



Alain Bénéteau

Une salamandre géante

À la surface du marécage, rien ne bouge. De loin en loin, les méandres d'un cours d'eau ont inondé la plaine. Attendant leur heure, deux yeux patients dépassent de l'eau boueuse. D'un coup, une masse de 800 kilogrammes surgit de la vase, et fond sur un petit dinosaure qui ne l'a pas vu venir. Happé vers le fond, il sera dévoré par cet amphibien géant, un brachyopode appartenant au groupe des Temnospondyles, qui vécut sur Terre il y a environ 200 millions d'années.

Récemment, Jean-Sébastien Steyer, du Muséum d'histoire naturelle, à Paris, a ressorti d'un tiroir un morceau de la mâchoire de ce monstre, retrouvé en 1970, au Lesotho,

par une équipe de paléontologues français. À partir d'un fossile d'un brachyopode australien dont le squelette est complet mais plus petit, J.-S. Steyer a déduit la taille de l'animal. Comprise entre six et huit mètres, elle en ferait le premier ou le deuxième plus grand amphibien qui ait jamais vécu sur la Terre. Quoique son allure ait été celle d'une salamandre, le mode de vie de ce prédateur opportuniste devait évoquer celui des crocodiles actuels. C'est probablement parce qu'ils étaient en compétition avec les ancêtres des crocodiles que ces énormes brachyopodes ont disparu.

M. G.

Bulletin de la société géologique de France, tome 176 n°3, pp 243-248, mai-juin 2005

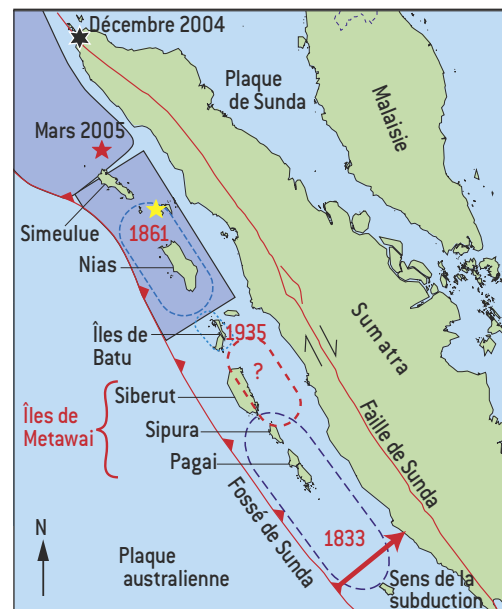
Inquiétants calculs pour Sumatra

La modélisation de la tectonique de la région de Sumatra indique une rupture sismique probable.

En décembre 2004 et mars 2005, deux séismes majeurs se sont succédé sur la faille de Sunda en Indonésie. Les zones de rupture étaient contiguës, de sorte qu'il est probable que le séisme de mars a été provoqué par celui de décembre. Pour apprécier si cette cascade de séismes va se poursuivre, Suleyman Nalbant et ses collègues de l'Université d'Ulster ont calculé les tensions supplémentaires induites par le séisme de mars dans les segments de la tranchée de Sunda qui lui sont voisines.

Les géologues ont modélisé les forces tectoniques dans la région, qui sont dues à la subduction de la plaque indienne et de la plaque australienne sous la plaque de Sunda (Sumatra). Selon leur modèle, le séisme de Sumatra-Andaman (de décembre) a provoqué une augmentation des tensions au foyer du séisme de Simeulue-Nias (de mars) de l'ordre de 0,17 bar. Cette faible valeur confirme qu'une contrainte externe relativement modeste peut déclencher un séisme dans une portion de faille « mature », c'est-à-dire parvenue au bout de son cycle sismique pendant lequel elle accumule des tensions jusqu'à atteindre le seuil de rupture.

Après cette constatation, S. Nalbant et ses collègues ont examiné l'augmentation des tensions engendrée par le séisme dans les autres sections de la faille. Si celle de Banda Aceh a été peu touchée, les segments qui se trouvent plus au Sud, le long de la faille de Sunda, l'ont été notablement : l'augmentation du « stress » culmine à huit bars sous le segment portant les îles de Batu, et atteint une valeur presque aussi grande sous le segment portant les îles de Metawai. Selon les sismologues, c'est dans le segment de Metawai que le risque de rupture est maximal (le dernier séisme dans le segment de Batu remonte à 1935).



D'après une modélisation des nouvelles contraintes engendrées par les séismes de décembre 2004 et de mars 2005, la région de Metawai serait la plus exposée.

Par ailleurs, dans les segments situés plus au Sud que celui de Metawai, les tensions ont été relâchées à la faveur d'un séisme de magnitude 8 en 1833. En revanche, aucun séisme majeur n'a secoué le segment de Metawai depuis 1797. Or les données historiques suggèrent que dans la région de la faille de Sunda, le cycle sismique dure environ 230 ans, c'est-à-dire qu'au terme d'une telle période, les tensions accumulées dans un segment de faille atteignent le seuil de rupture.

Toutes ces observations suggèrent que le risque est maximal dans le segment de Metawai. Si un séisme majeur comparable à celui de 1833 se produisait, la faille coulisserait sur 10 mètres et provoquerait un tsunami destructeur pour les côtes et les îles de la région.

F. S.

Nature, vol. 435, pp.756-757, 9 juin 2005

Des planètes dans un jeu de quilles

Pourquoi le Système solaire est-il comme il est ? Pourquoi les planètes géantes – Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune – ont-elles des orbites légèrement allongées et inclinées ? Quelle est l'origine du bombardement intense qui a grêlé d'impacts la surface de la Lune ? D'où viennent les astéroïdes qui cohabitent avec Jupiter sur son orbite ?

Alessandro Morbidelli, de l'Observatoire de la Côte d'Azur, et ses collègues proposent une réponse unique à ces questions disparates. Ils ont modélisé et simulé une migration des planètes géantes, qui aurait entraîné une vaste réorganisation du Système solaire. Aiguillés au départ par la structure énigmatique de la ceinture de Kuiper, ces milliers de petits corps glacés tapis aux confins du Système solaire, les astronomes ont imaginé que cette population s'est formée sur des orbites proches avant d'être repoussée et dispersée. Mais par quel mécanisme ?

La migration planétaire est un candidat idéal. Planètes et petits corps s'influencent par le biais de la gravitation, et leurs orbites s'en trouvent modifiées. Lorsqu'une planète éjecte un planétésimal vers l'extérieur du Système solaire, par réaction, elle se rapproche légèrement du Soleil. À l'inverse, si elle envoie le corps vers l'intérieur, elle s'éloigne. Les astronomes ont donc simulé l'évolution d'un système comprenant des planètes géantes sur des orbites quasi circulaires, planes et resserrées – en accord avec les théories de formation des systèmes – entourées d'un disque de débris peuplé d'une multitude de petits corps. Sous l'influence des quatre planètes,

notamment Neptune, le bord interne du disque commence à être perturbé, et des planétésimaux sont éparpillés dans le Système solaire. En retour, les orbites des planètes géantes se modifient lentement. Tandis que Jupiter se rapproche du Soleil, les autres planètes glissent vers l'extérieur.

Tout s'accélère lorsque, entre 400 et 1 200 millions d'années, Saturne parvient dans une configuration particulière dite résonance, où elle fait une révolution pendant que Jupiter en fait deux. Comme cette résonance renforce l'interaction gravitationnelle, l'action de Jupiter augmente vite l'excentricité et l'inclinaison de Saturne. Une cascade de réactions brusques s'ensuit. Uranus est repoussée, tandis que l'orbite de Neptune double de rayon et devient très allongée. La géante bleue fonce dans le disque de planétésimaux comme une boule dans un jeu de quilles. Elle y disperse des milliers d'entre eux. Une masse de corps rocheux équivalant à 35 fois celle de la Terre est projetée sur le Système solaire interne.

Cela expliquerait l'étrange bombardement intense qu'ont subi la Lune et les planètes telluriques il y a 3,8 milliards d'années. La fourchette temporelle de la désagrégation du disque de débris est en effet compatible avec l'âge des bassins d'impacts de la Lune, et la masse de projectiles prédite concorde avec les estimations fondées sur l'analyse des cratères.

Autre succès : dans les simulations, les planètes se calent sur des trajectoires proches des orbites réelles, avec des excentricités et des inclinaisons correctes. Après la désagrégation, les corps circulant entre les planètes géantes ont entretenu la



Dans ce numéro, **Cerveau & Psycho** s'intéresse à diverses questions :

- Quelles différences y a-t-il entre une secte et une religion ?
- Pourquoi certains enfants tyrannisent-ils leurs parents ?
- Peut-on surmonter sa timidité ?
- Les animaux ont-ils des émotions ?
- Un ordinateur peut-il remplacer un inspecteur de police ?
- Avez-vous déjà vécu un "déjà-vu" ?
- Peut-on s'entraîner mentalement ?

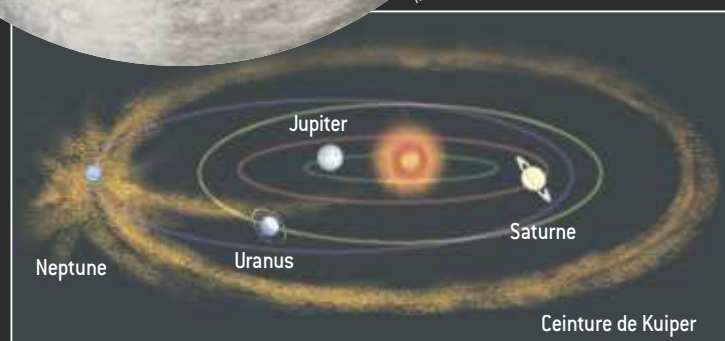
Cerveau & Psycho
En vente chez votre marchand de journaux

migration jusqu'à leurs orbites actuelles. Le scénario est aussi cohérent avec l'existence des satellites troyens, deux groupes d'astéroïdes qui précèdent Jupiter de 60 degrés sur son orbite. Ces corps auraient dû s'échapper lorsque Jupiter et Saturne sont entrées en résonance, mais les astronomes se sont aperçus qu'ils ont pu être en partie remplacés par la capture de planétésimaux lors de la désagrégation. La masse de corps capturés prédite correspond à celle, observée, des Troyens. De surcroît, ces astéroïdes fournissent un test : leur composition de surface doit coïncider avec celle des objets glacés de la ceinture de Kuiper. Cette dernière, reliquat du disque de débris, conserve par ailleurs une preuve de la migration dans sa structure même.

Ce scénario soulève de nombreuses interrogations, notamment au sujet du mécanisme qui vide l'espace entre les planètes des débris lors de la formation des planètes. Sans cela, en effet, la migration se déclenche bien trop tôt. Néanmoins, ce modèle global a pour atout d'être le seul à avoir fait l'objet de simulations d'envergure. Ph. R.-G.

Nature, vol. 435, pp. 459-465, 26 mai 2005

Durant l'époque de la migration planétaire, Saturne aurait repoussé Neptune loin dans la ceinture de Kuiper. Cette intrusion aurait dispersé l'essentiel de cette population, en particulier vers le Système solaire interne, provoquant le grand bombardement qui a défigurée la Lune.



Une expérience réalisée par des physiciens japonais laisse entrevoir des horloges atomiques d'une précision jamais égalée.

Mettant à profit un rayonnement optique émis par des atomes de strontium piégés dans un réseau de faisceaux laser, l'équipe de Hidetoshi Katori, à l'Université de Tokyo, a mis au point un dispositif permettant d'atteindre, sur le papier, une mesure de la seconde avec 18 chiffres après la virgule – soit une horloge retardant d'une seconde en 15 milliards d'années !

La surenchère en fréquence pose quelques difficultés. Par exemple, plus la différence d'énergie entre deux niveaux atomiques augmente, et avec elle la fréquence de la radiation associée, plus le temps de vie de l'état excité est bref. Une propriété qui rend difficile la mesure de la fréquence d'une radiation d'énergie élevée (cas du domaine optique). Pour contourner la difficulté, on doit choisir une transition atomique

particulière, telle qu'en présentent le mercure, le calcium ou le strontium

utilisé par les Japonais. La finesse d'une mesure dépend aussi du temps durant lequel on peut ausculter l'atome : plus ce temps est court, plus les mesures de fréquences sont entachées d'erreurs. Pour y remédier, on peut piéger les atomes dans un piège optique. Mais dans ce cas, l'interaction d'un atome avec un champ électromagnétique déplace ses niveaux d'énergie, donc la fréquence des rayonnements qu'il émet.

Deux protocoles expérimentaux ont déjà été mis au point pour tirer parti de transitions optiques. Dans le premier, on travaille avec de nombreux atomes, d'où une bonne statistique, mais les collisions entre atomes décalent les fréquences. Pour supprimer ce biais, l'autre

méthode consiste à n'utiliser qu'un seul atome. Mais on est alors confronté à un signal très faible. L'équipe de Hidetoshi Katori a combiné les avantages des deux méthodes. Elle a utilisé plusieurs atomes de strontium, chacun piégé dans un puits de potentiel différent d'un intense piège lumineux. De plus, en ajustant la fréquence des lasers pièges, les physiciens se sont affranchis du problème des décalages en fréquence liés à l'interaction du piège optique avec les atomes. En effet, pour certaines valeurs de la fréquence du piège, les énergies de deux niveaux atomiques utilisés pour l'expérience sont décalées de la même valeur. Comme c'est la différence d'énergie entre les deux niveaux qui détermine la fréquence du rayonnement étudié, le problème disparaît.

Pour Gilles Nogues, au laboratoire Kastler-Brossel, à l'École normale supérieure, l'expérience japonaise est très élégante et intéressante pour le développement des horloges du futur. Néanmoins, les 18 chiffres après la virgule promis en théorie ne sont aujourd'hui que 14 dans l'expérience japonaise. Et, comme le rappelle Sébastien Bize, du Bureau national de métrologie, les meilleures horloges au césium actuelles donnent la seconde avec 15 décimales. Reste, de l'avis de tous, un résultat prometteur.

M. G.

Nature, vol. 435, pp. 321-324, 19 mai 2005

Dans 0,00000000000000001 seconde, il sera midi

Toutes les horloges fonctionnent sur le même principe : un oscillateur et un compteur rendant compte de la succession des oscillations. Plus l'oscillateur est rapide, et à condition de disposer d'un compteur capable de suivre le mouvement de celui-là, plus la précision d'une horloge est grande. Ainsi, le cristal d'une montre à quartz vibre 10 000 fois par seconde. Et dans une horloge atomique au césium, la fréquence de la radiation entre deux niveaux atomiques, qui sert de référence universelle pour la mesure du temps, est de 9 192 631 770 hertz. Pour aller plus loin, on étudie la possibilité de travailler avec des rayonnements optiques, dont la fréquence est de l'ordre de 10^{15} hertz.