

Pour être au top cette année

Offre spéciale étudiants

Pour la Science (12 numéros)
+ Les Dossiers (4 numéros)

1 an

64 €

POUR LA
SCIENCE

Soit 37 %
de réduction



Recevez chaque mois votre magazine en version papier et consultez sa version numérique en format PDF sur www.pourlascience.fr

BULLETIN D'ABONNEMENT

À retourner accompagné de votre règlement à :
Service Abonnements • Pour la Science
8, rue Férou • 75278 Paris cedex 06

Vous bénéficiez en tant qu'étudiant du prix le plus bas du marché et vous bénéficiez des avantages du numérique (vous disposez du numéro en cours en pdf gratuit, vous retrouvez en plus l'intégralité de votre magazine en ligne et téléchargez tous les articles correspondants à votre abonnement).

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** (12 n°s et leur version numérique) + **les Dossiers** (4 n°s et leur version numérique)

1 an • **64 €** au lieu de ~~102,50 €~~ Participation aux frais de port : Europe (hors France) 16 € par an, autres pays 35 € par an.

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** seul (12 n°s et leur version numérique)

1 an • **47 €** au lieu de ~~74,70 €~~ Participation aux frais de port : Europe (hors France) 12 € par an, autres pays 25 € par an.

☐ Oui, je m'abonne à **Pour la Science** version web (12 n°s)

1 an • **40 €**

Important : Pour profiter de cette offre, merci de joindre la photocopie de votre carte d'étudiant ou un justificatif de votre profession pour les professeurs.

☐ J'accepte de recevoir par e-mail des informations de **Pour la Science**

☐ J'accepte de recevoir par e-mail des informations des partenaires commerciaux de **Pour la Science**



Mes coordonnées (à remplir) :

Nom, prénom : _____

Adresse : _____

Code postal : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. **: _____

E-mail **: _____

Je règle par :

☐ Chèque à l'ordre de **Pour la Science**

☐ Carte bancaire

Numéro de la carte _____

Date d'expiration _____

Code de sécurité *** _____

Signature obligatoire

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-contre sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès de Pour la Science. Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'autres organismes. En cas de refus de votre part, il vous suffit de nous prévenir par simple courrier.
* prix en kiosque ** facultatif *** Merci d'inscrire les 3 chiffres figurant au dos de votre carte

TRIBUNE DES LECTEURS

Le premier ranidé d'Asie

Une récente perspective scientifique intitulée *L'arche de Noé des vertébrés* (voir *Pour la science*, juillet 2001) expose les travaux de F. Bossuyt et M.-C. Milinkovitch sur la phylogénèse des ranidés, famille d'amphibiens qui regroupe diverses espèces de grenouilles. Selon F. Bossuyt et M.-C. Milinkovitch, les ranidés qui occupaient le bloc de Madagascar-Inde se seraient scindés en deux groupes, l'un malgache, l'autre indien, lors de la séparation de ces deux plaques, puis les ranidés indiens auraient colonisé l'Eurasie après l'établissement du contact entre la plaque indienne et l'Asie. Les chercheurs proposent que la présence des ranidés sur la plaque indienne a permis à ceux-ci d'échapper à l'extinction massive des espèces animales de la limite Crétacé-Tertiaire (-65 millions d'années) au cours de laquelle ont notamment disparu les dinosaures.

En tant que paléontologue, j'ai quelques remarques à formuler. Tout d'abord, il n'existe pas de fossiles de ranidés en Inde datant du Crétacé. En revanche, on en a découverts en Europe à un moment où ce continent n'était pas encore relié à l'Asie. Ensuite, il paraît difficile d'imaginer que les ranidés aient pu se soustraire à l'extinction du Crétacé-Tertiaire puisque l'Inde était alors le siège d'un important volcanisme, le volcanisme étant l'une des causes envisagées de cette extinction. Enfin, les dates de séparation entre l'Afrique, Madagascar et l'Inde sont discutables. Le moment où deux plaques terrestres se rencontrent ou se séparent diffère selon qu'on envisage la rencontre ou la séparation du point de vue géophysique, géologique ou paléobiogéographique. La durée de l'isolement de l'Inde pourrait avoir été beaucoup plus courte et ses effets peu prononcés.

Jean-Claude RAGE,
Laboratoire de paléontologie
du Muséum national d'histoire naturelle

Réponse de M.-C. Milinkovitch

Il faut réaliser que les fossiles auxquels Jean-Claude Rage fait référence sont très incomplets (fragments d'os longs ou de vertèbres). En outre, nous avons récemment démontré que plusieurs lignées évolutives de ranidés malgaches et indiens ont subi de spectaculaires convergences morphologiques. Ces convergences sont telles que des espèces séparées par plus de 88 millions d'années d'évolution et appartenant à plusieurs lignées adaptatives indépendantes (notamment en Inde et à Madagascar) ont été classées dans le même genre! Ces convergences sont restées non détectées, jusqu'à la publication de nos travaux de génétique moléculaire, bien que l'ensemble des caractères morphologiques aient été accessibles. Toutefois, il est relativement clair que certains aspects

de l'évolution des caractères morphologiques ne peuvent être détectés sans l'aide de données moléculaires (et vice versa). Nous sommes prêts à accepter la possibilité que les fragments fossiles auxquels J.-C. Rage fait référence soient effectivement des ranidés, mais il faudra alors aussi expliquer pourquoi notre analyse qui repose sur des milliers de caractères moléculaires ne supporte pas ce scénario, et comment les ancêtres des grenouilles ranidés malgaches ont pu atteindre cette île en traversant des distances considérables d'eau salée.

Nous ne pouvons que partager l'étonnement de J.-C. Rage quant à la survie des ranidés sur le radeau Indien, alors que celui-ci subissait des éruptions volcaniques massives, ainsi que nous ne pouvons que partager l'étonnement de la communauté scientifique lorsqu'il fut démontré qu'un astéroïde (ou une comète) a percuté la Terre il y a 65 millions d'années. Les événements catastrophiques et rares sont, par définition, surprenants. Ceci n'infirme en rien leur réalité démontrée par des données objectives.

Notre hypothèse de la colonisation de l'Eurasie par les ranidés venus d'Inde expliquerait également une origine pré-Tertiaire d'autres groupes de vertébrés (tels que les ordres de mammifères). Nous ne pouvons qu'espérer que des fouilles plus étendues (notamment en Inde et à Madagascar) permettront de la tester plus avant.

L'accélération de la mer

Dans un encadré de l'article *Les caprices des marées* (voir *Pour la science*, août 2001), S. Genthon, C. Ritz et C. Vincent affirment que l'élévation du niveau de la mer s'est brusquement accélérée au XX^e siècle. Or on dispose de deux longues séries marégraphiques sur des sites très bien maintenus, à Brest et à Marseille, où l'activité tectonique verticale est sinon nulle, du moins certainement constante au cours du siècle. Bien entendu, ces données sont influencées à court terme par une quantité d'autres phénomènes (courants côtiers, effets météorologiques...), de sorte que seules des périodes de quelques dizaines d'années sont significatives, mais, à cette échelle, la vitesse de montée du niveau de la mer n'a pas changé entre le XIX^e et le XX^e siècle.

Michel KASSER,
Laboratoire de recherches en géodésie
Institut géographique national

Réponse de Catherine Ritz

Nous nous sommes fondés sur les conclusions des experts de l'IPCC (Comité intergouvernemental sur le changement climatique). Les experts concluent d'après des mesures effectuées par des marégraphes que l'augmentation du niveau de la mer durant le XX^e siècle est de un à deux millimètres par an et que d'après de rares, mais longs, enregistrements, elle a été plus importante au XX^e siècle qu'au

XIX^e. Il faut noter que sur les derniers 3 000 ans, on estime que l'élévation du niveau s'est située entre 0,1 et 0,2 millimètre par an. En tout état de cause, à cette échelle, il y a eu accélération.

La plongée au nitrox

Moniteur de plongée, je voudrais apporter une précision sur *La plongée sous-marine* (voir *Pour la science*, septembre 2001). On emploie le nitrox non pour une question de profondeur, mais de temps de plongée : pour une même durée de paliers de décompression qu'avec de l'air, on peut rester plus longtemps sous l'eau. Pour plonger profondément, on utilise le trimix, mélange d'oxygène, d'azote et d'hélium. Les quantités d'oxygène et d'azote étant réduites par rapport au nitrox, ces deux gaz atteindront la pression partielle à laquelle ils sont toxiques plus en profondeur. Quant à l'hélium, il n'est pas dangereux : il se dissout dans les tissus et il est rapidement évacué.

P. EBELIN

Graviton et trou noir

Dans l'article *La vie intérieure du proton* (voir *Pour la science*, juin 2001), Robert Klanner considère comme acquise l'existence du graviton, la particule qui véhicule l'interaction gravitationnelle. Sans masse, il se déplacerait, tel le photon, à la vitesse de la lumière et procurerait à la gravitation une portée infinie. Il me semble que l'existence du graviton est incompatible avec celle des trous noirs. Si les photons ne peuvent pas sortir d'un trou noir, comment les gravitons pourraient-ils le faire? Et si les gravitons ne sortent pas d'un trou noir, le trou noir n'existe pas!

Jean-Paul MICHEL, Écully

Réponse

Le couplage entre trou noir et graviton est un domaine encore très mal compris de la physique théorique. Dans certains modèles, on propose que les gravitons se propageraient dans des dimensions supplémentaires de l'espace-temps. C'est cette liberté qui permettrait aux gravitons de s'évader des trous noirs.

Jérôme PEREZ,
Observatoire de Meudon

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@pouirlascience.fr. Découvrez d'autres contributions de lecteurs sur le site Web www.pouirlascience.com.



Bachelier, précurseur...

IVAR EKKELAND

... et incompris. Sa «théorie de la spéculation» ne fut pleinement reconnue qu'après un siècle!

L'université de Besançon va publier un livre consacré à un savant longtemps méconnu, Louis Bachelier. Celui-ci soutint, dans cette même université, le 29 mars 1900, une thèse intitulée «Théorie de la spéculation» qui est l'acte de naissance de la théorie financière moderne, et sans doute le premier exemple d'utilisation du mouvement brownien à la modélisation économique.

Nul ne sait pourquoi Bachelier choisit ce sujet peu académique, ni comment il connaissait les marchés financiers. Ses parents étant morts quand il avait 19 ans, il dut s'occuper de l'entreprise familiale, un négoce de vins au Havre, et ne put commencer ses études de mathématiques qu'à 22 ans. Pour sa thèse, il se propose d'étudier «La loi de probabilité des variations de cours qu'admet le marché à un instant donné». Plus précisément, il attaque deux problèmes : la probabilité qu'un cours donné de la Bourse soit atteint ou dépassé à une date donnée, et la probabilité qu'un cours donné soit atteint avant une date donnée. Est-il problème plus important ? Dans le langage financier actuel, Bachelier cherche les probabilités d'exercice d'une option européenne et d'une option américaine.

La thèse de Bachelier est construite autour de trois idées : les cours sont cotés en continu, leur évolution est aléatoire, et la moyenne des gains est nulle (à condition que le taux d'intérêt soit nul, ce que nous supposons désormais). Imaginons par exemple que l'on relève les cours à intervalles réguliers de longueur h ,

$t=0, h, 2h, 3h, \dots$ et que chaque cours soit déduit du cours précédent en tirant à pile ou face : pour pile, le cours monte de la quantité c , pour face, il baisse de c .

Le processus ainsi obtenu satisfait toutes les hypothèses de Bachelier.

Mais les cours sont cotés en continu, et quand Bachelier écrit, on ne dispose pas de modèle mathématique cohérent pour

décrire des processus aléatoires en temps continu. En cette fin du XIX^e siècle, le hasard ne se mesure qu'en des temps discrets, et ce sera l'œuvre du XX^e siècle que de passer au continu. Longtemps avant tout le monde, Bachelier comprend l'intérêt du problème, pour les applications et pour les mathématiques elles-mêmes : «Si la spéculation n'existait pas, il faudrait l'imaginer», dit-il.

En passant à la limite, c'est-à-dire en imaginant ce qui se passe quand l'intervalle h entre deux relèvements devient de plus en plus petit, Bachelier montre que la variation de cours entre deux instants donnés t et T suit une loi de Gauss, dont la moyenne est nulle et la variance proportionnelle à la longueur de l'intervalle les séparant, soit $(T - t)$. Ce faisant, il retrouve une loi expérimentale découverte en 1863 par Jules Regnault, auteur d'un ouvrage intitulé *Calcul des chances et philosophie de la Bourse*, et il démontre une des propriétés fondamentales du mouvement brownien, trente ans avant que Wiener n'en fasse la théorie complète. Hélas, Bachelier prend quelques libertés avec la sacro-sainte rigueur mathématique, ce qui lui vaut l'opprobre des universitaires de l'époque qui ratiocinaient sur des erreurs minimales au lieu de voir la percée théorique.

Les contributions mathématiques de Bachelier ne s'arrêtent pas là, puisqu'il découvre également les liens très profonds du mouvement brownien avec les solutions d'une équation issue de la physique mathématique, régissant la diffusion de la chaleur. Toute sa vie, Bachelier resta fasciné par cette correspondance mystérieuse entre la théorie des processus aléatoires continus et la diffusion de la chaleur, et l'équation correspondante reste un outil fondamental de la finance : bel exemple de l'universalité des modèles mathématiques.

Malheureusement l'histoire de Bachelier est triste. Comme il n'était rien (ni agrégé, ni normalien, ni polytechnicien), qu'il avait tardé à faire ses études, et qu'il avait écrit des livres de vulgarisation, il n'obtint jamais aucune considération du milieu académique, et jusqu'à

55 ans il vécut en situation précaire, comme boursier de recherche ou enseignant non titulaire. Poincaré, qui faisait partie de son jury de thèse, avait compris ses idées et en avait relevé l'intérêt, mais il était à peu près le seul. Le grand spécialiste français du mouvement brownien, Paul Lévy, ne consentit à le lire que quand il découvrit que Kolmogorov le citait. Bachelier ne fut professeur qu'à 57 ans, et ce fut l'université de Besançon qui s'honora de l'accueillir. Il prit sa retraite en 1937 et mourut en 1946.

La revanche définitive devait encore attendre quelques années. En 1973, deux professeurs de finance américains, Fischer Black et Myron Scholes, construisaient une théorie qui utilisait le modèle de Bachelier, avec tous les acquis obtenus entretemps sur processus de diffusion, et qui allait avoir un immense succès. La formule qui porte leur nom, et qui est utilisée aujourd'hui en finance pour évaluer le prix de certains produits, est une conséquence directe de l'équation de la chaleur.

Aujourd'hui on relit la thèse de Bachelier pour s'émerveiller *a posteriori* de tout ce qu'il avait compris. Il s'était même donné la peine de confronter ses résultats avec les observations, ce qui fait de lui également un des précurseurs de l'économétrie : il déduit de sa théorie que «la valeur de la prime simple doit être proportionnelle à la racine carrée du temps», la prime simple étant ce que nous appelons aujourd'hui le prix d'une option à la monnaie, et le coefficient de proportionnalité, la volatilité du cours, puis il va chercher ce que vaut cette prime pour diverses échéances à la bourse de Paris, et il constate la validité de son modèle. On est surpris que les contemporains ne s'en soient pas étonnés, et la mention «honorable» qu'obtint la thèse de Bachelier reste choquante.

À cet ennui poli, mais profond, globalement exprimé par la communauté mathématique de l'époque, je préfère 100 fois l'enthousiasme de Regnault découvrant que les écarts de cours sont proportionnels à la racine carrée du temps : «Est-il exemple plus frappant d'un accord entre la théorie et l'expérience!»

