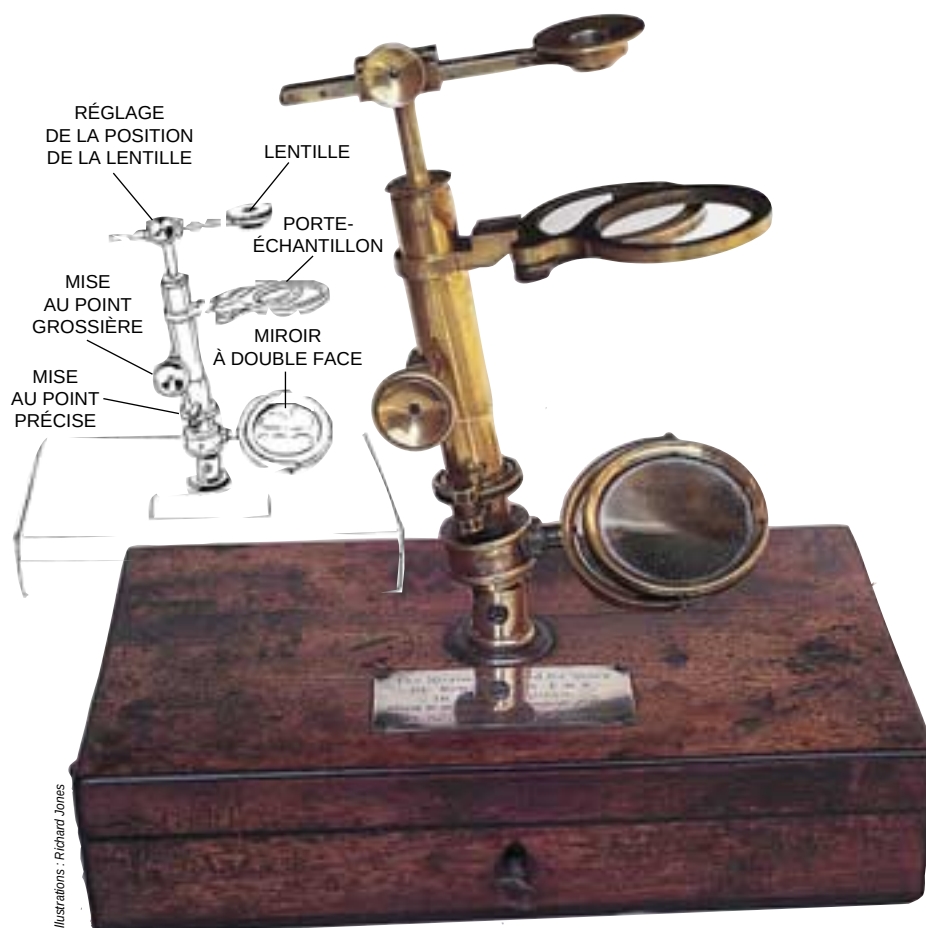
× 460

5. UNE TÊTE DE POU a été observée au microscope avec une lentille neuve : on distingue parfaitement l'antenne et les yeux brun foncé de cet insecte, que les biologistes des siècles passés ont étudié tout à loisir. Ces observations prouvent la qualité des images fournies par les microscopes du XVII^e siècle.



6. LES PREMIERS MICROSCOPES des années 1670 ressemblaient à ceux de Leeuwenhoek. Ce microscope en laiton a été fabriqué à la main (a). L'unique lentille, un peu plus grosse qu'une tête d'épingle, assurait un grossissement tel qu'on voyait des bactéries. On l'aperçoit sous la feuille ; elle était maintenue entre deux feuilles de laiton par deux écrous (en bas à gauche). Pour observer l'objet, on retournait l'instrument après avoir positionné l'objet sur le porte-objet (une pointe). Une tige filetée permettait de positionner l'échantillon devant la len-

tille, une autre de rapprocher ou d'éloigner l'échantillon de la lentille, c'est-à-dire de faire la mise au point. Ces instruments ont été progressivement perfectionnés pour atteindre leur apogée, 150 ans plus tard (b) avec les instruments fabriqués par la société londonienne *Dollond*. Robert Brown possédait l'un de ces instruments. Au sommet de la colonne centrale se trouve une vis de mise au point précise, et deux vis agissent sur un plateau qui soutient le porte-échantillon. L'un et l'autre microscopes mesurent moins de huit centimètres.



grains de pollen observés avec celui, infiniment plus ténu, des structures microscopiques que contenaient ces grains. Des détracteurs de Brown ont même soutenu que son microscope avait pu lui être utile pour faire des dissections, mais qu'il n'avait, en aucun cas, pu y observer des noyaux cellulaires.

Comment le savoir ? J'ai repris les microscopes d'origine de Leeuwenhoek et de Brown, et j'ai moi-même fabriqué des lentilles. J'ai ensuite refait plusieurs de leurs expériences. Malheureusement, je ne disposais d'aucun compte rendu détaillé des méthodes utilisées par ces deux biologistes ; de plus, il faut un soin extrême pour mettre au point les microscopes et reproduire fidèlement les expériences. Contrairement à ce qu'affirmaient certains, j'ai alors constaté qu'avec un microscope rudimentaire on observe des bactéries vivantes, des noyaux cellulaires et le mouvement brownien. Avec le microscope de Brown, j'ai même distingué des mitochondries, qui sont des centaines de fois plus petites que le noyau cellulaire. Leeuwenhoek et Brown avaient honnêtement décrit ce qu'ils avaient observé.

Les images présentées ici n'ont pas été retouchées. Elles illustrent la qualité des images qu'offraient les instruments les plus simples – ici des microscopes à une seule lentille datant des XVII^e et XIX^e siècles.

7. BROWN, le père du mouvement brownien, a fait ses observations au moyen de microscopes petits et robustes, fabriqués par la société londonienne *Bancks & Son*. Ce modèle mesure environ 15 centimètres de hauteur. Sur le pied du microscope sont adaptées une vis de mise au point grossière et une vis de mise au point précise, et un miroir à double face. Avec de tels microscopes, on obtient des grossissements compris entre 30 et 150.

Brian FORD est un biologiste anglais spécialiste des microscopes.



Jeff Sherman

La mondialisation

BERNARD GUERRIEN • FRANCISCO VERGARA

La localisation des services et l'automatisation de l'industrie limiteront toujours la mondialisation.

La «mondialisation» effraye : nous serions «envahis» par des produits étrangers, ordinateurs, fruits et légumes, vêtements, etc. Parallèlement certains secteurs de l'économie souffriraient de la «délocalisation» de leurs activités vers les pays à bas salaires.

Aussi les alarmistes s'étonnent-ils que tant d'activités subsistent et se développent encore en France. Or, malgré un chômage important, l'emploi (le nombre d'actifs occupés) continue d'augmenter en France : en 1997, il y avait un million d'emplois de plus qu'il y a dix ans. En outre, la France dégage un excédent des exportations sur les importations, excédent qui augmente régulièrement depuis sept ans et qui a atteint 230 milliards de francs en 1997 (2,8 pour cent du PIB, mieux que le Japon). Si un pays en «envahit» d'autres avec ses produits, ne serait-ce pas la France ?

D'autre part, en France et dans nombre de pays, la mondialisation (c'est-à-dire le degré d'intégration dans l'économie mondiale) a atteint, vers 1974, un palier dont la valeur correspond... à celle de 1913 ! La mondialisation n'est qu'un retour à une situation d'échanges interrompue par les deux guerres mondiales et la grande récession des années 1930.

Comment expliquer cette stabilité ? En 1974 (juste avant la flambée du prix du pétrole), la France importait 75 pour cent de l'énergie qu'elle consommait, ce qui représentait 4,5 pour cent de son PIB. En 1996, la part importée était tombée à 46 pour cent, et ne correspondait plus qu'à 1,5 pour cent de son PIB. La production de maïs est un autre exemple. Le consommateur ne s'aperçoit pas de cette évolution – vers moins de «mondialisation» –, l'origine des produits n'étant pas toujours identifiable.

Même dans les branches où l'industrie nationale semblait avoir été irrémédiablement évincée (téléviseurs, magnétoscopes, habillement bon marché), on observe souvent un retour de la fabrication et de l'assemblage national, voire européen. Ainsi, les livraisons

de téléviseurs par l'industrie française, qui avaient stagné à partir de 1978 au niveau de deux millions d'unités par ans, ont repris leur croissance à partir de 1989 et atteignaient 3,5 millions d'unités en 1996, et cela dans un marché en stagnation absolue. Cette relocalisation résulte des avantages que procure la proximité des fournisseurs et des clients : les dépenses liées à leur mise en rapport sont souvent plus importantes que les coûts de fabrication.

Dans les industries qui «assemblent», le faible coût de la main-d'œuvre a expliqué les délocalisations vers l'Asie des dernières décennies. Mais, les robots commandés par ordinateur tendent à réduire l'importance du coût directement salarial dans ces branches. Sans ce facteur, on ne pourrait comprendre pourquoi les grands entreprises co-réennes et japonaises ouvrent des usines de production en Europe et aux États-Unis.

Pour les matières premières qui ne disparaissent pas avec la consommation du produit (fer, aluminium, plastique, papier, etc.), à moins d'imaginer des décharges publiques éternellement croissantes, il faut admettre que le recyclage (c'est-à-dire la production domestique) occupera une place croissante.

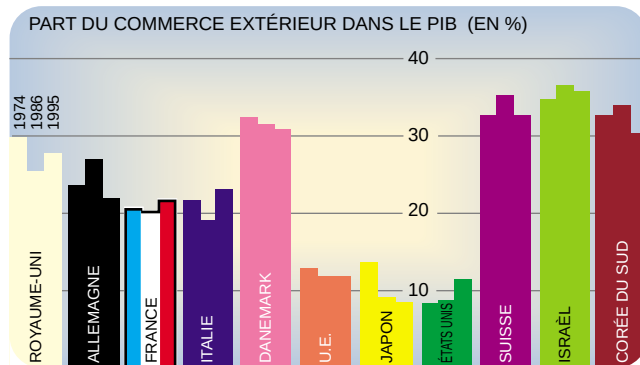
La part des services dans le PIB français est passée de 59 pour cent en 1974 à 72 pour cent en 1996 et continue à augmenter. Si on ajoute à ce chiffre la valeur ajoutée non industrielle de la production industrielle (secrétariat, comptabilité, gestion des ressources humaines, nettoyage, sécurité, etc.), les services approchent

90 pour cent de la production nationale. Or ces chiffres sont d'une extraordinaire stabilité depuis 20 ans : la part importée dans la consommation nationale de services qui était de 7,7 pour cent en 1975 est passée à 7,1 pour cent en 1996.

Si certains services peuvent être délocalisés, notamment ceux liés au tourisme, il existe un noyau dur d'activités du tertiaire qui doivent demeurer à proximité des consommateurs : la construction (bâtiment et infrastructures), les coiffeurs, les restaurants, les services d'entretien et de réparation (soneons au plombier et au garagiste), les services municipaux, une partie importante des transports, tout ce qui a trait à l'enseignement et à la santé. À cela s'ajoutent la fourniture de l'eau, du gaz et de l'électricité, ainsi que les différents «services» procurés par les communes et par l'État (armée, police, justice). Ces activités – marchandes ou non marchandes – occupent plus du tiers de la population des pays développés.

Ainsi, pour pratiquement tous les produits qui ne se caractérisent pas par une fourniture directe du service au client – tels les produits manufacturés et agricoles –, l'activité d'intermédiation entre le producteur et le consommateur est prépondérante. Remarquons que le café qui arrive au Havre à 4 francs le kilo est vendu chez notre détaillant autour de 60 francs : une grande partie de cette «valeur» ajoutée entre le port et l'épicier du coin, rémunère le transport, le stockage, l'emballage, le travail du grossiste et du détaillant, la publicité. Toutes ces activités ne peuvent être délocalisées. Comme elles sont rémunérées à des salaires «locaux» plus élevés que ceux qui prévalent dans les pays producteurs, la disproportion entre prix de production et prix de vente au détail est frappante.

Ainsi, l'existence d'activités qui ne peuvent être délocalisées impose une contrainte «objective» à la mondialisation. Elle explique pourquoi celle-ci est, et demeurera sans doute (au-delà des apparences), un phénomène limité.





Jambons crus d'Espagne

HERVÉ THIS

L'attribution d'appellations d'origine contrôlée impose une exploration rationnelle du goût.

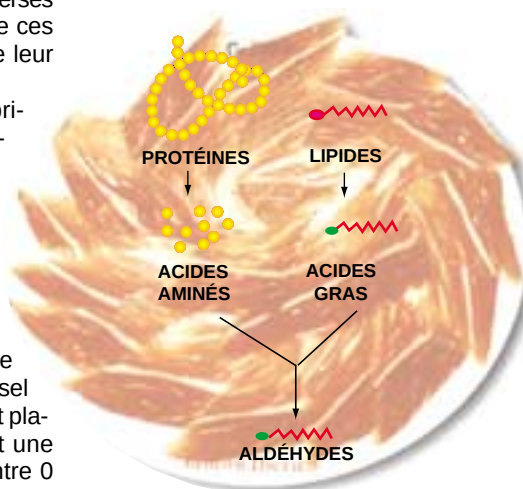
Ces dernières années, la production des jambons crus espagnols a augmenté jusqu'à atteindre 30 millions de pièces par an. Certaines d'entre elles, obtenues à partir du porc ibérique local (plus d'un million de jambons par an) par des méthodes traditionnelles, dans le Sud-Ouest de l'Espagne, ont un goût si remarquable que l'Union européenne leur a accordé le privilège d'appellations d'origine contrôlée. Comment ce goût se forme-t-il ? Jésus Ventanas et ses collègues de l'École vétérinaire de Caceres ont analysé les diverses étapes de la longue préparation de ces jambons et identifié les raisons de leur originalité.

Le procédé traditionnel de fabrication a ses particularités qui commencent dès l'élevage : les porcs, de race ibérique, sont engrainés en liberté, se nourrissant majoritairement de glands et d'herbes, jusqu'à ce que leur masse atteigne 160 kilogrammes. Après l'abattage, les jambons sont conservés pendant deux jours à une température de 0 °C ; puis ils sont frottés avec du sel contenant un pour cent de nitrate et placés dans un lit de ce sel pendant une semaine à basse température (entre 0 et 4 °C). Débarrassés du sel, ils sont ensuite conservés aux mêmes températures pendant deux à trois mois avant d'être séchés : le séchage se fait à une température croissante pendant un mois et demi jusqu'à 18 °C. Puis, pendant l'été, les jambons sont encore conservés un mois et demi à la température ambiante, avant la maturation finale, qui s'effectue en cave pendant 14 à 22 mois.

Ce procédé très long est une adaptation empirique aux particularités du climat de l'Estramadure, mais, aujourd'hui, les chambres froides et les thermostats évitent les aléas climatiques. Pour adapter les méthodes traditionnelles aux outils de production modernes, les fabricants doivent choisir des températures et des durées précises et, si possible, moins longues. Comment faire ces choix, afin

de conserver le goût particulier des jambons traditionnels ?

Dans les années 1970, des chimistes avaient montré que des produits formés lors de la dégradation des protéines (des molécules formées par l'enchaînement d'acides aminés) et des lipides contribuent à l'arôme de certains aliments, tels le fromage. Ces produits étaient-ils responsables des arômes des jambons espagnols ou étaient-ils seulement des précurseurs de ces arômes ? À partir de



Dans le jambon espagnol, les protéines et les lipides se dégradent en formant de nombreux aldéhydes aromatiques.

1990, les chercheurs de Caceres se sont attachés à reproduire des fabrications traditionnelles en analysant, à chaque étape, les modifications des protéines et des lipides. Ils ont ainsi observé que les acides aminés libérés par la décomposition des protéines, au cours du salage, étaient ensuite dégradés : ce sont des précurseurs de molécules aromatiques.

Plusieurs réactions étaient envisageables : par exemple, les réactions de Maillard entre les acides aminés et les sucres sont responsables des arômes de la viande grillée, de la croûte du pain ou du café torréfié, mais elles se produisent également lors du stockage prolongé

des produits alimentaires, qu'elles font brunir. D'autre part, les dégradations de Strecker sont des réactions des acides aminés avec des acides, tels les acides gras libérés au cours de la dégradation des lipides ; elles engendrent des aldéhydes, souvent aromatiques.

Dans les jambons ibériques, l'accumulation de produits de Maillard augmente proportionnellement à la durée de maturation : on ne saurait obtenir de bons jambons sans une longue maturation. De surcroît, les aldéhydes, qui sont formés après le salage, participent aux réactions de Maillard, formant des produits qui retardent le rancissement des graisses.

Une autre étude, plus récente, a pris le problème à l'envers : les chimistes ont identifié les molécules volatiles et cherché l'origine de ces molécules. Les plus abondantes sont les alcanes, molécules composées exclusivement d'atomes de carbone et d'atomes d'hydrogène. Dans le jambon cru espagnol, on en trouve deux types : d'une part, les alcanes linéaires proviennent vraisemblablement de la décomposition des lipides ; d'autre part, les alcanes ramifiés sont dus à l'alimentation à base de glands et ils sont caractéristiques des porcs ibériques. Ainsi la chimie justifie que l'appellation d'origine contrôlée ne soit attribuée qu'aux jambons provenant d'animaux élevés en liberté dans les chênaies.

Une autre classe aromatiquement importante est celle des aldéhydes linéaires, qui sont formés par les réactions de Strecker, mais aussi par les réactions de rancissement des acides gras insaturés. Là encore, la chimie justifie l'appellation : les porcs ibériques ont une chair marbrée d'une graisse qui contient beaucoup d'acides gras insaturés.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 28 juillet 1998, avec la chronique Info Science de Marie-Odile Monchicourt.

