



POUR LA SCIENCE

Mai 1997

édition française de

**SCIENTIFIC
AMERICAN**

Hipparcos,
chasseur d'étoiles

La thérapie génique

La supraconduction

Les taches du léopard

Les plantes à sang chaud

Les défis de la psychiatrie

La ressemblance mathématisée

Dossier Internet : ordonner le chaos

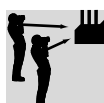
Canada : \$ 8,75

Bloc-notes de Didier Nordon



Jeu-concours

Le problème des échelles
par Pierre Tougne



Science et finance

Les deux marchés : Walras et Keynes
par Christian Walter



Point de vue

Le coût du patrimoine
par Jean-Paul Demoule



Les inattendus de la science 10

Les inattendus en neurophysiologie
par Henri Korn



Science et gastronomie

La cuisson

Perspectives scientifiques :

La banquise d'Europe

Virus HTLV et migrations humaines

Pavillon de l'oreille et acoustique

Maternité et tolérance

Étranges collisions

Fluctuations géantes dans les silos à grains

Douteux témoignages

Photographie en trois dimensions

Ce qui est écrit

D'Afrique en Europe



Logique et calcul

La ressemblance mathématisée
par Jean-Paul Delahaye



L'image du mois

L'avancée des dunes
par Pierre Rognon



Analyses de livres

– Non, l'avenir n'est pas héréditaire, par Hervé Ponchelet

– Imago Mundi, par Francesco Bertola

– Les anatomies de la pensée, par Alain Prochiantz

– Chimie organique avancée, par F.A. Carey et R.J. Sundberg

Du gène au traitement

28

par William Haseltine

En identifiant les gènes humains responsables de maladies, les généticiens fabriquent des protéines qui ont des propriétés thérapeutiques potentielles.

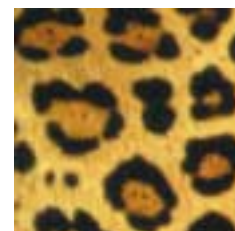


La chimie des formes

34

par Patrick de Kepper
et Étienne Dulos

Des réactions chimiques engendrent des figures évoquant les rayures du zèbre et les taches du léopard. Ces similarités sont-elles fortuites?



HIPPARCOS, satellite chasseur d'étoiles

70

par François Mignard
et Christian Martin

La position, le mouvement et l'éclat de 118 000 étoiles ont été mesurés avec une grande précision. Ces informations améliorent la mesure de l'Univers.



DOSSIER INTERNET

L'Internet : du chaos à l'ordre?

L'Internet est victime de son propre succès : les réseaux sont saturés et l'information qui y circule est fantasque, éphémère et elle n'est pas classée. Comment y remédier?

La recherche d'informations

44

par Clifford Lynch

Les bibliothèques numériques

49

par Michael Lesk

Le filtrage d'informations

52

par Paul Resnick



Le fléau des maladies mentales 80

par Arthur Kleinman
et Alex Cohen

Les troubles psychiatriques abondent dans les pays en développement, mais les soins sont insuffisants.



Kamerlingh Onnes découvre la supraconduction 84

par Rudolf de Bruyn Ouboter

La course au zéro absolu a conduit, en 1911, à une découverte inattendue : la résistance des métaux s'annule à basse température.



Des plantes à sang chaud 90

par Roger Seymour

Certaines fleurs dégagent une grande quantité de chaleur lorsqu'elles fleurissent. Quelques-unes d'entre elles règlent même leur température dans d'étroites limites, comme des animaux à sang chaud.



DOSSIER INTERNET

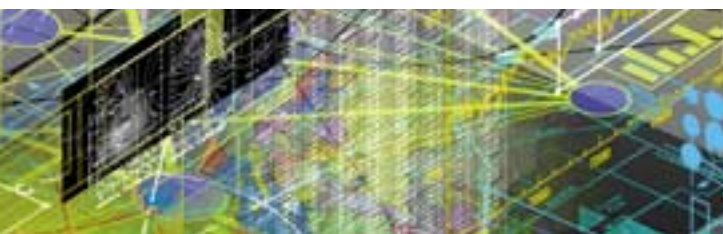
Le multilinguisme 55
par Bruno Oudet

Les interfaces de recherche 57
par Marti Hearst

Les systèmes sécurisés 62
par Mark Stefik

Transferts rapides 66
par Jacques Dupraz

Les archives d'un réseau actif 68
par Brewster Kahle



La genèse des ressemblances

Certains gènes sont spécialisés dans la construction des formes : ils orchestrent la différenciation des cellules, leur spécialisation et leur mort après qu'elles ont rempli leurs tâches.

L'extraordinaire est que nous partageons de nombreux gènes de morphogenèse avec les mouches et les vers de terre, et que nos organes soient hérités d'un si lointain passé. Les naturalistes le savaient par les analogies de forme, les biologistes ont identifié les gènes responsables de similitudes même lointaines.

L'extraordinaire est aussi que nous ressemblions autant à nos ascendants les plus proches : notre nez sera bourbonien si nous appartenons à une famille royale. Ce qui pose la question annexe de la mesure de la ressemblance (*La ressemblance mathématisée*, par Jean-Paul Delahaye, page 100).

Dans quelle mesure les gènes sont-ils directement responsables des formes? Ceux qui président à la formation de la peau du léopard ne déterminent pas précisément la forme des taches qui apparaîtront sur le pelage, ils créent les conditions physico-chimiques qui feront que ces taches se forment. Les chimistes ont examiné, en laboratoire, comment des réactions chimiques reproduisent les raies, les taches et les zébrures animales (*La chimie des formes*, par Patrick de Kepper et Étienne Dulos, page 34).

À mesure que les biologistes étudient le développement, ils éliminent le faux problème de l'inné et de l'acquis, périodiquement résurgent parce qu'utilisé par des politiques sans scrupules. L'évolution a augmenté la complexité des organismes et, dès lors, l'acquis génétique est plus une potentialité qu'une limitation ou qu'une qualité exprimée. Henri Korn (*Les inattendus de la neurophysiologie*, page 10) rappelle, entre autres, les expériences d'apprentissage chez les singes : lorsque certains organes sont actifs ou activés, la taille des zones du cerveau correspondantes augmentent. La biologie porte un éclairage humaniste sur la condition... animale.

Philippe BOULANGER

L'arme de Damoclès

Les gardes-chasse africains scient à la tronçonneuse les cornes des rhinocéros. Ces pratiques témoignent-elles de la cruauté humaine? Non. En un sens, c'est pire. On prive le rhinocéros de ses cornes... pour son bien! Les cornes ont une réputation d'aphrodisiaque; les braconniers, afin de se les procurer, n'hésitent pas à tuer l'animal. Dans d'autres parcs africains, ce sont les éléphants qu'on estropie: on leur coupe les défenses pour leur éviter la convoitise des trafiquants d'ivoire.

Mutiler pour sauver... Amer bilan des comportements humains! N'est-il pas révélateur que ce qui fait courir un danger mortel aux éléphants et aux rhinocéros, ce sont précisément les armes redoutables dont la nature les a dotés?

Le gène logiquement gênant

L'avenir n'est pas héréditaire. Cette formule fait le titre d'un livre d'Hervé Ponchelet (Belin, 1997). Il se pourrait que l'avenir ne soit pas rose non plus. Nous allons tous finir par nous savoir porteurs de tel ou tel gène menant à telle ou telle maladie grave. La médecine prédictive «précipitera inéluctablement vers les hôpitaux psychiatriques une foule de bien-portants obsédés par le spectre de la maladie physique prédite. Une devise pour ce meilleur des mondes prédictifs: tous hypocondriaques».

Mieux vaut imiter le héros de Beaumarchais: «Je me presse de rire de tout, de peur d'être obligé d'en pleurer.» Il n'est pas de jour où l'on n'annonce la mise en évidence de gènes nouveaux. Gageons donc que la découverte du gène de l'hypocondrie est pour bientôt. Voilà de quoi rire. Si un individu est hypocondriaque, en effet, c'est qu'il est porteur du gène de l'hypocondrie. Et s'il est porteur du gène de l'hypocondrie, c'est que sa maladie est réelle: il n'est donc pas hypocondriaque!

Ainsi, la génétique rajeunit une ancienne difficulté logique. Bonne nouvelle!

Inefficace publicité?

Quel est l'impact exact de la publicité sur les chiffres de vente? Question difficile, souvent posée, jamais résolue, tant sont nombreux et entremêlés les facteurs à analyser. Heureusement, une expérience en vraie grandeur vient d'être réalisée, qui permet d'obtenir une réponse indiscutable.

Dans *Le Monde* du 25 février 1997, un placard publicitaire vantant le dernier en date des livres de M. Alain Peyrefitte sur la Chine annonce que 95 000 exemplaires ont déjà été vendus. Ce chiffre exaltant est-il censé posséder quelque vertu propre à déclencher l'achat? Toujours est-il que le même journal récidive le 7 mars: le même placard, en faveur du même ouvrage, annonce encore une vente de 95 000 exemplaires. Quant à nous, lec-

teurs critiques, livrons-nous à un calcul simple. Pendant les dix jours écoulés entre la parution des deux pubs, M. Peyrefitte a donc vendu 95 000 – 95 000 exemplaires de son ouvrage. Par soustraction, nous trouvons une vente totale de 0 ouvrage, soit – sauf erreur de calcul – une vente moyenne de 0 ouvrage par jour.

Le π phénomène

Devinette. Nous étions trois du temps d'Archimède, nous étions vingt à la fin du seizième siècle, six cents au début de ce siècle. Nous sommes aujourd'hui plus de six milliards, et nul ne se hasarderait à prévoir combien nous serons au siècle prochain. Qui sommes-nous?

Réponse. Les décimales connues du nombre π .

L'étude de π confirme une vieille malédiction: plus on est savant, plus le mystère s'épaissit. Pour Archimède, π (qu'on n'appelait pas ainsi) désignait le rapport de la circonférence d'un cercle à son diamètre. Voilà qui était relativement simple. À partir de Newton, π s'est révélé essentiel non plus seulement en géométrie, mais aussi pour calculer des sommes n'ayant rien à voir avec les cercles. Son cas devenait beaucoup moins simple. Aujourd'hui, les informaticiens ont amélioré les algorithmes. Bilan: alors que π est le nombre le plus déterminé qui soit, ses décimales donnent l'impression d'être tirées au sort, chaque chiffre, apparemment, ayant *a priori* une chance sur dix de figurer à une place donnée. Le mystère est devenu total.

Ainsi la nature de π évolue avec nos conceptions. À supposer que le «vrai π » existe quelque part dans le ciel platonicien, rien ne prouve que nous soyons en train de le cerner de plus en plus près. Peut-être ne faisons-nous qu'errer d'une conception à une autre. Craignons donc les nouveaux progrès qui nous attendent dans la connaissance de π !

Chercher six milliards de décimales sert surtout de stimulant pour améliorer les algorithmes. Quant à π lui-même, «connaître 40 décimales serait largement suffisant pour calculer la circonférence de la Voie lactée avec une erreur inférieure à la taille d'un proton». Cette formule est due à des informaticiens. Preuve que, quoi qu'en pensent les esprits chagrins, on peut avoir le goût des chiffres et savoir exprimer sa pensée de façon saisissante.

Précision inutile

Les meilleures choses peuvent commencer mal. Ainsi en est-il de *La bosse des maths*, de Stanislas Dehaene (Odile Jacob, 1997). Ce livre bien écrit, qui allie agréablement les remarques astucieuses aux réflexions plus théoriques issues d'observations expérimentales, explique en quoi notre cerveau est peu adapté au calcul mental. N'ayez aucune honte si calculer de tête vous donne du mal: c'est effectivement un exercice difficile.

Mais quelle idée, d'écrire les lignes suivantes en avant-propos! «En entamant l'écriture de ce livre, je me suis posé le petit problème suivant: si ce livre doit faire environ deux cent cinquante pages et comprendre neuf chapitres, combien chaque chapitre comptera-t-il de pages? Il m'a fallu cinq bonnes secondes de réflexion pour parvenir à la conclusion qu'il y aurait un peu moins d'une trentaine de pages par chapitre. Cinq secondes... une éternité par rapport à ma calculatrice électronique qui, non contente de me répondre immédiatement, m'a fourni un résultat exact jusqu'à dix décimales: 27,777777778! Pourquoi sommes-nous tellement inférieurs aux ordinateurs sur le plan du calcul mental? Et comment parvenons-nous à une excellente approximation sans faire le calcul exact, ce dont une calculatrice demeure incapable?»

Désolé: nous sommes supérieurs. Il faut être bête comme une calculatrice pour mesurer un nombre de pages à 10^{-10} près. Il vaut mieux attendre cinq secondes, et obtenir un résultat approximatif – le seul intelligent, c'est-à-dire adapté au problème.

France Culture et Pour la Science

**vous invitent
au Palais
de la découverte
à l'enregistrement
des**

Inattendus de la Science

**Samedi 10 mai 97
à 15 h**

*Les inattendus
en climatologie*

avec Jean-Claude Duplessy,
directeur du Centre des
faibles radio-activités

**Invitations à demander au
08 36 68 10 99** (2,23F/mn)



Palais de la découverte

**POUR LA
SCIENCE**

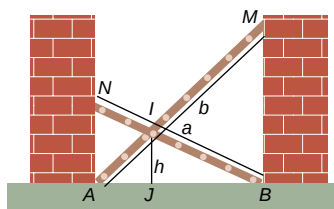
JEU-CONCOURS

PIERRE TOUGNE

N°35

LE PROBLÈME DES ÉCHELLES

Deux échelles de longueur $AM = a$ et $BN = b$ ($a \neq b$) s'appuient sur deux murs parallèles qui se coupent à une hauteur $IJ = h$ (voir la figure). Trouvez la distance AB des deux murs? Ce problème dont je ne connais pas l'origine était très en vogue au début du siècle, car à ma connaissance sa solution ne peut éviter la résolution numérique d'une équation du quatrième degré, ce qui manuellement est pénible! De nos jours, toute calculatrice programmable peut résoudre cette



équation et le problème a perdu de son intérêt.

Ce mois-ci, je vous propose de construire un problème de ce type de telle sorte qu'il puisse se résoudre «manuellement». Tout d'abord, a et b étant donnés pour quelles valeurs de h le problème est-il possible? Pour $a = 119$ et $b = 70$, quelle valeur entière de h doit-on choisir pour que les longueurs AB , AN et BM soient aussi entières, et quelles sont ces valeurs?

Envoyez vos réponses aux questions à Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de mai 1997 dix gagnants tirés au sort recevront le livre *La vie dans les Abysses*.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N°33

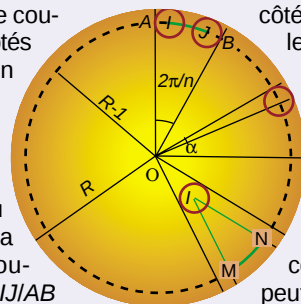
La galette de rayon R étant découpée en n parts égales, chaque part est un secteur d'angle $2\pi/n$ en radian. Considérons la part contenant la fève de rayon 1 dont le centre est situé sur l'arc de cercle de rayon $R - 1$. Elle ne sera pas coupée par le couteau (représenté par les côtés du secteur) que si son centre est situé sur l'arc IJ où I et J sont les centres des cercles de rayon 1 tangents au cercle de rayon R et aux côtés du secteur (voir la figure). La probabilité de ne pas couper la fève est donc $p = IJ/AB = (2\pi n - 2\alpha)/(2\pi n) = 1 - n\alpha/\pi$. Or, dans le triangle rectangle OJB , $\sin \alpha = 1/(R - 1)$, d'où $p = 1 - (n/\pi) \arcsin(1/(R - 1))$. Pour $R = 20$ et $n = 10$, on a $p = 0,8324$, soit à peu près cinq chances sur six. D'autre part, si l'on veut que cette probabilité soit égale à 0,9, on doit avoir $\arcsin(1/(R - 1)) = \pi/100$, soit $R = 1 + 1/\sin(\pi/100) = 32,84$ centimètres. Le calcul de la probabilité moyenne dans

le cas d'une fève placée au hasard dans la galette peut se faire analytiquement, mais je préfère l'approche géométrique suivante. Soit la portion d'angle $2\pi/n$ contenant la fève et I le centre du cercle de rayon 1 tangent aux deux

côtés de la part. Par I , on trace les deux demi-droites parallèles aux côtés du secteur qui coupent le cercle de rayon $R - 1$ en M et N (voir la figure 2). Le triangle curviligne IMN est le lieu des centres de fèves qui ne seront pas coupés par le couteau. D'autre part, la fève peut avoir son centre dans le triangle curviligne OAB . La probabilité moyenne est donc $p_m = \text{aire}(IMN)/\text{aire}(OAB)$. Un calcul géométrique simple donne :

$$p_m = 1 - (n/\pi)(\arcsin(1/(R - 1)) - \sin(\pi/n) - \arcsin(1/(R - 1))/\sin(\pi/n)/(R - 1))$$

Pour $R = 20$ et $n = 10$, on trouve $p_m = 0,69223$ qui est bien sûr inférieure à celle que l'obtient en plaçant sur la périphérie, mais de relativement peu.



Les deux marchés : Walras et Keynes

CHRISTIAN WALTER

Les progrès de l'informatique et la volonté de gestion à court terme des titres incitent investisseurs et gestionnaires au mimétisme.

Dans la conception des marchés de l'économiste Léon Walras, les individus tendent à optimiser indépendamment un objectif de satisfaction spécifique, sans se préoccuper de l'attitude du voisin. L'individu observe la nature (extérieure au marché) pour acheter ou vendre. La nature est l'entreprise, l'économie réelle. Dans un tel système, pas de place pour l'imitation : l'investisseur walrasien est un solitaire au comportement «rationnel». Un personnage mythique, le héraut (ou commissaire-priseur) assure l'équilibre entre les offres et les demandes de titres.

Ainsi, dans cette optique, les investisseurs privés achetaient autrefois des actions ou des obligations pour les conserver : c'était le placement de «père de famille». Ces investisseurs s'intéressaient au rendement à long terme de leurs titres : les coupons obligataires ou les dividendes des actions. Les variations des cours boursiers, selon cette perspective, ne résultent que des variations des dividendes futurs escomptés, issus des aléas naturels, qui affectent la vie réelle des entreprises ou de l'économie. Les détenteurs de titres ne réagissent qu'en fonction des

aléas qui modifient la valeur des entreprises... Tout va donc bien sous le meilleur des mondes financiers possibles.

Voire... Les intervenants sont-ils véritablement indépendants? Ne cèdent-ils pas à la pression psychologique du marché, selon laquelle des comportements de foule viennent perturber la «juste» évaluation des titres? Peuvent-ils rester longtemps acheteurs quand l'ensemble du marché baisse? L'histoire boursière montre combien il est difficile d'avoir raison, seul contre le marché.

La gestion moderne de l'épargne incite les gestionnaires de titres à des réactions mimétiques fondées sur les fluctuations du marché. Les possibilités de traitement informatique permettent aujourd'hui l'évaluation quotidienne des titres. Des centaines de milliers de porteurs de parts se préoccupent-ils au jour le jour de leur investissement : aussi les investisseurs s'intéressent moins au rendement à long terme des titres qu'à la performance à court terme du capital.

Les détenteurs d'épargne sont très sensibles aux performances périodiques des Sicav, n'hésitant pas à vendre une Sicav qu'ils estiment insuffisamment per-

formante pour en acheter une autre, à la performance meilleure. Ce faisant, des quantités considérables d'épargne se déplacent rapidement en fonction des résultats des classements périodiques. Ces facteurs obligent les gérants de portefeuille à rechercher sans cesse la meilleure performance pour essayer de stabiliser leurs actifs gérés. D'où un abandon partiel d'une gestion à long terme des actions : la recherche de la performance relative, ou comparative, a acquis plus d'importance que la recherche de la rentabilité à long terme.

Imaginons un gérant de portefeuille qui anticipe une hausse du marché des actions. S'il est certain de son système de prévision, il va acheter des titres sans se soucier de ce que font les autres gérants. Mais il ne peut être absolument certain de ses prévisions : il subsiste toujours une incertitude. Si le marché baisse, que va faire le gérant?

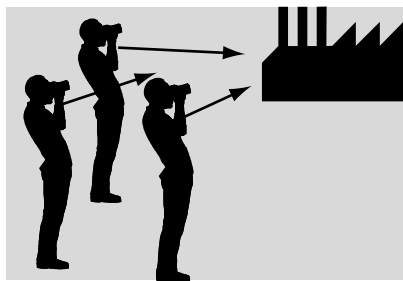
RECHERCHE DE CONFIANCE ET MIMÉTISME

Sous l'influence des classements des performances des fonds gérés, le gestionnaire aura tendance à imiter les comportements d'autres gérants et perdra confiance dans son propre système de prévision. Plus le marché persiste dans un mouvement contraire à l'anticipation du gérant, plus l'anticipation de celui-ci sera sujette à interrogation, et plus il aura tendance à adopter une attitude mimétique par rapport à ses confrères. Mieux vaut se tromper avec tous que d'avoir raison seul contre tous, mais trop tard : après la date du fatidique classement des performances des Sicav. La psychologie du marché acquiert alors autant d'importance que la prévision des dividendes futurs.

L'investisseur professionnel a l'obligation impérieuse d'anticiper les changements prochains dans l'ambiance et l'information ; il recherche la maximisation de la performance comparative. D'où un comportement spéculatif : la spéculation keynésienne consiste à «prévoir la psychologie du marché» dans le but de réaliser une plus-value à court terme, et non d'obtenir un rendement à long terme. L'attitude spéculative revient donc à observer, non la nature réelle du monde extérieur au marché (attitude de l'investisseur), mais le marché lui-même. Les gérants recherchent les paramètres qui agissent sur le comportement de leurs confrères... Cette attitude entraîne l'émergence de bulles spéculatives.

Finalement, avant d'acheter une action, faut-il estimer son dividende futur, ou deviner ce que son voisin pense de ce même dividende?

Le marché d'investisseurs walrasiens



La seule information pertinente pour l'achat ou la vente de titres est exogène : elle concerne la «nature», l'économie réelle.

Le marché de spéculateurs keynésiens



L'information pertinente est endogène : elle porte sur le comportement des autres opérateurs et non plus sur la «nature».