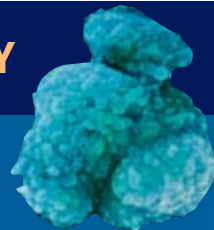


LES CALOTTES POLAIRES • LES HALLUCINATIONS • LE CHROMOSOME Y



POUR LA

Pour la Science

SCIENCE

Avril 2001

édition française de

www.pourlascience.com

SCIENTIFIC
AMERICAN



L'EAU :

les risques de pénurie

Canada : \$ 8,95 / Belgique : 285FB / Suisse : 11,20FS

M 2687 - 282 - 39,00 F



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

4

SCIENCE ET ÉCONOMIE

De bons ennemis...

par Ivar Ekeland

5

TRIBUNE DES LECTEURS

6

SCIENCE ET GASTRONOMIE



Fromages surdoués

par Hervé This

7



POINT DE VUE

Une nouvelle exception française?

par Pascal Richet

8



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

Réaumur, pionnier de l'entomologie

par Jacques d'Aguilar

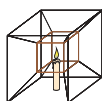
10



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

■ Invasion de jussies ■ De l'uranium dans les étoiles ■ Que mangent les vaches? ■ L'extension au cœur des Alpes ■ Gaz de grains ■ Les marchés ruraux ■ Les mimiques des chanteurs d'opéra ■ Quand les fanatiques deviennent iconoclastes

14



ART ET SCIENCE

Le patron du Maître

par Avida Dollars

92



LOGIQUE ET CALCUL

Jonglerie et théorie des automates

par Jean-Claude Novelli

100



VISIONS MATHÉMATIQUES

Un jeu d'enfant pas enfantin

par Ian Stewart

106



IDÉES DE PHYSIQUE

Vision de la chaleur

par Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty

108

ANALYSES DE LIVRES

110

■ *Le sentier de la guerre. Visages de la violence préhistorique*, de Jean Guilaine et Jean Zammit ■ *La flore et la faune*, sous la direction d'Isabelle Bourdial ■ *Histoire de l'évolutionnisme contemporain en France 1945-1995*, de Cédric Grimoult ■ *Mammoth*, photographies de Francis Latreille et texte de Bernard Buigues ■ *Moi, U235, atome radioactif*, B. Bonin, E. Klein et J.-M. Cavedon



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

www.pourlascience.com

Dossier

L'or bleu

27

La valeur d'une goutte d'eau

28

Peter Gleick

Nous en buvons ; elle produit de l'électricité ; elle est indispensable à nos cultures... Pourtant, nous gérons mal nos réserves en eau douce. Aurons-nous assez d'eau pour couvrir les besoins de tous?

Produire plus avec moins d'eau

34

Sandra Postel

Pour que la population mondiale en constante expansion puisse se nourrir, l'agriculture devra épargner l'eau et l'irrigation être disponible partout.

Le dessalement de l'eau de mer

38

Diane Martindale et Bernard Tabourier

L'extraction d'eau douce des océans salés connaît un regain d'intérêt depuis la mise au point de nouvelles techniques.

Transport d'eau

39

Peter Gleick

Pour subvenir aux besoins d'urgence, on transporte parfois de l'eau dans d'énormes sacs tirés par des bateaux.

Informatique et économie d'eau

40

Pascal Busch

Un modèle mathématique améliore la qualité de l'eau produite par les usines de traitement et réduit les coûts.

Les boues d'épuration

41

Jean-Marc Mérellot

Les boues d'épuration sont de plus en plus polluées : leur utilisation en agriculture nécessite une réglementation très stricte.

En couverture : The Stock Market, Lester Lefkowitz/montage PLS

L'eau dans le Système solaire

42

par Thérèse Encrenaz

L'eau est omniprésente dans le système solaire, rare ou abondante, liquide ou solide. D'innombrables corps célestes en contiennent. Les récentes découvertes ravivent la question de la vie dans l'Univers.

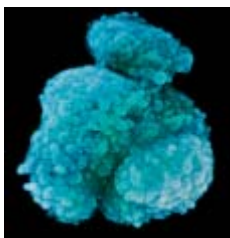


L'étonnant chromosome Y

52

par Karin Jegalian et Bruce Lahn

Nos chromosomes X et Y forment un couple étrange : X ressemble à n'importe quel chromosome, tandis que Y – à l'origine de la virilité – est vraiment singulier. Pourquoi différent-ils à ce point ?



Les calottes polaires

60

par Frédérique Rémy
et Catherine Ritz

Les calottes polaires ne sont pas les immenses blocs de glace stagnants que l'on imaginait. Elles sont traversées de glaciers qui s'écoulent rapidement à côté de zones stables.

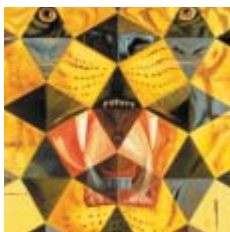


Les hallucinations

68

par Erich Kasten

Des hallucinations surviennent lors de diverses pathologies, voire en l'absence de maladie. Certaines zones cérébrales, qui ne reçoivent plus assez d'informations de l'extérieur, seraient hyperactivées.



Une morphologie adaptée au grand âge

76

par Jay Olshansky,
Bruce Carnes et Robert Butler

Nous serions très différents si l'évolution avait «élaboré» le corps humain pour qu'il fonctionne correctement 100 ans, ou même davantage.



100 ans de mystères quantiques

82

par Max Tegmark
et John Archibald Wheeler

Alors que la mécanique quantique fête son centième anniversaire, les succès spectaculaires de la théorie quantique le disputent aux énigmes persistantes.



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

Dans les années 1950, il n'y avait qu'un poste d'eau, situé dans la cuisine des maisons campagnardes. Les gamins, écarlates et assoiffés par leur course dans les champs, trayaient le brise-jet d'un robinet d'eau qu'ils avaient du mal à ouvrir, quand ils ne devaient pas, telle Cosette, aller chercher l'eau trop loin pour leurs petits bras. C'était l'époque des légendes filmées, *Manon des Sources* et *La fille du puisatier*, les peintures romancées d'une civilisation encore agricole où la vie était dure parce que l'eau était rare, et où la vigilance quant à sa pureté était un constant souci. En Europe, la mise à disposition, très récente, d'une eau abondante et pure a autant changé notre vie et nos règles d'hygiène que la distribution de l'électricité.

Cette ressource est-elle aujourd'hui insuffisante ? Le problème serait gravissime : des civilisations agricoles – tels les Sumériens – ont péri à cause de l'empoisonnement des sols par les sels et autres poisons déposés par l'eau lors de son évaporation... Et un grand nombre de conflits dans le monde ont pour objet l'approvisionnement disputé en eau.

L'eau est rare depuis trop longtemps dans les pays pauvres : les statistiques indiquent que la moitié de la population mondiale manque d'eau et la démographie risque d'aggraver la pénurie. Dans les pays industrialisés, la menace peut, doit, sera palliée par les techniques de traitement de l'eau : mais il faudra dépenser plus pour s'approvisionner (voir le dossier *L'or bleu*, pages 27 à 41).

Les techniques de dessalement de l'eau de mer sont opérationnelles. Ces procédés seront incontournables : 97 pour cent de l'eau sur Terre est trop salée pour la consommation et l'irrigation. Dessaler l'Océan, ce n'est pas la mer à boire, c'est seulement coûteux.

Parallèlement et paradoxalement, nos critères de pureté sont toujours plus exigeants – jusqu'à l'excès –, à mesure que les moyens d'analyse chimique progressent. Ce luxe de précautions assure de grandes quantités d'eau «plus que pure» à quelques-uns, pendant que d'autres n'ont pas la quantité minimale nécessaire à leur survie. Pourquoi nous étonner que la désillusion vis-à-vis des pratiques occidentales entraîne le fanatisme des Taliban ?

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

Un calembour bon?

La lettre C de l'*Encyclopédie* était bouclée lorsque Diderot s'avisa qu'il manquait un article sur le calembour. Comment faire ? Très simple. À la lettre K, l'*Encyclopédie* propose un article «calembour» ! Au diable les puristes.

L'auteur de l'article est le marquis de Bièvre (1747-1789), à qui l'on doit par ailleurs l'histoire de l'Abbé Quille, de la Comtesse Tation et du Père Pendiculaire. Il y résout magnifiquement un problème qui, aujourd'hui encore, passe pourtant pour insoluble : qu'est-ce qu'un bon calembour ? Voici sa réponse. «Il y a une remarque assez singulière à faire sur ceux qui écoutent un calembour, c'est que le premier qui le devine le trouve toujours excellent, et les autres plus ou moins mauvais, à raison du temps qu'ils ont mis à le deviner, ou du nombre de personnes qui l'ont entendu avant eux.»

On dirait que cette analyse socio-psychologique nous fait une belle jambe, si ce n'était là un jeu de mots laid.



Le programme de Klein

Célébre pour sa bouteille, pour son groupe et pour son programme, le mathématicien Félix Klein (1849-1925) a laissé un souvenir vivace à l'université de Göttingen, où il a fini sa carrière. La légende locale rapporte qu'il habitait sur une colline. Pour descendre à l'université, il prenait son vélo. Parfait, fort agréable. Mais, pour rentrer chez lui, ça grim-pait, figurez-vous. Et quand ça grimpe, à vélo, ça grimpe ! Eh bien, Klein faisait remonter son vélo par un agent de service. L'histoire ne dit pas si l'agent devait également porter Klein ou s'il se remonta tout seul.

L'étonnant n'est pas de pousser le mandarinat à ce point. On en a vu d'autres, on en

verra d'autres. L'étonnant est que Klein connaissait bien la topologie, cette science des déformations continues de l'espace ; science de l'univers en caoutchouc, comme on l'appelle. Pourquoi n'a-t-il pas inventé un procédé de déformation du terrain sur lequel Göttingen est bâtie, procédé permettant à sa maison d'être située, le matin, plus haut que l'université et, le soir, plus bas ? À l'aller comme au retour, il aurait connu un bonheur jusque-là interdit aux cyclistes, celui de la descente perpétuelle. Dom-mage. Pour une fois que les mathématiciens avaient une belle occasion de s'appliquer !

C'est trop beau pour être vrai

Face à une question trop difficile, l'habileté consiste à agir comme si elle ne se posait pas. Ainsi, s'interroger sur la beauté en art est terriblement complexe. Décrétons donc que la question est ringarde et demandons-nous plutôt, nous qui sommes modernes, si telle ou telle œuvre est intéressante. Voici tout à la fois évacuée l'épineuse question de la beauté, et permise l'accession au rang d'œuvres d'art à des blagues plus ou moins fines, comme l'urinoir de Duchamp.

Comme l'art face à la beauté, la science se défile-t-elle face à la vérité ? Que la question de la vérité apparaisse chaque jour plus complexe n'est pas une raison pour ne pas l'affronter. Exceptionnels pourtant sont les chercheurs qui le font. La plupart se contentent d'estimer que la vérité vient automatiquement, dès lors qu'ils respectent les règles de la rigueur.

Alors, que dire du problème des rapports entre art et science ? Si, au lieu de chercher la beauté, l'artiste se satisfait de cette forme édulcorée de la vérité qu'est l'«intéressant» ; et si, au lieu de chercher la vérité, le scientifique se satisfait de cette forme édulcorée de la beauté qu'est le «ce que je fais me plaît», le flou se généralise. Rappelons l'artiste à sa fonction essentielle – la beauté – et le scientifique à la sienne – la vérité.

La science, opium du peuple?

On n'a jamais vu des dominants donner volontairement aux dominés les moyens de se défaire de leur sujétion. Or, de nos jours, les médias, y compris les gros groupes de presse, s'accordent sur un point : il faudrait partager le savoir avec toutes les couches de la société. Que conclure de cette unanimité suspecte ? Ceci, peut-être : le savoir n'a plus le caractère

subversif qu'il avait lorsque Victor Hugo, contre les nantis de son époque, prônait l'instruction pour tous. Désormais, l'instruction est acquise et admise, si bien que partager le savoir s'est mis à jouer un rôle conservateur. Ce n'est plus en gardant tout pour eux que les dirigeants pérennisent leur domination, mais en incitant à la divulgation de larges pans du savoir. Pendant que les gens apprennent, ils ne prépa- rent pas la révolution...



Réunion au sommet

Héroïque, l'alpiniste, dans un effort ultime, parvient à vaincre un sommet inviolé – et y découvre la boîte de conserves abandonnée par un prédécesseur... Blague classique ? Méaventure réelle, également.

Le Balaïtous, sommet pyrénéen respectable (3 146 mètres), a dû attendre 1864 (près d'un siècle après le mont Blanc) avant d'être escaladé par un alpiniste. Nous disons bien : par un alpiniste. Car des géographes, venus faire des relevés géodésiques, l'avaient vaincu dès 1825. Seulement, ils n'avaient cru devoir ni le clamer sur tous les toits ni publier leur itinéraire afin d'instruire l'humanité reconnaissante. Ils s'étaient contentés de faire leur travail. Du coup, dans la mémoire des populations locales, leur exploit était devenu aussi légendaire et incertain que le coup d'épée par lequel Roland a créé la brèche qui porte son nom.

En montagne comme partout, gare aux amateurs qui cassent la baraque aux professionnels. Non contents de leur damer le pion, ils ne voient même pas là de quoi faire une histoire...





De bons ennemis...

IVAR EKELAND

... vous incitent à coopérer alors même que vos intérêts divergent. Mais il est alors avantageux que l'information échangée ne soit pas trop précise.

Quelle valeur attacher à une information ? Cela dépend bien entendu de sa source : vous vous méfiez d'un adversaire, vous croyez un allié. Tout l'art consiste à doser la confiance que vous accordez à l'information en fonction de ce que vous savez des objectifs de l'informateur.

On peut développer cette idée dans nombre de directions. L'espionnage, par exemple : si vous voulez faire passer une information à votre ennemi de manière qu'il la croie, il faut le tromper sur sa provenance. Et voilà, vous avez inventé l'agent double et l'intoxication. Mais je ne suis pas John Le Carré, et je vais partir dans une autre direction : quelle confiance accorder à des gens qui ne sont pas vraiment des ennemis, mais pas tout à fait des alliés ?

Comme d'habitude en mathématiques, pour y voir clair, il faut simplifier. Ici, la simplification consiste à remplacer des situations humaines complexes par un jeu. Voici la règle. Mère Nature tire un nombre entre 0 et 100 qui m'est inconnu, et je dois proposer un nombre. Je devrai payer la différence entre ce que j'ai proposé et ce qui a été tiré. Si elle tire 33 et que je dis 56, je perds $56 - 33 = 23$. C'est un jeu tristounet, puisque la meilleure perspective qui me soit offerte est de tomber juste, et donc de ne rien payer (mais de ne rien gagner), mais la vie n'est pas toujours drôle. Mon meilleur choix est de me tenir à égale distance des extrêmes, et jouer 50.

Mais voilà qu'on me donne un partenaire – appelons-le Romuald. Le jeu se joue maintenant à deux. Mère Nature tire un nombre entre 0 et 100, et le montre à Romuald (mais pas à moi). Il a le droit de venir me parler. Libre à lui, durant cette communication, de me dire la vérité, ou de me raconter n'importe quoi : je n'ai aucun moyen de vérifier.

Ensuite je choisis un nombre, et comme auparavant je paierai la différence. Romuald aura un gain ou une perte – et c'est la manière dont sont déterminés ce gain ou cette perte qui fera de Romuald un adversaire ou un allié. Il n'est pas question d'agent double ici ! Je sais exactement qui est Romuald et ce qu'il touche. Imaginons d'abord que Romuald encaisse

exactement ce que je perds : tout ce qui quitte ma poche va dans la sienne. Nos intérêts sont donc opposés, il le sait et je le sais, et je ne peux donc prêter aucune foi à ce qu'il me dit. Je n'en tiendrai donc pas compte et jouerai 50, comme s'il n'était pas là. Il s'en rend compte, il se dispense de venir me parler.

Imaginons ensuite que Romuald perde exactement ce que je perds : si je paie 23, on lui réclame aussi 23. Nos intérêts concordent : Romuald est mieux qu'un allié, c'est un autre moi-même, et je lui ferai entièrement confiance. S'il me dit que c'est 27, je joue 27, et s'il a dit la vérité, lui et moi paierons zéro, ce qui est le mieux que nous puissions faire. Bref, nous passons un contrat implicite : Romuald dit la vérité, et je le crois. Il n'y a pas de juge pour le faire respecter, mais notre propre intérêt en est le garant : si je crois Romuald, il a intérêt à dire la vérité, et si Romuald dit la vérité, j'ai intérêt à le croire.

La situation devient intéressante dans la zone intermédiaire, quand Romuald a intérêt à ce que je me trompe un peu, mais pas trop ! Imaginons par exemple que l'on retire 10 à ce que j'ai proposé et que Romuald paie la différence entre ce nombre et le choix – qu'il connaît – de Mère Nature. Si le bon nombre est 33 et que je dise 56, je paie 26, mais Romuald paie $46 - 33 = 13$; il a donc intérêt à ce que je sois moins loin. Son idéal est que je dise 43 : je paie $43 - 33 = 10$, mais lui paie $33 - 33 = 0$. Si je tombe juste, je paie 0, mais lui paie 10.

Cette petite différence est encore loin de faire de Romuald un ennemi, mais elle suffit apparemment à déstabiliser le problème. Le contrat implicite que nous avons passé (Romuald dit la vérité, et je le crois) n'est plus tenable : si je crois Romuald, il n'a pas intérêt à dire la vérité. Si la vérité est 33, et si Romuald pense que je vais le croire, il a intérêt à dire $33 + 10 = 43$. On peut songer à un autre contrat implicite : Romuald dit la vérité en rajoutant 10, et je retranche 10 à ce qu'il me dit. Mais ce contrat n'est pas tenable non plus : si Romuald pense que je vais retrancher 10 à ce qu'il me dit, il ajoutera 20 et m'annoncera $33 + 20 = 53$ pour que je dise $53 - 10 = 43$. En fait, aucun contrat

implicite n'est tenable : si Romuald s'approche de moi et me dit « c'est 56 », que dois-je en conclure ? Que le bon nombre est 56 ? Qu'il a anticipé que je le croirai, et que le bon nombre est donc 46 ? Qu'il a anticipé que je croirai qu'il a anticipé que je le croirai, et que le bon nombre est donc 36 ? Qu'il a anticipé que je croirai qu'il a anticipé que je le croirai, et que le bon nombre est donc 26 ? Ou 16, ou 6 ?

ET SI MON ENNEMI AVAIT INTÉRÊT À DIRE VRAI ?

Il existe cependant des contrats qui sont tenables. Le plus simple consiste à répartir les nombres de 0 à 100 en deux catégories : les «grands» (supérieurs à 30) et les «petits» (inférieurs à 30). Romuald m'annonce si le vrai nombre est grand ou petit ; en réponse, je jouerai le milieu de l'intervalle correspondant, soit 15 s'il me dit qu'il est petit et 65 s'il me dit qu'il est grand. (Là aussi, Romuald retranche 10.)

Ainsi, si la vérité est 33, Romuald m'annonce que le nombre est grand, et je jouerai 65 ; je perdrai $65 - 33 = 32$ et Romuald $55 - 33 = 22$. Vérifions qu'il n'a pas intérêt à mentir : s'il me dit que le nombre est petit, je jouerai 15 et il perdra $33 - 15 = 18$, ce qui est davantage. De mon côté, je n'ai pas non plus intérêt à tricher : si Romuald m'annonce que le nombre est grand, c'est-à-dire entre 30 et 100, je n'ai rien de mieux à faire que de taper dans le milieu. Je laisse au lecteur le plaisir de vérifier ce qui se passe si la vérité est 27.

On a donc résolu le problème en échangeant des informations moins précises ! Solution paradoxale en apparence, mais qui ressemble beaucoup à ce qui se passe dans la vie de tous les jours : c'est avec les alliés les plus sûrs que l'on échange les informations les plus précises. La théorie des jeux nous apprend ici que l'on peut avoir avantage à échanger des informations, même avec des gens dont les intérêts divergent des nôtres. Mais le mode de communication doit alors changer : une information partielle peut être calibrée de manière à être avantageuse pour les deux parties.