

L'ASTRARIUM • LE JEU DES ERREURS SÉDUISANTES • GROSSESSE ET HYPERTENSION

■ POUR LA

Pour la Science

SCIENCE

Mars 2001

édition française de

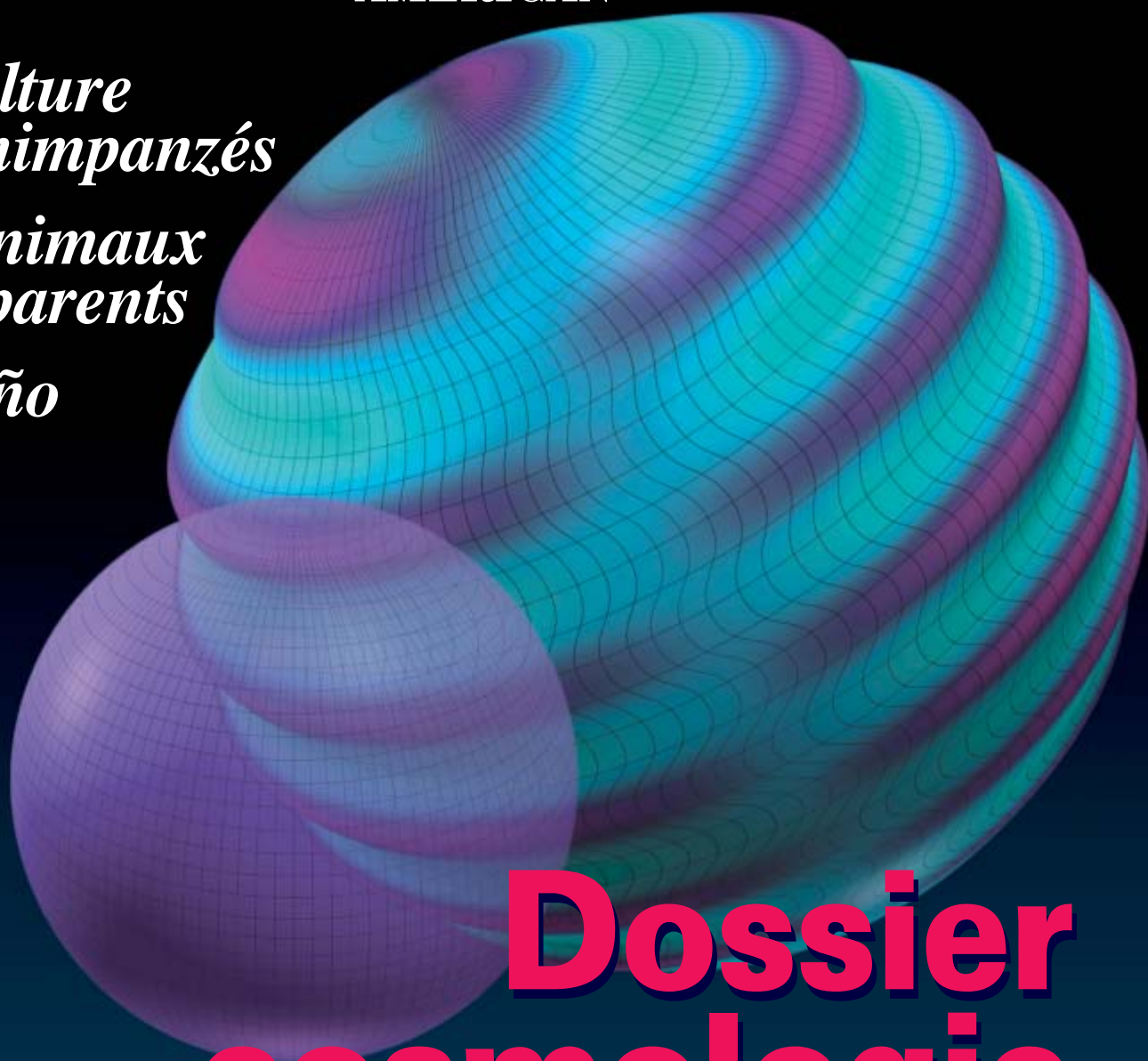
www.pourlascience.com

SCIENTIFIC
AMERICAN

*La culture
des chimpanzés*

*Les animaux
transparents*

El Niño



Dossier cosmologie

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

M 2687 - 281 - 39,00 F



BLOC-NOTES

de Didier Nordon

SCIENCE ET ÉCONOMIE

Diabolique équilibre

par Ivar Ekeland

TRIBUNE DES LECTEURS



SCIENCE ET GASTRONOMIE

Allergies alimentaires

par Hervé This

POINT DE VUE

Galápagos : une marée noire révélatrice

par Christophe Grenier

La recherche publique sur les OGM

par Daniel Nahon



PERSPECTIVES SCIENTIFIQUES

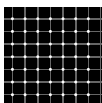
■ Les biologistes coupent les cheveux en quatre
■ Tourner autour du mot ■ Lente lumière ■ Des dents en éventail ■ Rivalité sexuelle ■ Le séisme de Bhuj ■ Nouveau thermomètre intergalactique ■ Des glaciers voués à la disparition
■ Échange d'énergie dans l'atome ■ Riche hérité islandaise



PRÉSENCE DE L'HISTOIRE

L'astrarium de Giovanni Dondi

par Emmanuel Poulle



ART ET SCIENCE

Variations sur une grille

par Jacques Ninio

LOGIQUE ET CALCUL

Le jeu des erreurs séduisantes

par Jean-Paul Delahaye

VISIONS MATHÉMATIQUES

Un démineur millionnaire

par Ian Stewart



IDÉES DE PHYSIQUE

Chaleur en perdition

par Roland Lehoucq et Jean-Michel Courty



ANALYSES DE LIVRES

■ *Copain des petites bêtes*, de Léon Rogez ■ *Le mètre du monde*, de Denis Guedj ■ *Guyane, Guyanes, une géographie «sauvage» de l'Orénoque à l'Amazone*, de Emmanuel Lézy
■ *Histoire des grands scientifiques français, d'Ambroise Paré à Pierre et Marie Curie*, de Éric Sartori et Pierre-Gilles de Gennes
■ *Photo-guide des champignons d'Europe*, de Régisse Courtecuisse.



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

Grossesse et hypertension

28

par Françoise Ferré et Bruno Carbonne



Les obstétriciens et les biologistes tentent d'élucider les raisons de la mortalité des femmes enceintes. Une forme d'hypertension, la prééclampsie, est au banc des accusés.



Mini-dossier :

La cosmologie en effervescence

35

Les échos du Big Bang

36

Robert Caldwell et Marc Kamionkowski

Les empreintes laissées par les ondes gravitationnelles dans le fond diffus cosmologique qui baigne l'Univers détiennent peut-être les clés de son origine.

Cartographe cosmique

42

Charles Bennett, Gary Hinshaw et Lyman Page

Le satellite MAP de la NASA mesurera les fluctuations de température du fond diffus cosmologique, afin de fournir aux cosmologistes une vision plus précise de l'Univers primordial.

Le cinquième élément cosmique

44

Jeremiah Ostriker et Paul Steinhardt

Un champ d'énergie invisible, la quintessence, domine depuis peu l'évolution de l'Univers, et en accélère l'expansion.

Le sens caché de la cosmologie moderne

54

James Peebles

Les nombreuses théories cosmologiques vous laissent perplexes? Tant mieux!

Les cosmologies de repli

56

João Magueijo

Au cas où les théories cosmologiques modernes échoueraient, il faut en rechercher d'autres.

Le recyclage des protéines

58

par Alfred Goldberg,
Stephen Elledge et Wave Harper

Diverses maladies apparaissent quand les protéasomes, des structures qui détruisent les protéines, fonctionnent trop ou, au contraire, pas assez.

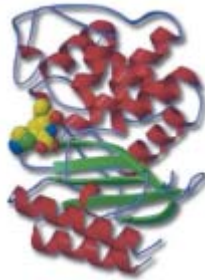


L'effet tunnel et les protéines

64

par Mark Johnson et Gordon Kearley

Une sonde à effet tunnel explore les interactions au sein des molécules biologiques. Elle devrait révéler les mécanismes de repliement des protéines, qui commandent l'activité de ces molécules.

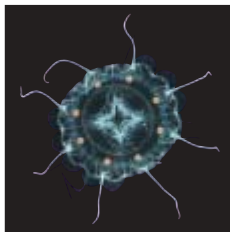


Les animaux transparents

70

par Sönke Johnsen

Grâce à d'ingénieuses adaptations physiologiques, de nombreux animaux marins sont devenus transparents.

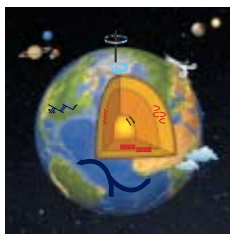


El Niño et la rotation de la Terre

78

par R. Abarca del Rio, D. Gambis,
D. Salstein et B. Dewitte

El Niño naît dans le Pacifique tropical, mais modifie la circulation atmosphérique à l'échelle planétaire, et même la vitesse de rotation de la Terre.



Les cultures des chimpanzés

86

par Andrew Whiten
et Christophe Boesch

Les chimpanzés ont des comportements qui ne peuvent être interprétés qu'en termes de «traditions» et qu'ils se transmettent de génération en génération.



L'histoire du début du monde

Au commencement, il y a 15 milliards d'années, fut le *Big Bang* et nous en avons une image par la lumière émise lorsque les protons et les électrons se sont combinés pour constituer les premiers atomes. Longtemps cette image de la naissance des atomes massifs fut d'une désespérante uniformité et l'on s'expliquait mal comment les galaxies et les étoiles avaient pu se former. Les hétérogénéités de la soupe primordiale n'ont été mesurées qu'il y a une dizaine d'années : elles ont créé, par attraction gravitationnelle, les grandes structures du cosmos (voir le Minidossier *Cosmologie*, pages 35 à 57).

D'où venaient ces hétérogénéités? Des ondes gravitationnelles qui sillonnaient la soupe de l'Univers primordial. À quoi sont dues ces ondes gravitationnelles (les particules correspondantes sont les gravitons)? À l'inflation et aux phénomènes quantiques : le vide engendre en permanence des couples de particules virtuelles, notamment de gravitons. La forte dilatation qui a suivie le *Big Bang* les a séparés. Les ondes gravitationnelles, en comprimant et en dilatant le milieu, l'ont structuré. Quelle a été la cause de cette formidable dilatation au tout début de l'Univers? Mystère : la chaîne des explications s'arrête, momentanément, à ce stade.

La relativité générale nous interdisant de localiser l'Univers spatialement et temporellement, nous pensons que les lois qui le régissent sont inchangées dans l'espace et le temps. L'Univers est alors compréhensible et les physiciens ont toutes les audaces, dont ils sont récompensés : le début de l'Univers est expliqué par les insolites lois de la mécanique quantique, nées il y a 100 ans. Telle est l'accélération de l'histoire : 100 ans pour élucider (partiellement) 15 milliards d'années... La soupe primordiale contenait les ingrédients qui, après une longue évolution biologique, nous ont donné 30 000 gènes et un cerveau capable de comprendre la formation «physique» de l'Univers. Cette vision biologique est à préciser grandement : la biologie est une science jeune qui ne s'est pas conceptualisée autant que la physique. Elle sera plus explicative lorsque la chrysalide biologique, encore descriptive et contemplative, sera devenue papillon aussi extravagant et vraisemblable que la physique.

Philippe BOULANGER



BLOC-NOTES

DIDIER NORDON

Foin de Lagrange!

« La vérité est simple, et peut être toujours mise à portée de tout le monde, quand on veut en prendre la peine », écrivait d'Alembert en conclusion de l'article « Différentiel » de l'*Encyclopédie*. Plus exigeant encore, Lagrange estimait à la même époque : « Un mathématicien n'a pas parfaitement compris ses propres travaux tant qu'il ne les a pas clarifiés au point de pouvoir aller dans la rue les expliquer à la première personne venue. » Agissait-il effectivement ainsi, ou sa posture relève-t-elle du pur fantasme ? Aux historiens de le dire. Reste que, jusqu'au XIX^e siècle, partager fut un idéal intellectuel de nombreux savants.

Presque plus rien de tel aujourd'hui. Aux yeux des chercheurs, sauf rares exceptions, soumettre leurs ultimes découvertes aux réactions du tout-venant serait une tentative absurde, contre-productive. Même celui qui aime vulgariser prétend moins se confronter au premier venu qu'instruire des gens avertis. En outre, il n'espère pas de ses lecteurs un regard neuf, donc, peut-être, instructif à son tour. Il donne mais ne partage pas.

Que penser de cette évolution des mentalités ? Question de goût, comme chaque fois qu'il s'agit d'interpréter un fait. L'un approuvera. Les modernes ne font que tirer la leçon de la formidable complexité atteinte par la science ; prétendre que n'importe qui peut la comprendre

serait pure démagogie. L'autre critiquera. Au XVIII^e siècle, le calcul différentiel n'était pas moins ésotérique que, par exemple, la physique corpusculaire aujourd'hui ; seulement, les savants du XVIII^e siècle, humanistes, s'astreignaient à un effort que les chercheurs du XXI^e, plus techniciens, préfèrent éviter.

Quant à nous, précautionneux, gardons-nous d'approuver comme de critiquer. Car, mine de rien, cela revient à trancher un problème de type poule/œuf. C'est, bien sûr, parce que l'envie d'expliquer aux autres est déjà là que naît la possibilité de le faire. Et c'est, bien sûr, parce que la possibilité d'expliquer aux autres est déjà là que naît l'envie de le faire. Contentons-nous de profiter du bon côté de l'histoire : l'insécurité a diminué dans nos rues, puisque l'innocent citoyen peut désormais s'y promener sans plus craindre d'être harponné par un savant qui ne le lâchera pas tant que son message n'aura pas été compris.

La preuve par neuf et plus

Lorsque la mode était à enseigner les sept preuves de l'existence de Dieu, certains esprits forts – et néanmoins avisés – rétorquaient que, si ces preuves étaient vraiment décisives, une seule suffirait largement : à trop vouloir prouver...

Révérence gardée, on retrouve à peu près la même idée dans des romans policiers. Résumons. Les soupçons se sont focalisés sur un individu ; les explications convaincantes pour lesquelles il aurait commis le meurtre prolifèrent. Vient alors le moment inéluctable où le détective songe : « Tout cela fait trop de bonnes raisons, donc aucune n'est la bonne. » Suite à quoi, bien entendu, il découvre que le coupable, en effet, n'est pas celui que « tout accusait ».

Commune aux esprits forts et aux détectives, cette observation éclaire d'un jour inquiétant le petit jeu, cher aux mathématiciens, qui consiste à multiplier les démonstrations différentes de certains résultats majeurs. Leur arsenal contient au moins dix démonstrations indépendantes du théorème fondamental de l'algèbre (*alias* théorème de d'Alembert), cinquante de la loi de réciprocité quadratique, trois cents du théorème de Pythagore... Abondance de biens ne nuit pas, dit-on. Voire... Pourquoi les mathématiciens seraient-ils logés à une autre enseigne que Dieu ou les assassins ? En s'acharnant à trouver une démonstration supplémentaire d'un résultat déjà connu, ils éveillent automatiquement la suspicion



non seulement sur la pertinence des démonstrations précédentes, mais encore sur la véracité du résultat ! S'il était vrai, éprouveraient-ils ce besoin impérieux de s'en convaincre par des voies si diverses ?

Osons le dire : plus nombreuses sont les démonstrations du théorème de Pythagore, plus il devient douteux. Et, par conséquent, plus il devient urgent d'en proposer enfin la démonstration !

Nous, les hommes d'appareils

Quand j'ai besoin d'une photocopie, la dernière chose à quoi j'ai envie de m'intéresser, c'est le photocopieur. Je veux seulement qu'il me suffise d'appuyer sans réfléchir sur un bouton. Autrement dit, plus le photocopieur offre de fonctions différentes – dont les programmes complexes me font perdre mon latin et mon temps alors que je n'ai qu'un désir : avoir vite ma photocopie – moins bien il remplit sa fonction. Que les fabricants de photocopieurs le sachent une fois pour toutes : ils sont les seuls à s'intéresser à leurs appareils ! De même, désirer manger un poulet ou écouter de la musique ne signifie pas que je m'intéresse à la programmation des fours micro-ondes ou à celle des lecteurs de CD. Le but d'une technique est de s'effacer derrière la fonction qu'elle remplit.

De ce point de vue, Internet est exemplaire de ce qu'il ne faut pas faire – et que les objets techniques ne font que trop souvent. Il devrait aider à trouver le renseignement dont on a besoin, et s'en tenir là. Plût au Ciel ! L'envahissante manie du surf montre que, loin de s'effacer, Internet s'impose à la place de la fonction qu'il est supposé remplir. On y va non pour chercher un renseignement, mais pour surfer. Surfer, pourquoi ? Mais, pardi, pour surfer, c'est tout ! Ce serait désolant si ce moyen qu'est Internet réussissait définitivement à se faire passer pour un but.



Matyo



Diabolique équilibre

IVAR EKELAND

En politique, qui veut faire l'ange fait la bête : il faut faire avec des diables dont les pouvoirs équilibrés concourent au bien commun.

Du temps du regretté André Franquin, j'étais un grand lecteur des aventures de Spirou et de Fantasio. Je me souviens particulièrement d'un album intitulé *Le prisonnier du Bouddha*, où ils partaient à la rescousse d'un savant américain, prisonnier de la Chine de Mao. Au terme d'incroyables péripéties, ils parvenaient à leurs fins, et celui-ci déclarait à ses sauveurs : «Je savorais on trouver deux gars courageux pour venir me délivrer.» Fantasio lui répondait, d'un air désabusé : «Non, on n'en a pas trouvé. Alors c'est nous qui sommes venus avec la pétoche.»

Il y a là une leçon : en matière humaine, il faut faire avec ce qu'on a. Un journaliste de *The Economist*, commentant l'élection présidentielle américaine, prône le même précepte : «Les Américains savent que les anges n'existent pas, et qu'il faut mettre des diables qui se surveillent mutuellement.»

Comme c'est vrai ! S'il y avait des anges parmi nous, comme la politique serait facile ! On en mettrait un à la présidence de la République, un autre Premier ministre, un troisième président du Conseil constitutionnel, et les choses iraient certainement beaucoup mieux. Allons plus loin : aurions-nous besoin d'une constitution et d'une république ? Si nous avons un ange à la tête de l'État, la monarchie absolue est le régime qui convient : que souhaiter de mieux qu'un monarque bienveillant et omniscient ? Ce despote parfaitement éclairé gérerait au mieux les affaires communes, ayant en vue notre intérêt et non le sien, et nous pourrions vaquer aux nôtres en toute tranquillité.

Malheureusement, il n'y a pas d'anges, il n'y a que des diables. Les diables ne sont pas tous pareils, il y en a qui sont bêtes et il y en a qui sont malins, il y en a de plus méchants que d'autres, mais il n'y a que des diables. Cessons de nous lamenter que les hauts personnages de l'État ne soient pas des anges et en faisons journellement la preuve : ils ne sont ni meilleurs ni pire que nous. Le meilleur mode de gouvernement ne consiste donc pas à chercher un ange, à le mettre à la

tête de l'État et à lui laisser les mains libres. Procéder ainsi serait éminemment dangereux, car les diables voudront se faire passer pour des anges, et quand nous les aurons mis en place il sera trop tard pour réparer notre erreur. Quand nos hommes politiques dissertent sur la réforme de l'État et réclament «une autre politique», je vois des diables tout noirs, affublés d'une robe blanche et d'ailes emplumées, chanter les mérites de la vertu. Celle-ci ne verra pas d'une conversion, mais d'une contrainte : il faut que les diables aient intérêt à être vertueux.

Aussi, dans le meilleur mode de gouvernement, chaque diable est surveillé par un autre diable qui trouve un intérêt personnel à dénoncer ses diableries. Nous en avons une illustration dans le scénario institutionnel qui a conduit à l'élection de Georges W. Bush : entre les candidats, les institutions de Floride et la Cour suprême des États-Unis, il n'y avait certainement personne que l'on puisse qualifier d'ange, ou même qui ait fait preuve d'un minimum d'impartialité.

La beauté de la constitution américaine est qu'elle a fait intervenir beaucoup de diables différents, chacun avec ses propres intérêts : on peut espérer que cette diversité d'interventions et d'intérêts donne un résultat final pas trop éloigné de celui qu'aurait décidé un observateur omniscient et désintéressé. Le diable particulier nommé Georges W. Bush ne pourra guère profiter de son avantage : il a suscité trop d'animosité chez ses adversaires, qui ont conservé trop de pouvoir pour ne pas lui faire payer cher ses écarts, et cela a déjà commencé.

Concevoir l'organisation de l'État comme une pyramide où les informations montent de la base vers le sommet, et où les décisions prennent le chemin inverse, aboutit nécessairement à ce que l'État soit géré au profit de ceux qui occupent le sommet. Il faut au contraire concevoir l'organisation de l'État comme un jeu, où divers groupes se voient attribuer des rôles, et dont les règles sont conçues pour que l'intérêt de chacun des groupes soit de

contraindre les autres à jouer le rôle qui leur est assigné. C'est ainsi que Montesquieu identifie trois pouvoirs, le législatif, l'exécutif et le judiciaire, et prend soin qu'ils soient exercés par des groupes différents, chacun limitant l'action de l'autre : c'est le fameux «équilibre des pouvoirs», dont la constitution des États-Unis nous donne le plus bel exemple, alors que les Français continuent à s'imaginer que les gouvernants sont bons, soucieux de l'intérêt public, et qu'il faut donc leur faciliter la tâche.

Toutes ces idées peuvent aujourd'hui être formalisées à l'aide des outils mathématiques issus de la théorie des jeux. Les économistes français de l'École de Toulouse, reprenant la grande tradition de Montesquieu, se sont illustrés dans cette voie, et je renvoie ceux qui ne craignent pas les mathématiques au livre récent de Jean-Jacques Laffont. Ils retrouvent ce faisant nombre d'économistes plus anciens, qui avaient déjà présenté ces principes de gouvernement et en avaient tiré des conclusions pratiques.

Examinons un exemple : c'est par méfiance des décideurs qu'Adam Smith, dès 1776, recommande de financer la construction des voies de communication par des péages prélevés sur les utilisateurs plutôt que par les fonds publics. Il sait très bien que, d'un strict point de vue économique, il serait plus avantageux que tout soit financé par l'impôt, ou à la rigueur que l'on finance la construction par l'impôt et l'entretien par les péages. Mais, dit-il, on court alors le risque qu'«une grande route magnifique ne soit construite à travers une région déserte où il n'y a guère ou pas de commerces, simplement parce qu'elle mène à la résidence de campagne de l'intendant de la province, ou de quelque grand seigneur auquel l'intendant juge opportun de faire sa cour. Un ouvrage d'art pourrait être construit au-dessus d'un fleuve, à un endroit où personne ne passe, simplement pour embellir la vue des fenêtres de quelque château voisin».

Les diables sont éternels, et ceux d'Adam Smith sont toujours parmi nous.

TRIBUNE DES LECTEURS

Les deux arithmétiques

L'article de Patrick Dehornoy (voir *Pour la Science*, décembre 2000) appelle une remarque. Pris ensemble, les théorèmes de Goodstein et de Kirby-Paris semblent contredire le théorème de complétude de Gödel. En effet, si le théorème de Goodstein était valide dans tous les modèles de l'arithmétique ordinaire, c'est-à-dire dans la théorie du premier ordre fondée sur les axiomes de Peano, il admettrait une preuve dans cette théorie. C'est ce qu'exclut le théorème de Kirby-Paris.

L'explication de ce paradoxe est la suivante. La démonstration de Goodstein requiert l'emploi des ordinaux. Or ceux-ci interviennent dans la description d'un modèle unique M de l'arithmétique au sein d'un modèle univoquement choisi E de la théorie des ensembles. M est l'ensemble des ordinaux qui précèdent le premier ordinal limite ω . Mais il existe dans E une infinité de modèles de l'arithmétique ordinaire. Le théorème de Goodstein est valide dans M , mais il est non valide dans un autre modèle au moins de l'arithmétique dans E . Autrement dit, l'énoncé de Goodstein est un théorème dans une théorie arithmétique plus exigeante que l'arithmétique de Peano.

Il existe donc deux théories arithmétiques. La première comporte les théorèmes «ordinaires» qui ne découlent que des axiomes du premier ordre de Peano. La seconde comporte en outre des théorèmes qui requièrent toute la force de la théorie des ensembles et qui ne sont pas valides dans l'arithmétique de Peano. C'est le cas du théorème de Goodstein.

Le théorème de Goodstein ne peut pas être substitué au premier théorème d'incomplétude de Gödel. Il ne donne pas un théorème prouvant l'existence, dans l'arithmétique de Peano supposée consistante, d'une formule dont on ne peut prouver ni qu'elle est vraie ni qu'elle est fausse. Il montre qu'il existe, dans la théorie des ensembles, des théorèmes d'arithmétique qui ne sont pas valides dans l'arithmétique de Peano. Il est intéressant d'observer l'irruption de théorèmes non banals de logique mathématique dans un domaine mathématique qui semble à l'abri de telles intrusions.

André DELESSERT, Lausanne

Réponse de Patrick Dehornoy

La remarque d'André Delessert est tout à fait juste. Les théorèmes de Goodstein et Kirby-Paris ne se substituent en aucun cas au théorème de Gödel, et ils ne le redémontrent pas non plus : ce qu'ils font est

d'illustrer de façon simple la situation d'incomplétude décrite par le théorème de Gödel.

Parler de deux arithmétiques ne doit pas abuser le lecteur : il ne faudrait pas imaginer que l'arithmétique de la théorie des ensembles s'oppose à celle de Peano ; les deux s'accordent sur ce qui constitue tout le noyau central des mathématiques et, justement, il faut aller chercher des bizarreries comme le théorème de Goodstein pour les séparer.

Un tunnel alpin

Dans l'article sur les tunnels alpins (voir *Pour la Science*, février 2001), les auteurs semblent ignorer le percement au XV^e siècle, sous la crête frontière de partage des eaux, entre la haute vallée du Pô et le Queyras, du tunnel, nommé Perthuis du Viso, à côté duquel le premier percement signalé dans l'article en 1707 dans une gorge est bien modeste.

L'étude de Louis Vaccarone *Le Perthuis du Viso*, qui se réfère à des documents du XV^e siècle, reprise dans l'ouvrage *Le Queyras*, écrit par le Général A. Guillaume et édité par la Société d'études des Hautes-Alpes, apporte quelques compléments d'informations.

Ainsi, «avant son percement, le transport des marchandises de France vers le marquisat de Saluces et vice versa, exigeait un voyage long et pénible».

«Louis, Marquis de Saluces, pensa qu'il était possible d'ouvrir à travers le Viso une galerie qui offrirait une route plus commode, plus courte devant activer le commerce entre la France et le marquisat, surtout celui du sel de Provence.»

«Des ingénieurs procédèrent aux études nécessaires. C'est ainsi que fut prise la décision d'ouvrir, sous le col de la Traversette, un tunnel.»

«Antonio Ferrero di Borgo Alice fut envoyé auprès du Parlement de Grenoble au mois de juin 1475 pour lui exposer la décision prise par le Marquis Louis de Saluces dont il était le conseiller.»

«Le parlement de Grenoble, ayant peu de confiance dans les chances d'une telle entreprise, ordonna aux auditeurs de la Chambre du Dauphiné de prendre des informations secrètes à son sujet.»

«Les quatre auditeurs désignés répondirent, après avoir prêté serment, qu'ils connaissaient le mont Viso ; qu'il était possible de percer cette montagne au grand avantage du Roi Dauphin Louis, du Marquis de Saluces, de leurs sujets et de tous les voyageurs en général.»

«La galerie était livrée à la circulation à la fin de 1480. Le Marquis de Saluces annonça cette heureuse nouvelle au Roi de France au mois de février 1481.»

Il y a quelques années, ce tunnel a été remis en état surtout par des bénévoles, notamment du Club alpin français local. Il n'a pas été utilisé bien longtemps, mais il est peut-être le plus ancien tunnel des Alpes.

Claude LABRE, Embrun

Des noms d'oiseaux

Dans son article sur la laideur des noms de plantes (Voir *Pour la Science*, février 2001) Didier Nordon ne va pas au bout du problème. Le Français a oublié le nom de ses plantes, et il y en a de merveilleux. On en trouve en nombre dans la Flore illustrée de France de Bonnier. Tous les noms cités ne sont que des noms scientifiques récemment inventés et qui sont utilisés en français, souvent à la place de mots que l'on pourrait trouver dans les parlers régionaux. C'est un manque total de curiosité et de culture qui a conduit les biologistes français à ignorer totalement le vocabulaire magnifique et très riche de leur langue pour lui substituer un artificiel jargon élitiste hermétique. À l'inverse, l'Allemand a conservé un riche vocabulaire de noms de plantes.

Pour les oiseaux, les premiers ornithologues ont souvent su trouver dans les parlers régionaux des noms pour désigner les espèces qui n'étaient pas connues dans la région de Paris, où se faisait la plupart des travaux scientifiques. Ainsi, chocard, crave, mauris, tarin, bruant, même s'ils ne désignent plus les espèces auxquelles ils se rapportaient, survivent-ils encore. À part troglodyte, tichodrome, œdicnème, percnoptère, et quelques autres espèces affublées de noms scientifiques, les oiseaux européens sont-ils désignés par des noms français. À cet égard, nous essayons de faire connaître le travail de Michel Deshayes sur l'origine des noms d'oiseaux.

Il est bien entendu beaucoup plus difficile de s'y retrouver pour le nom des plantes, car d'une région à l'autre, il peut désigner des espèces différentes. Ce qui a manqué, c'est une autorité qui aurait eu l'audace de proposer une liste des noms français pour les plantes, différente de la liste des noms scientifiques. Peut-être n'est-il pas trop tard.

Jean-Claude PRAZ, Sion (Suisse)

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



Allergies alimentaires

HERVÉ THIS

Comment prévoir et prévenir les risques d'allergie aux aliments transgéniques.

Au pays de la gastronomie, tout n'est que fumets, goûts, plaisirs... Pourtant, plus du quart de la population, dans sept États de l'Union européenne, se dit sujette à des allergies ou à des intolérances alimentaires. Quand on confirme le diagnostic par des tests cliniques, on mesure que les véritables allergies alimentaires sont moins nombreuses qu'elles ne sont déclarées (environ 3,5 pour cent de la population), mais elles posent un important problème de santé publique, car la gravité des accidents observés augmente : depuis dix ans, le nombre de chocs anaphylactiques consécutifs à une allergie alimentaire a quintuplé, et beaucoup de ces accidents sont mortels, notamment ceux qui sont provoqués par l'ingestion de produits dérivés de l'arachide. Au Laboratoire d'immuno-allergie alimentaire INRA-CEA, à Saclay, Jean-Michel Wal et ses collègues ont notamment montré comment une protéine du lait de vache provoque des allergies, malgré ses ressemblances avec une protéine humaine qui, elle, est parfaitement tolérée. Les biologistes de l'INRA explorent également, chez l'animal, une méthode d'«immunisation génique» pour prévenir les allergies.

Pourquoi l'accroissement récent des allergies alimentaires ? L'augmentation du nombre d'aliments incriminés semble liée au développement des allergies respiratoires dues aux pollens des végétaux : les anticorps produits par l'organisme contre un antigène de pollen réagissent parfois aussi contre des molécules d'origines très différentes. Ces «réactivités croisées» sont dues à des épitopes communs, c'est-à-dire à des fragments moléculaires analogues, qui sont la cible du système immunitaire. Ce type de phénomène explique comment la multiplication des allergies aux fruits exotiques (avocats, kiwis, bananes...) peut être associée au développement des allergies au latex, elles-mêmes en augmentation.

À ces aliments «classiques», s'ajoutent les aliments dérivés des organismes génétiquement modifiés. Ces produits contiennent des protéines normalement absentes des aliments classiques et la question s'impose avant la com-

mercialisation : sont-ils allergéniques ? Peu de cas ayant été rapportés jusqu'ici, comment déterminer leur allergénicité ? Plusieurs approches sont aujourd'hui envisagées : tests à l'aide de sérums de patients allergiques (les anticorps de ces sérums se lient aux molécules allergéniques), tests cutanés (on dépose les molécules soupçonnées sur la peau afin de détecter une éventuelle réaction allergique), études avec des animaux (on administre les molécules soupçonnées à des animaux sensibilisés) et prévision théorique de l'allergénicité à partir de la séquence des protéines en acides aminés.

Cette dernière voie est d'avenir, mais sa mise en œuvre doit être préparée par l'établissement de banques de données de séquences bien caractérisées, pour des protéines dont on connaît l'allergénicité. Grâce à de telles banques, J.-M. Wal et ses collègues ont comparé la réactivité immunitaire de la caséine bêta humaine et de la caséine bêta bovine.

Les caséines constituent 80 pour cent des protéines du lait. Elles sont de quatre types nommés alpha S1, alpha S2, bêta et kappa. La caséine bêta du lait de vache est un allergène important : 92 pour cent de sérums provenant de personnes allergiques aux caséines contiennent des anticorps responsables des réactions allergiques, les immunoglobulines E, spécifiquement dirigées contre la caséine bêta.

En 1997, les immunologistes de Saclay avaient démontré l'existence, dans le sang de personnes allergiques, d'immunoglobulines E spécifiques d'une protéine du petit lait bovin, et ils avaient observé que ces immunoglobulines E réagissent également avec la protéine correspondante humaine. Ce même type de réactivité croisée existait-il pour la caséine bêta ? Les immunologistes ont récemment testé le sérum de 20 personnes allergiques à la caséine bêta de lait de vache. Ils en ont dosé les immunoglobulines E spécifiques de la caséine bêta bovine et ils ont ensuite vérifié que ces immunoglobulines réagissent également avec les caséines bêta humaines.

Pourquoi ces réactions croisées ? Parce que les caséines bêta humaine et bovine ont en commun 50 pour cent de leurs acides aminés. D'où l'intérêt d'étudier les parties communes. Un des domaines communs, par exemple, correspond à une séquence en acides aminés qui se replie en hélice dans les protéines bovines et humaines. Un autre domaine commun contient les principaux «sites de phosphorylation» : après l'enchaînement des acides aminés qui constitue les protéines, ces dernières sont modifiées, notamment par addition de groupes phosphate (c'est la phosphorylation). De telles modifications chimiques «post-traductionnelles» influencent les propriétés des molécules, en changeant leur charge électrique ou leur repliement. Les immunologistes de l'INRA ont montré que la phosphorylation du second domaine influe sur l'allergénicité de la caséine bêta.

Ace jour, les études qui préparent les évaluations des nouveaux aliments dérivés d'organismes génétiquement modifiés ou contenant de tels organismes n'ont pas révélé d'allergénicité particulière. Ces études s'accompagnent d'une recherche de méthodes de prévention des allergies alimentaires. Dans le cas de la caséine bêta, les substitutions de lait sont inefficaces, car les caséines des divers laits sont très semblables. Le groupe de Saclay préfère aujourd'hui tester (chez la souris) l'immunisation génique, c'est-à-dire l'injection d'ADN d'origine bactérienne, où ils introduisent l'ADN codant une protéine étudiée : une telle injection apporte des séquences qui activent une réaction du système immunitaire de type non allergique, laquelle «éteint» la réaction allergique. Dans le cas d'une telle prévention contre les allergies à la bêta lactoglobuline bovine (une autre protéine du lait de vache), la méthode réduit considérablement et durablement la production d'immunoglobulines E spécifiques de cette protéine.

Prochain rendez-vous France Info et Pour la Science le 27 mars 2001, avec la chronique Info Sciences de Marie-Odile Monchicourt.