

Pour la Science

■ POUR LA

SCIENCE

Mars 1998

édition française de

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

La dissémination des gènes

Les fausses
pierres précieuses

Ultrasons
et micro-électronique

Des déchets nucléaires
sous les océans

Les ancêtres
des Néandertaliens

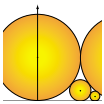
Lise Meitner

La sonde Ulysse

L'architecture du vivant

Canada : \$ 8,75

BLOC-NOTES de Didier Nordon



JEU-CONCOURS

Cercles tangents

par Pierre Tougne

TRIBUNE DES LECTEURS



POINT DE VUE

Les biotechnologies

par Pierre Tambourin



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Le rouet des armes à feu

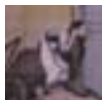
par Vernard Foley



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Le rôti de bœuf

par Hervé This



SCIENCE ET FINANCE

Pour identifier le délit d'initié

par Christian Walter



MÉTIER DE L'INGÉNIEUR

La création d'entreprise

par Linh Nuyen



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

- Lentille à focale variable ■ Deux vieux enfants
- Une enzyme artificielle ■ Le lysosome : l'appareil digestif des cellules ■ Emplumés ou non ■ Les langues en péril
- Jeu de go ■ Convection intrinsèque



LOGIQUE ET CALCUL

Aléas du hasard informatique

par Jean-Paul Delahaye



VISIONS MATHÉMATIQUES

Us et charmes des dés

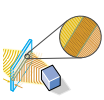
par Ian Stewart



L'EXPÉRIENCE DU MOIS

Marcher sur l'eau

par Caroline Loubet



SAVOIR TECHNIQUE

Les hologrammes

par Stephen Benton



L'IMAGE DU MOIS

Fractures

par H. van Damme, F. Duval et Y. Abdelhaye



ANALYSES DE LIVRES

- Volcans ■ Granites et fumées ■ Le Trésor, dictionnaire des sciences ■ Un pharmacien raconte

■ Électrostatique et magnétostatique

5

6

7

9

10

15

17

20

22

92

100

105

107

108

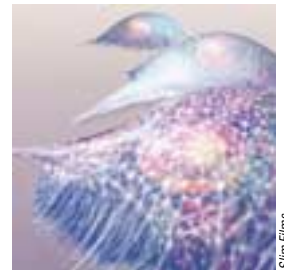
110

L'architecture de la vie

34

par Donald Ingber

Un ensemble universel de règles de construction guide la conception des structures organiques, des simples composés carbonés jusqu'aux cellules et aux tissus les plus complexes.



Sim Films

L'enfouissement sous-marins des déchets radioactifs

46

par Charles Hollister et Steven Nadis

Peut-on stocker les déchets nucléaires dans les sédiments des fonds océaniques? Les conditions sont favorables, mais des études restent à faire.



Climat de l'Europe et origine des Néandertaliens

52

par Jean-Jacques Hublin

Il y a plus d'un million d'années, les premiers hommes sont arrivés en Europe. Isolés lors de périodes glaciaires, ils sont les ancêtres d'un groupe humain différent des hommes modernes : les Néandertaliens.



Échanges de gènes entre bactéries

60

par Robert Miller

Le transfert de gènes entre bactéries d'espèces différentes est plus fréquent qu'on ne le pensait. Il faudra explorer ce phénomène pour maîtriser les possibles contaminations de l'environnement.



Le traitement des gemmes

66

par Emmanuel Fritsch, Jim Shigley et Bernard Lasnier

Les gemmes subissent des traitements, parfois élaborés, qui en améliorent l'aspect. Grâce aux outils d'analyse, on détecte certaines modifications frauduleuses. C'est la lutte entre l'épée et le bouclier.

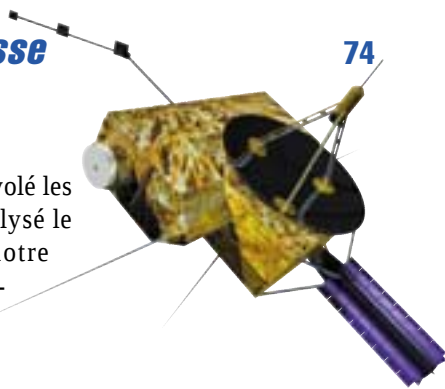


La mission Ulysse

74

par Edward Smith et Richard Marsden

La sonde *Ulysse* a survolé les pôles du Soleil et analysé le fonctionnement de notre étoile. Le champ magnétique est plus régulier qu'on ne le croyait.



Lise Meitner et la fission nucléaire

80

par Ruth Lewin Sime

Lise Meitner, exilée en Suède, fit découvrir la fission nucléaire à Fritz Strassmann et à Otto Hahn. Pourtant, seul ce dernier reçut le prix Nobel.



L'acoustique picoseconde

88

par Humphrey Maris

À l'aide d'ultrasons de très haute fréquence, on teste les connexions des circuits intégrés.



La beauté contrefaite

Selon la légende, les aigles d'Alexandre le Grand auraient volé les diamants de la Vallée des serpents pour les disséminer sur toute la Terre. Cette double évocation, évasion et distribution des richesses, illustre la fascination exercée par les pierres précieuses : leur rareté et leur beauté tranchent avec la monotonie et la grisaille du quotidien.

Les gemmes sont au confluent des extrêmes scientifiques : par leur formation et leur résistance aux hautes pressions, elles intéressent le géologue ; par leur exceptionnelle dureté, le chimiste et l'industriel ; par leur fort indice de réfraction et leur transparence dans le visible et l'ultraviolet, les spécialistes de l'optique ; par leur qualité de conduction thermique et électrique, l'électronicien ; et par leur prix... les contrefacteurs, qui mettent à profit les connaissances pour teinter et parfaire les pierres (voir *Le traitement des gemmes*, page 66). Les fraudeurs ont temporairement le dessus : certaines méthodes de traitement sont inconnues et difficilement décelables.

Outre la joaillerie, le diamant est la matière première d'une industrie considérable, d'une taille comparable à l'industrie de l'acier, du charbon et des semi-conducteurs.

Les hasards du journalisme nous ont fait interroger deux scientifiques, Pierre Tambourin et Linh Nuyen (pages 9 et 20), sur le trop faible nombre des créations d'entreprises en France. Leurs voix convergent : ni l'enseignement, ni la culture sociale n'incitent les jeunes ingénieurs à prendre le risque de la création. Pourquoi ? Parce que le succès est socialement mal apprécié et économiquement trop pénalisé. L'image du patron qui tire sa richesse de l'exploitation des travailleurs prévaut, alors que les fondateurs de *start-up* augmentent la taille du gâteau à partager par tous.

Les créateurs sont des diamants rares et comme eux, leur valeur est ostentatoire.

Philippe BOULANGER

Nous sommes chocolat

Rien de tel que de trop seriner à un enfant les vertus de telle ou telle chose pour l'en dégoûter à jamais. Heureusement pour eux, les amateurs de chocolat ne sont pas tous des enfants. Sinon, ils pourraient finir par être dégoûtés, eux aussi, à force de subir les éloges du chocolat qui se multiplient depuis quelque temps. Ainsi, un article paru dans *Le Monde* du 26 décembre 1997 prétendait justifier scientifiquement la fameuse formule selon laquelle le cacao est la nourriture des dieux. Et on y lisait des phrases comme celle-ci : «Les N-acyléthanolamines apportées par le cacao élèvent les taux d'anandamide et augmenteraient ainsi les effets cannabinoïdes.»

Il m'est arrivé de me sentir lourd après un tête-à-tête prolongé avec un ballotin de chocolats. Mais aussi lourd qu'une prose pareille, ça, Dieu merci, jamais !

Une prévision ponctuelle précise et une prévision en moyenne ne relèvent certes pas du même ordre de choses. Par exemple, il n'est pas scientifique de prétendre prévoir que tel lancer d'une pièce de monnaie va donner «pile» ou qu'il va donner «face», mais il est scientifique de prévoir que, sur mille lancers, il y aura en moyenne à peu près cinq cents «pile» et cinq cents «face». Je sais bien, mais quand même ! Dans une situation simple et familière, où je pourrais vérifier ses dires, la science se défile : elle s'avoue incapable de prévoir le temps de la semaine prochaine. Et là où je ne peux pas vérifier, elle affirme. Pis encore : elle veut imposer des restrictions au nom de ce qui, selon elle, se passera dans un siècle.

Même si les scientifiques s'appuient sur d'excellentes raisons, on comprend que l'image publique de la science paraisse embrumée.

si officielle fût-elle, se concluait par ce geste aussi puéril qu'efficace : tirer la langue pour mouiller quelque chose.

Aujourd'hui, ne reste que la nostalgie de cette époque. Les enveloppes sont autocollantes, les timbres, remplacés par des vignettes elles aussi autocollantes. Tout cela est sans doute plus hygiénique – et moins écologique : songeons à toutes les bandes protectrices ôtées et jetées avant de fermer les enveloppes. Seuls quelques métiers exigent encore la pratique de la salivation. La couture (pour passer le fil dans le chas de l'aiguille) ; l'épicerie (pour saisir la feuille de papier dans laquelle emballer fromage ou jambon) ; la banque (pour compter des liasses de billets). C'est toute une civilisation qui vient de disparaître, et personne ne semble s'en soucier.

Un danger chasse l'autre

Dans son introduction à l'ouvrage collectif *Une même éthique pour tous ?* (éditions Odile Jacob, 1997), Jean-Pierre Changeux note que certains chercheurs acceptent de discuter les problèmes éthiques posés par leurs travaux, mais que d'autres refusent et s'en tiennent à une position strictement techniciste. Il écrit : «On rencontre [la position strictement techniciste] plus fréquemment chez les physiciens, mécaniciens, chimistes, ingénieurs, qui font néanmoins peser des menaces sur l'avenir de l'humanité beaucoup plus redoutables que les sciences biologiques et médicales.» Je ne me mêlerai pas de discuter la dangerosité comparée des diverses espèces de chercheurs. Reste l'étonnante tonalité du propos. Aux beaux jours du scientisme triomphant, chaque science promettait mille exploits. Temps dépassé : le biologiste J.-P. Changeux sera déjà content d'apparaître moins dangereux que ses collègues physiciens ou chimistes.

Toujours dans l'introduction signée par J.-P. Changeux, on lit cette phrase : «Les enfants distinguent sans ambiguïté, dès trois ans et trois mois, d'une part les règles morales proprement dites, et d'autre part les règles conventionnelles.» Qu'un physicien trouve exactement trois ans et trois mois pour la durée de tel ou tel phénomène, fort bien. Mais cette précision quant au développement psychologique est d'une délirante précision.

Atmosphère, atmosphère

D'un côté, la science explique que, les équations régissant le déplacement des masses d'air étant complexes, il est déraisonnable de prétendre prévoir, à plus de quelques jours, le temps qu'il fera en un lieu donné. D'un autre côté, la même science nous met en garde : si nous continuons à polluer l'atmosphère comme nous le faisons, l'effet de serre aura de graves conséquences sur le climat dans moins d'un siècle.

Nostalgie du salivage

Certains – mais ils se font de plus en plus rares – ont encore l'habitude de saliver lorsque, terminant d'écrire une lettre, ils arrivent au moment de la signer. Cette salivation n'exprime pas leur contentement devant leur propre prose. Elle n'est que la manifestation d'un vieux réflexe conditionné. Il n'y a pas si longtemps, le moment de la signature précédait le collage du timbre, où les humeurs aqueuses étaient nécessaires. Toute lettre,

À quelque chose Mahler est bon

Mahler... Pour certains, c'est le nom d'un musicien. Pour d'autres (qui peuvent être les mêmes, d'ailleurs), c'est celui d'un mathématicien. Et s'il court des anecdotes sur le musicien Gustav Mahler (1860-1911), il en court aussi sur le mathématicien Kurt Mahler (1903-1988). En voici une. Il est arrivé à Mahler – cruelle mésaventure ! – de trouver un théorème en croyant à tort être le premier. Alors que l'article où il énonçait ce théorème était déjà en cours de publication, Mahler fut prévenu qu'il avait un prédécesseur. Conscientieux, il ajouta *in extremis* une note lui rendant justice. Ce genre de rencontre malheureuse est relativement banal pour un mathématicien. Ce qui est moins banal – et que Mahler se garda bien de dire dans sa note –, c'est qu'il avait été lui-même rapporteur de l'article dudit prédécesseur ! Oui, c'est à Mahler que s'était autrefois adressée la revue qui voulait savoir si l'article méritait qu'elle le publie... Délicat problème de l'arbitrage. Mahler était honnête, ce qui n'est pas toujours le cas : il avait tout oublié. Allez croire à un «progrès cumulatif des sciences» après cela...

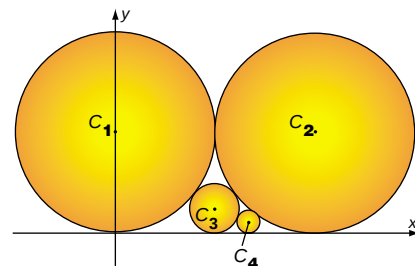
Le plus triste est que le devancier n'a pas laissé de souvenir marquant. La plupart des mathématiciens ignorent jusqu'à son nom. J'ai consulté les érudits : il s'agirait d'un nommé Christer Lech. Le voilà-t-il tiré de l'oubli ?

JEU-CONCOURS N° 45

PIERRE TOUGNE

Cercles tangents

La suite de Fibonacci $F_{n+1} = F_n + F_{n-1}$ avec $F_0 = F_1 = 1$ ainsi que le nombre d'or $\varphi = (1 + \sqrt{5})/2$ limite du rapport F_n/F_{n-1} quand n tend vers l'infini ont la particularité d'intervenir dans des problèmes mathématiques où l'on ne l'attend guère. Sauriez-vous la débusquer dans le problème suivant : dans un repère xOy , on considère deux cercles de rayon 1 centrés en $(0,1)$ noté C_1 et $(2,1)$ noté C_2 et soit C_3 le cercle tangent à C_1 , C_2 et l'axe x , C_4 le cercle tangent à C_3 , C_2 et l'axe x ..., C_n le cercle tangent à C_{n-1} , C_{n-2} et l'axe x (voir la figure)? Plus précisément si l'on désigne par (x_n, y_n) les coordonnées du centre du cercle C_n , trouver une expression pour calculer x_n et y_n et en déduire l'abscisse limite des cercles C_n quand n tend vers l'infini.



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 mars 1998, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 43

L'ingéniosité des très nombreux lecteurs pour raconter les neuf histoires de 1998 m'aurait permis *a posteriori* ! de restreindre le choix des symboles utilisables. Curieusement, le nombre minimum de symboles utilisés pour les neuf histoires semble être 77 que ce soit avec les sept symboles $+$, $-$, $\times$, $/$, $($, $)$ ou $+$, $-$, $\times$, $/$, $^$, $\sqrt{}$, $!$ comme le montre les neuf histoires suivantes :

$$1998 = (2^3 - 4 + 5 \times 6 \times 7 + 8) \times 9 = 2 - 3 + \sqrt{4/5} \times 6 ! \times 7 - 8 - 9 \quad (\text{pas de } 1)$$

$$1998 = 1 - 3 - 4^5 + 6 \times 7 \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 2)$$

$$1998 = -1 \times 2 - 4^5 + 6 \times 7 \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 3)$$

$$1998 = (1^2 + 3 + 5 \times 6 \times 7 + 8) \times 9 = 1/2/3 + 5/6 \times \sqrt{7^8} - \sqrt{9} \quad (\text{pas de } 4)$$

$$1998 = 1 + 2 + 3 - 4 \times (6 - 7 \times 8 \times 9) = -1 + 2 \times 3 ! \times 4 \times 6 \times 7 - 8 - 9 \quad (\text{pas de } 5)$$

$$1998 = 1 - 2 + 3 - 4 \times (5 - 7 \times 8 \times 9) = 1 - 2 - 3^4 \times 5 + \sqrt{7^8} + \sqrt{9} \quad (\text{pas de } 6)$$

$$1998 = -1 \times 2 \times 3^4 + 5 \times 6 \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 7)$$

$$1998 = 1/2 \times 3 \times 4 \times (5 \times 6 + 7) \times 9 = 1 + 2 + 3 !^4 - 5 + 6 ! - 7 - 9 \quad (\text{pas de } 8)$$

$$1998 = (1 - 2 + 3) \times 4^5 - 6 \times 7 - 8 = 1 \times 2 + 3 !^4 - 5 + 6 ! - 7 - 8 \quad (\text{pas de } 9)$$

On peut même n'autoriser que les six symboles $+$, $-$, $\times$, $/$, $($, $)$, ce qui conduit à un total de 89 symboles. les six variantes n'apparaissant pas ci-dessus sont :

$$1998 = ((2+3) \times 4 + 5 \times 6 \times 7 - 8) \times 9 \quad (\text{pas de } 1)$$

$$1998 = 1 \times 3/4 \times (5 \times 6 + 7) \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 2)$$

$$1998 = (1+2)/4 \times (5 \times 6 + 7) \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 3)$$

$$1998 = (-1 + 2 + 3 + 5 \times 6 \times 7 + 8) \times 9 \quad (\text{pas de } 4)$$

$$1998 = (-1 - 2 + 3/4 + 5 \times 6) \times 8 \times 9 \quad (\text{pas de } 7)$$

$$1998 = (1+2) \times 3 \times (4 + 5 \times 6 \times 7 + 8) \quad (\text{pas de } 9)$$

En revanche, le symbole $/$ semble absolument nécessaire pour les histoires sans 2 et 3. Sans 8, l'histoire est :

$$1998 = (1 - 2 + 3 + 4) \times (5 \times 6 + 7) \times 9$$

Enfin l'histoire avec tous les chiffres nécessite huit symboles, soit :

$$1998 = 1^2 - 3 - 4^5 + 6 \times 7 \times 8 \times 9.$$

Rien qu'avec l'addition et la multiplication, on peut l'écrire sous la jolie forme : $1998 = (1+2) \times 3 + (4+5) \times (6+7) \times (8+9).$

Concours mandarinaux

Un détail m'intrigue dans la première illustration de l'article de Rainier Lanselle sur les concours mandarinaux (voir *Pour la Science*, décembre 1997), en haut à droite («la tablette dorée sur laquelle les examinateurs inscrivaient les admis au concours mandarin suprême») : les noms des admis sont tous des transcriptions de noms chrétiens, qui plus est à consonance portugaise (ou italienne ?). On reconnaît, par exemple, de gauche à droite, dans la partie supérieure du disque, Marco, Filippo, Paulo, Francisco, Domingo, etc. Quelle est l'origine de cette tablette ?

Fabien BESNARD, Paris

Réponse de Rainier Lanselle

L'illustration a été tirée de l'ouvrage du père jésuite Étienne Zi, *Pratique des examens littéraires en Chine* (dont les références figurent dans l'article). On peut supposer qu'il a retenu les noms d'un certain nombre de ses propres catéchumènes, des Chinois. En tant que baptisés, ceux-ci s'étaient attribués des noms chrétiens, comme c'est toujours la coutume lorsqu'un Chinois reçoit le baptême. Il n'y avait bien sûr aucun empêchement pour que des Chinois chrétiens se présentent à l'examen sous le nom de baptême qu'ils s'étaient choisi – leur foi, en retour, n'ayant aucune incidence sur l'examen officiel qu'ils subissaient. Les «querelles des rites chinois» du XVIII^e siècle laissèrent toutefois aux chrétiens chinois et, en particulier, à leurs pasteurs, la pénible impression d'être soupçonnés d'hésitation entre leur foi et les caractéristiques propres à leur nation ; par ailleurs, ces mêmes chrétiens chinois étaient souvent perçus, par leurs compatriotes et par les Occidentaux, comme une population déclassée, attirée surtout par les avantages matériels qu'offraient les missions, quand ce n'était pas déloyale vis-à-vis de sa propre tradition nationale. Ce jésuite chinois souhaitait peut-être montrer que des lettrés, candidats aux concours impériaux, pouvaient être en même temps d'authentiques chrétiens, mais aussi, à l'inverse, que des chrétiens pouvaient être de vrais lettrés.

Modification et amélioration

Dans l'encadré *Pruniers et virus* (voir *Le riz génétiquement modifié*, *Pour la Science*, janvier 1998), Michel Ravelonandro écrit que l'autorisation de la culture de maïs génétiquement modifié prouve que

«les autorités ont accepté l'application du génie génétique pour l'amélioration des plantes». La modification des plantes est-elle toutefois réellement une amélioration de celles-ci ?

Francis GLANE, Voiron

Réponse de Michel Ravelonandro

Les sociétés agricoles primitives vivent principalement de profits issus de l'agriculture sans se soucier des problèmes environnementaux : quand la terre ne produit plus, l'homme abandonne le site et en colonise un autre. Au contraire, l'agriculteur qui vit dans un pays industriel ne peut pas abandonner sa terre, et il doit affronter des problèmes environnementaux, tels les ravageurs parasites, qui causent des dégâts considérables, ou les compétiteurs nuisibles («mauvaises herbes»), dont le coût d'élimination est élevé.

Le chercheur peut aider l'agriculteur à résoudre ces problèmes. L'intervention est toujours précise : si une plante a besoin d'être protégée contre un parasite identifié ou manque d'une propriété physiologique quelconque, le biologiste s'attaquera spécifiquement à ce problème. Son intervention ne peut donc être que bénéfique pour la plante qui a été génétiquement modifiée, car celle-ci dispose d'un caractère nouveau qui lui permet de résister à des agressions, par exemple, et surtout pour l'agriculteur qui l'exploite.

Espérance et décision

L'article de Christian Walter *La grande peur de l'inconnu* (voir *Pour la Science*, janvier 1998) révèle le caractère non rationnel de certaines décisions, qui ne reposent pas sur l'espérance mathématique des gains. L'espérance est-elle un bon critère de décision ? Quand une situation est répétée un grand nombre de fois, l'espérance se confond avec la moyenne des gains : c'est la loi des grands nombres. Que signifie l'espérance dans une situation qui ne se présente qu'une fois ? Considérons la situation du joueur de *Loto*. Si l'on juge la «rationalité» de la décision par l'espérance, alors jouer est irrationnel puisque l'espérance de gain est négative. En revanche, l'espérance est concrète pour l'État (ou la Française des jeux) : c'est la recette engrangée à la fin de l'année. Pour un joueur occasionnel, l'espérance a-t-elle une signification ?

Emmanuel GRENIER, Beauvais

Réponse de Christian Walter

La rationalité de la décision n'est pas liée à l'espérance, mais à l'indépendance des préférences par rapport au montant des gains

(axiome de Savage). Le paradoxe d'Allais porte sur la violation de cet axiome et non sur l'usage de l'espérance mathématique. La question de la signification de l'espérance mathématique dans des situations de jeu à un seul tirage renvoie à la controverse sur l'usage des probabilités subjectives dans la théorie des jeux.

Classiquement, on distingue l'approche probabiliste objective, ou fréquentiste, de type Bernoulli, et qui a été reprise par la physique (applications des lois des grands nombres et théorie des erreurs de mesure), et la conception subjective de la probabilité, introduite par Pascal pour la résolution du problème des partis, et reprise par Finetti, et Savage, puis par Von Neumann et Morgenstern : cette approche a, dès son introduction, fait l'objet de violentes controverses, alors même que la notion de fréquence n'existait pas encore. La question de la pertinence de l'espérance mathématique dépasse donc la seule applicabilité d'une loi des grands nombres. Toutefois, il est vrai que, dans le cas des jeux comme le loto, l'organisateur du jeu applique une loi des grands nombres, donc une probabilité objective.

Écrivez à *Pour la Science* vos réactions, 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>

Erratum



Dans l'édition spéciale consacrée aux «TROUS NOIRS», publiée le 11 juillet 1997, nous avons malencontreusement reproduit en page 6, une carte postale intitulée «LE TROU NOIR».

Nous vous informons que cette carte créée par Monsieur Jean-Vincent SÉNAC, est éditée par la société HISTOIRE DE VOIR.



Les biotechnologies

PIERRE TAMBOURIN

En France, les industries biotechnologiques restent très insuffisamment développées.

Les chiffres sont éloquentes : au cours des 20 dernières années, moins d'une centaine de sociétés de biotechnologies se sont créées en France... contre plus de 1 300 aux États-Unis, 4 000 emplois directs contre 150 000 ! Pourquoi l'industrie américaine a-t-elle, mieux que l'industrie française, su profiter des bouleversements de la biologie ? Comment les États-Unis ont-ils réussi à créer un tel tissu industriel, source de richesses, d'emplois, et aussi, et on l'oublie trop souvent, de nouvelles connaissances fondamentales ?

Les raisons économiques ont été souvent évoquées. Notre pays a toujours pratiqué le capital-risque avec parcimonie, par manque de moyens financiers et de culture en ce domaine : le chercheur qui avait besoin de capitaux pour créer une société s'adressait aux banques, qui réclamaient des dossiers solides, démontrant un risque d'échec faible. Ce n'est évidemment plus du capital-risque !

Aux États-Unis, le système bancaire a compris que l'intérêt à long terme passe, dans ce domaine, dans le financement de très nombreuses sociétés de petite taille, créées parfois sur des idées insolites, mais dont les retombées attendues, ne serait-ce que de quelques-unes d'entre elles, sont immenses.

À quelques exceptions près, l'industrie française, de son côté, commence seulement à intégrer dans sa stratégie les progrès et les enjeux des biotechnologies, de la génomique et de la génétique, notamment. Après un engouement excessif et passager dans le début des années 1980, les groupes français (et européens) les plus importants avaient considérablement réduit leurs ambitions biotechnologiques, tandis que l'industrie pharmaceutique française ne faisait qu'une trop lente mutation de la chimie à la biologie. L'agro-alimentaire, enfin, reste encore, dans son ensemble, bien hésitante. Seuls des semenciers comme *Limagrain* semblent avoir compris l'enjeu mondial des biotechnologies.

La recherche publique française, de son côté, dont tout le monde s'accorde pour reconnaître la qualité au plan international, paraît, de ce point de vue, engoncée dans une culture surannée. Les

jeunes chercheurs sont recrutés sur leur seule aptitude à développer des connaissances dans une atmosphère de désintéressement financier personnel dont ils sont fiers. Leur statut, et plus encore celui des organismes qui les emploient, sont en partie inadaptés au transfert industriel.

Les règles tatillonnes, l'inexpérience, les mentalités qui se drapent très vite dans un manteau de vertu, sont autant d'entraves. Combien de chercheurs qui, obéissant aux recommandations, et qui, disposant d'un résultat intéressant et d'une idée originale, ont voulu valoriser ce résultat se sont jurés qu'on ne les y reprendrait plus ?

Ne confondons pas le haut fonctionnaire qui «pantoufle» dans l'industrie, où sa compétence et son carnet d'adresses lui servent à la fois de passeport et justifient un salaire intéressant, avec le chercheur qui veut rester dans son laboratoire tout en aidant la création d'une entreprise dont il tirerait quelques éventuels avantages pour sa recherche. Notre système cultive, depuis des décennies, l'idée que l'on ne peut pas à la fois faire une recherche fondamentale de haut niveau et avoir des préoccupations plus finalisées ou plus appliquées. S'il est probablement exact qu'une seule et même personne peut difficilement mener de front ces deux activités, on doit comprendre et admettre que cela doit se pratiquer à des moments successifs.

Comment rattraper le retard ? Il me semble qu'il faut mener d'urgence une action à trois niveaux. On devrait d'abord réviser en profondeur certains aspects du statut des chercheurs et certaines règles de la fonction publique qui s'appliquent à eux. Ils sont aujourd'hui des fonctionnaires, astreints au respect de règles certainement légitimes lorsqu'il s'agit de fonctionnaires qu'il faut protéger de sources de corruption. Les affaires qui ont entaché le monde politique ces dernières années et certaines autres dans le monde industriel, jointes à quelques anomalies dans le fonctionnement d'organismes d'État ou nationalisés, démontrent qu'il faut rester vigilant, mais tout est question d'adaptation et d'état d'es-

prit. En tout cas, on ne peut pas dire, en permanence, aux chercheurs : «Valorisez vos résultats», tout en les suspectant et en les culpabilisant. Mon devoir de réserve m'empêche de citer des exemples probants, mais je demande que l'on me croit lorsque j'affirme que les obstacles encouragent les chercheurs à rester tranquillement dans les laboratoires, où la publication de bons articles dans de bonnes revues paraît beaucoup plus simple et plus gratifiant que l'aventure industrielle.

Le gouvernement précédent avait réfléchi et préparé des textes de loi pour que les chercheurs puissent jouer un rôle plus actif dans la création d'entreprises. Souhaitons qu'après des corrections et des améliorations, ils soient adoptés le plus rapidement possible par la représentation nationale. Modifions aussi, en profondeur, le statut des organismes, afin que l'administration ne soit pas contrainte de s'ériger, en permanence, en gardien du temple face aux initiatives des chercheurs. Je ne propose pas d'initier en France un système à l'américaine. En revanche, si nous souhaitons garder notre spécificité et nos valeurs, évoluons en nous adaptant.

Enfin, Claude Allègre l'a maintes fois répété, nous devons nous préoccuper de l'emploi des jeunes chercheurs. Ils ont, en général, une grande et grave méconnaissance de ce qu'est le monde industriel (au moins en sciences de la vie). Aucun jeune chercheur ne devrait ignorer ce qu'est un brevet, une licence, un minimum de droit des sociétés, ce qu'est la valorisation d'un résultat ; nous devrions aussi, au cours de ces périodes de formation, repérer ceux qui ont l'esprit d'entreprise au sens propre comme au sens figuré.

Retenons et appliquons la leçon d'Antoine de Saint-Exupéry : «Si tu veux bâtir un navire, ne fais pas appel aux hommes pour trouver du bois, déléguer des fonctions et distribuer les travaux, apprends leur plutôt le désir de la mer insolite.»

Pierre TAMBOURIN a dirigé le Département des Sciences de la vie au CNRS. Il est aujourd'hui chargé de mission au Génomipole d'Évry.



Le rouet des armes à feu

VERNARD FOLEY

Léonard de Vinci a-t-il inventé le rouet, un dispositif efficace de mise à feu ? Certains historiens sont affirmatifs ; pour d'autres, le rouet serait d'origine allemande.

Combien de réalisations inspirées des dessins de Léonard de Vinci ont-elles été réalisées au cours des 67 années de sa vie (1452-1519) ? Ses carnets de notes sont couverts de dessins : sont-ils des inventions ou des reproductions d'objets contemporains ? Lors de la première publication des manuscrits de Léonard de Vinci, à la fin des années 1800, les lecteurs découvrirent des pages entières d'« inventions », mais, au milieu du ^{xx}e siècle, les historiens ont montré que Léonard de Vinci s'est beaucoup inspiré des manuscrits de la Renaissance, antérieurs aux siens, et qu'il les a souvent copiés. Aujourd'hui, les historiens admettent que la science de Léonard en matière militaire n'était pas en avance sur son temps, et qu'à l'exception de la machine à polir les miroirs et de quelques machines à fabriquer les textiles, toutes les « inventions » techniques de Léonard de Vinci ont été empruntées à des devanciers ou à des contemporains. En ce qui concerne le rouet des armes à feu, deux thèses s'affrontent, l'une accordant la paternité du rouet à Léonard de Vinci, l'autre accréditant l'origine allemande de ce mécanisme.

Le rouet est l'adaptation aux armes du procédé de mise à feu utilisé dans les briquets ; ce procédé est employé dès l'époque médiévale par les artisans serruriers. Du temps de Léonard de Vinci,

le rouet est surtout utilisé sur les petites armes, notamment sur les armes portatives. Ces armes ont trois parties : le rouet, le fût et le canon. Le long canon cylindrique renferme la poudre et la balle. Le rouet est monté à l'arrière du canon et le fût en bois solidarise ces deux pièces.

Comment fonctionne le rouet ? Il est formé d'une roue en acier dont l'axe est relié à un puissant ressort par une chaîne plate. Au moyen d'une clé, on remonte l'axe qui entraîne la chaîne, laquelle s'enroule sur l'axe et tend le ressort. Lorsque l'ensemble est sous tension (le rouet a fait trois quarts de tour), on le verrouille : sur la gâchette, un ergot s'encastre dans un trou percé dans le rouet.

Le « couvre-bassinnet », un petit couvercle coulissant, recouvre le réservoir de poudre, le bassinnet. Il évite que la poudre ne soit mouillée par la pluie ou qu'une manipulation involontaire n'y mette le feu. La tête du chien entre ses mâchoires un morceau de pierre dure, de la pyrite de fer, maintenu appuyé sur le couvre-bassinnet par un ressort. Quand on appuie sur la détente, l'ergot de la gâchette est libéré. Le couvre-bassinnet est retiré et la

pyrite tombe sur la tranche du rouet. La roue, mue par le ressort qui se détend, se met à tourner en frottant contre la pyrite. Le bord supérieur de la roue passe dans une mince fente percée dans le fond du bassinnet. Une pluie d'étincelles enflamme la poudre d'amorce.

LA CONTROVERSE

Des historiens ont déduit des croquis du *Codex Atlanticus*, un recueil de manuscrits conservés à Milan, que Léonard de Vinci a inventé le rouet des armes à feu, mais d'autres réfutent cette affirmation, car, prétendent-ils, les premiers rouets auraient été fabriqués plus au Nord, dans ce qui est aujourd'hui l'Allemagne. Léonard de Vinci aurait dessiné sa propre version du rouet après avoir eu connaissance de l'invention allemande.

Les premières illustrations allemandes de rouets datent du début du ^{xvi}e siècle

