

### Premier parmi ses semblables

Nayan Hajratwala a découvert le premier nombre premier comportant plus d'un million de chiffres. Ce nombre de Mersenne,  $2^{6972593}-1$ , a 2 098 960 chiffres : son inventeur recevra le prix de 50 000 dollars offert par l'*Electronic Frontier Foundation*, créée par un donateur anonyme. Nayan Hajratwala a utilisé un 350 MHz Pentium II IBM Aptiva pendant 111 jours en temps partagé. Si l'ordinateur avait été utilisé à plein temps, l'ordinateur aurait été immobilisé trois semaines. Un prix de 100 000 dollars attend le premier nombre premier de 10 millions de chiffres.

### Prothèse pédestre

Une prothèse d'orteil, achetée en 1881 par le *British Museum* de Londres est de nouveau exposée depuis quelques semaines dans une nouvelle galerie consacrée aux restes humains de l'Égypte ancienne. L'objet, daté de plus de 2 500 ans, proviendrait de Thèbes. Il a été fabriqué dans le même matériau que les sarcophages des momies, un mélange de toile, de colle et de plâtre, teinté couleur chair, et portait un ongle d'un autre matériau. Un lien, attaché au pied ou à la sandale, le maintenait en place, tout en conservant l'articulation.

### Le gène n'est pas tout

Des biologistes de l'Université de Portland, de l'Université d'Edmonton et de l'Université Albany ont soumis des souris clonées, c'est-à-dire génétiquement identiques à des tests de comportement : elles réagissent différemment selon le laboratoire, même si les conditions expérimentales sont semblables : les différences semblent dues aux conditions de vie, telles que l'alimentation, la façon dont les animaux sont traités, le caractère du technicien qui s'occupe d'elles... Pour des comportements dépendant fortement de facteurs génétiques, comme l'attrait pour l'alcool, les résultats sont similaires ; en revanche, pour des comportements mis en évidence par des tests de locomotion, les différences sont considérables : une pierre dans le jardin des tenants absolus de l'inné.

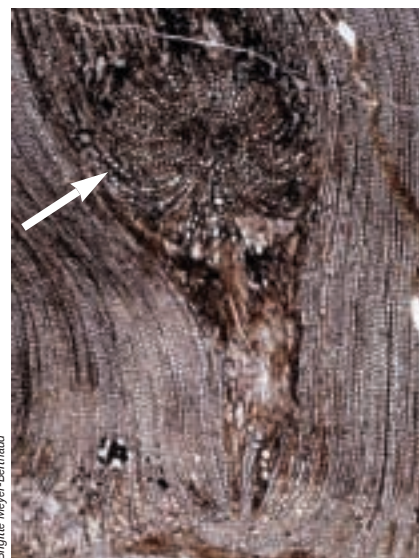


## Vieux mais branché

### Les innovations végétaives d'un arbre primitif.

**A** quoi la Terre ressemblerait-elle sans arbres ni forêts ? Les arbres sont apparus il y a 375 millions d'années et le registre fossile indique que les plus anciennes forêts, composées surtout du genre *Archaeopteris*, objet de notre étude, ont atteint leur expansion maximale 15 millions d'années plus tard. Ces forêts ont profondément modifié les milieux terrestres. Elles ont conduit à l'élaboration de nouvelles niches écologiques propices à l'évolution des espèces, elles ont produit une biomasse végétale suffisante pour alimenter les premiers grands incendies et elles ont contribué au développement des sols. Réservoir important de matière organique, elles ont aussi piégé de grandes quantités de dioxyde de carbone atmosphérique, contribuant ainsi au refroidissement global du climat.

*Archaeopteris*, principal acteur de ces transformations, présente une autre particularité : c'est, parmi les plantes à spores, le plus proche parent connu des plantes à graines, apparues il y a 365 millions d'années et qui dominent aujourd'hui la végétation. Les recherches menées depuis dix ans sur la structure, les propriétés mécaniques et le développement de cet arbre montrent qu'il ne lui man-



**Le tronc d'*Archaeopteris* (en coupe) portait, comme les autres arbres contemporains, des branches caduques issues de la division du sommet du tronc (la flèche indique le départ de la vascularisation d'une telle branche). Il avait aussi des branches persistantes, et pouvait se reproduire par bouturage, ce qui a contribué à sa domination sur les premières forêts.**

quait que des graines pour être un arbre moderne.

Comme pour la majorité des arbres actuels, le bois d'*Archaeopteris* assurait une double fonction de conduction de la sève et de soutien mécanique du tronc et des branches. La photosynthèse, qui permettait à l'arbre de croître, était assurée par des branches horizontales et caduques pourvues, à leurs extrémités, de structures foliacées. On a longtemps pris pour des feuilles de fougères ces branches fossiles, détachées de leurs troncs et de longueur inférieures à 1,5 mètre. Comme les autres arbres de la même époque, *Archaeopteris* émettait ces branches grâce à la division, généralement inégale, du sommet du tronc. C'était un processus risqué : si le sommet de l'arbre était endommagé, la ramification s'arrêtait et l'arbre, privé de ses organes photosynthétiques, finissait par mourir.

En 1993, Mary-Louise Trivett, de l'Université de l'Ohio, découvre qu'*Archaeopteris* produisait des branches ailleurs qu'à son sommet, ce qui favorisait sa survie. Grâce aux gisements fossilifères reconnus récemment dans le Sud-Est marocain par Jobst Wendt, de l'Université de Tübingen, nous avons, avec Stephen Scheckler, de l'Université de Virginie, confirmé que, outre ses courtes branches à fonction photosynthétique, le tronc d'*Archaeopteris* produisait aussi de grosses branches persistantes. Grâce à ces branches, qui constituaient un élément fondamental de son squelette, l'arbre avait une forme plus complexe et occupait plus d'espace que ce que l'on avait imaginé.

Ces branches étaient soutenues par des bourrelets de bois au niveau de la zone d'attache, comme les branches des arbres modernes. L'analyse de leur vascularisation a montré que leur position sur le tronc était liée à celle des branches photosynthétiques et que leur production n'était pas directement issue d'une division du sommet, mais plutôt d'une ramification semblable à la ramification axillaire des plantes à graines, où les branches sont produites par des îlots de cellules situées à l'aisselle des feuilles (dans l'angle formé par le pétiole de la feuille et la branche à laquelle il est attaché).

Les branches et le tronc d'*Archaeopteris* produisaient aussi des structures susceptibles de se développer en racines. Ce potentiel permet à de nombreuses plantes actuelles de se propager végétativement, par bouturage par exemple. Cet ensemble d'innovations relatives à l'appareil végétatif expliquerait le succès d'*Archaeopteris* et son importance dans l'évolution de la végétation.

Brigitte MEYER-BERTHAUD  
Université de Montpellier

## Les faiseurs de pluie

**Des cristaux dispersés dans les nuages augmenteraient la pluie et réduiraient la grêle.**

**D**ans les Pyrénées-Orientales, trois syndicats agricoles ont assigné *Météo-France* en justice : ses prévisionnistes n'avaient pas annoncé l'orage de grêle qui a dévasté quelques milliers d'hectares de vignes et de vergers le 21 avril 1999. Si l'alerte avait été donnée, les agriculteurs auraient allumé les brûleurs anti-grêle installés dans la région. Leurs cultures auraient-elles été préservées ? Rien n'est moins sûr.

Parallèlement, au Burkina-Faso, des sorciers traditionnels se plaignent : pour faire tomber la pluie, le gouvernement de ce pays projette, avec l'aide du Maroc, la dispersion d'iodure d'argent dans les nuages. Une intervention d'urgence des services de la météorologie marocaine en avril et mai 1998, avec ce procédé, a en effet été suivie par l'arrivée de l'eau tant attendue en fin de saison sèche. Hasard ou efficacité ?

Pouvons-nous agir sur les précipitations ? Des expériences de pluie provoquée sont menées dans des pays semi-arides et, en France, quelques associations soutiennent la lutte contre la grêle. Les résultats de ces expériences sont toutefois mitigés : les progrès qualitatifs avancés par leurs promoteurs ne sont pas accompagnés de démonstrations statistiquement fiables.

Comment faire pleuvoir ? Une technique s'appuie sur l'existence, dans de nombreux nuages, de gouttelettes d'eau liquide à des températures inférieures à 0°C. Comme la pression d'équilibre de la vapeur d'eau en présence de ces gouttelettes surfondues est supérieure à celle de la vapeur d'eau en présence de glace, lorsque des cristaux de glace sont présents, la vapeur d'eau se condense de préférence à leur surface et ils grossissent plus vite que les gouttes d'eau. Lorsqu'un cristal de glace a atteint une taille suffisante, il tombe, en agrégeant des gouttelettes d'eau ou d'autres cristaux, puis il rencontre des couches d'air plus chaudes, il fond et se transforme en pluie. S'il est trop gros ou si l'air n'est pas assez chaud près du sol, il reste grêlon ou flocon de neige.

Lorsque les nuages ne contiennent pas d'eau surfondue, la pluie se forme par l'agrégation des gouttelettes d'eau du nuage. La quantité de pluie dépendrait de la concentration en gouttes « assez grosses » issues de cette agrégation.

Des météorologues ont proposé d'augmenter la concentration en cristaux de glace dans les nuages, en y introduisant des cristaux d'iodure d'argent, de quelques dixièmes de micromètres de diamètre : la ressemblance de leur réseau cristallin avec celui de la glace favorise la condensation de l'eau. Plus de vapeur d'eau devrait ainsi être transformée en pluie. Dans le cas d'un orage de grêle, l'augmentation du nombre de cristaux empêcherait que les grêlons deviennent trop gros : ils seraient ainsi moins dangereux et fondraient plus facilement avant d'atteindre le sol.

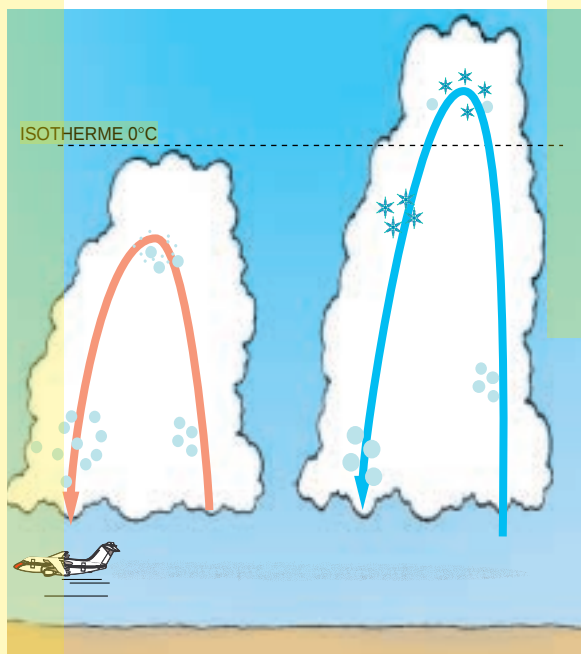
Un autre moyen pour augmenter la concentration en gouttes d'eau dans les nuages a été mis au point par l'équipe du Projet de recherche sur les précipitations de Bethlehem, en Afrique du Sud : on répand, à la base des nuages, des cristaux de sels hygroscopiques (du chlorure de sodium et de potassium) de quelques dixièmes de micromètre de diamètre. Ces cristaux, aspirés dans le nuage par des courants de convection, servent de support à la condensation de la vapeur d'eau. Ces gouttelettes artificielles ascendantes s'agrègent avec les gouttelettes

du nuage et forment des gouttes plus grosses qui, par fractionnements successifs, produiraient finalement bien plus de gouttes qu'on a initialement introduit de cristaux dans le nuage. Dans les nuages froids, l'augmentation du nombre de gouttes d'eau favorise aussi l'apparition de germes de glace.

Ces méthodes sont-elles efficaces ? La variabilité des conditions météorologiques impose de longues durées d'expérience, pour que les comparaisons entre les nuages traités et la situation naturelle soient significatives. Face à l'urgence des besoins en eau, l'équipe sud-africaine refuse d'attendre : elle compare chaque nuage traité à un nuage aux caractéristiques semblables. Elle annonce ainsi une augmentation de 60 pour cent de l'eau déversée par un nuage lorsque celui-ci est traité assez tôt. La preuve d'un accroissement total de la pluie tombée sur la région manque toutefois encore.

Pour la grêle, des compagnies d'assurance ont réduit de plus de 40 pour cent les indemnités qu'elles versent aux agriculteurs grâce à des traitements à l'iodure d'argent, mais cet indicateur est scientifiquement contestable. Jean Desens, du Laboratoire d'aérodynamique du CNRS, à Toulouse, a récemment proposé une méthode de traitement des données recueillies par un réseau de 800 stations de mesure de la grêle en Aquitaine : le nombre de grêlons de diamètre supérieur à sept millimètre varie dans le sens inverse du poids d'iodure d'argent répandu dans l'atmosphère 80 minutes avant la chute de grêle. À Agen, l'Association climatique de la Moyenne-Garonne compare l'action de deux types de sels hygroscopiques. Après trois années d'expériences, les améliorations qualitatives annoncées ne sont pas distinguables de la variabilité naturelle des orages.

Selon Jean-Pierre Chalon, de *Météo-France*, ces expérimentations sont prématurées : les moyens importants nécessaires à la validation des différentes méthodes sont plus utilement consacrés à la compréhension des mécanismes physiques à l'origine des précipitations. Le groupe d'experts qu'il préside au sein de l'Organisation météorologique mondiale a toutefois décidé d'analyser les conséquences des traitements par sels hygroscopiques, tels qu'ils sont réalisés en Afrique du Sud, au Mexique et en Thaïlande. Les agriculteurs pourront-ils un jour « semer la pluie » comme ils sèment leurs champs ?



**Des cristaux de chlorure de sodium ou de potassium, dispersés à la base d'un nuage, sont aspirés par des courants ascendants. Ils servent de support à la condensation de gouttes d'eau qui grossissent : dans un nuage « chaud » (à gauche), elles retombent directement en pluie ; dans un nuage « froid » (à droite), qui contient de l'eau surfondue, elles se transforment en grêlons qui fondent en retombant. Cette technique aurait augmenté le rendement des nuages en Afrique du Sud.**

### Test de la maladie de la vache folle

Comment savoir qu'une vache est atteinte d'encéphalopathie spongiforme bovine, alors même qu'elle ne présente aucun des symptômes caractéristiques? Un test élaboré par le CEA est remarquablement efficace : la forme pathogène de la protéine du prion est détectée par un anticorps spécifique. Lors des essais, tous les animaux malades ont été détectés et aucun animal sain n'a été faussement déclaré contaminé. Le CEA s'est associé à la Société Pasteur Sanofi Diagnostics pour développer ce test.

### Azote pur

Des chimistes de l'Armée de l'air américaine ont réussi à fabriquer un ion comportant cinq atomes d'azote disposés en V. Chargé positivement, ce composé est stabilisé et neutralisé avec du fluorure d'arsenic, formant un sel stable à  $-78^{\circ}\text{C}$ , mais qui se décompose à  $22^{\circ}\text{C}$ , et explose violemment en présence d'eau. Cet ion, fortement contraint, est un puissant oxydant : servira-t-il un jour de carburant ou d'explosif?

### Le destin de l'Univers

Les cosmologistes assuraient que le destin de l'Univers était établi : il n'y aurait pas contraction après la phase d'expansion actuelle, mais une accélération de l'expansion. Cette assertion était fondée sur la luminosité des supernovae dans les lointaines galaxies, moins intense que prévu. Il fallait supposer cependant que la luminosité intrinsèque des supernovae lointaines est identique à celle des supernovae proches, ce que contredit un résultat récent.



### Photon par photon

La détection d'un photon unique, que ce soit par l'œil ou par un photodétecteur, est en général destructive. Pourtant, en mécanique quantique, rien n'interdit de «voir et de revoir» un unique photon. Cette prouesse expérimentale est le fruit de l'équipe de Serge Haroche, à l'École normale supérieure de Paris. Cette expérience est fondée sur la mesure de la phase du mouvement de rotation d'un électron placé sur une orbite circulaire autour d'un ion de rubidium. Le champ d'un seul photon dans la cavité suffit à inverser cette phase, sans changer l'énergie de l'électron, donc sans absorber le photon. En mesurant la phase de l'électron, on détecte ainsi le photon sans le détruire.

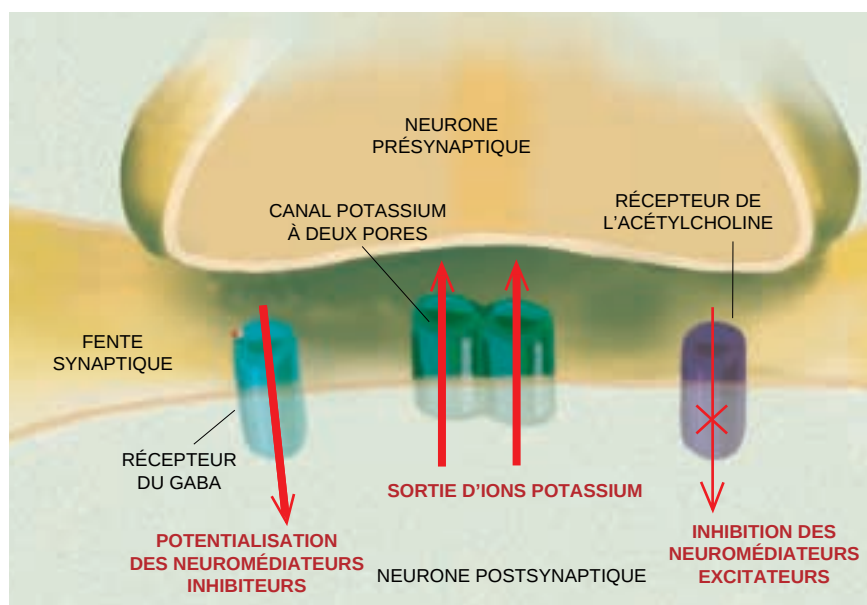
## Un nouveau mécanisme pour l'anesthésie

**Des molécules commandant le flux des ions potassium à travers la membrane des neurones sont la cible de certains anesthésiques.**

Plusieurs potions, élixirs ou autres préparations ont été utilisées pour endormir les opérés ou apaiser leur douleur. En 1842, un médecin américain a l'idée de faire respirer de l'éther à un des malades qu'il doit opérer. C'est le début de l'utilisation des anesthésiques volatils. Une anesthésie générale est caractérisée par une perte de conscience, une suppression des sensations douloureuses, un relâchement du tonus musculaire et une amnésie. Tous ces symptômes disparaissent après élimination des drogues. Pour endormir les opérés, les anesthésistes utilisent plusieurs substances qui bloquent la transmission de l'influx nerveux. Amanda Patel, Éric Honoré, Georges Roney, et leurs collègues de l'équipe de Michel Lazdunski (CNRS-UPR 411) ont découvert un nouveau mode de mise au repos du système nerveux central : les anesthésiques volatils agissent spécifiquement sur une toute nouvelle classe de molécules, des canaux potassium à deux pores.

Pour expliquer l'action des anesthésiques, on a proposé deux mécanismes : ils agiraient en se dissolvant dans les membranes des neurones, les désorganisant et inhibant la transmission des messages excitateurs ; ou bien ils se fixeraient sur des cibles spécifiques localisées sur ces membranes, notamment sur les récepteurs du GABA, le principal neuromédiateur inhibiteur du système nerveux central. Plusieurs arguments sont en faveur de cette seconde hypothèse.

Les récepteurs du GABA sont situés sur des canaux chlore, qui restent fermés tant que le neuromédiateur n'y est pas fixé. Quand le GABA se lie à son récepteur, le canal chlore s'ouvre laissant entrer des ions chlore dans le neurone postsynaptique. Cette entrée massive de charges négatives crée un hyperpolarisation qui bloque la transmission des signaux dans les neurones. Les anesthésiques qui se fixent également sur les récepteurs du GABA, renforcent encore le flux d'ions chlore : les neurones postsynaptiques sont totalement mis au repos. Pour obtenir ce mécanisme de perte réversible de conscience, on peut soit renforcer l'action d'un neuromédiateur inhibiteur (le GABA, notamment), soit inhiber l'action d'un neuromédiateur excitateur, le glutamate ou l'acétylcholine. Ces neuromédiateurs déclenchent l'émission de signaux excitateurs en se fixant sur leurs récepteurs. Toute substance (et c'est le cas de certains anesthésiques) qui prend la place de ces neuromédiateurs sur leurs récepteurs, les empêche d'agir, donc d'activer le système nerveux central.



Les anesthésiques mettent le système nerveux central au repos soit en potentialisant les neuromédiateurs inhibiteurs (tel le GABA) qui bloquent la transmission de l'influx nerveux dans les neurones postsynaptiques, soit en inhibant les neuromédiateurs excitateurs (tel l'acétylcholine) qui, au contraire, transmettent l'influx nerveux. Les nouvelles cibles des anesthésiques sont les canaux potassium à deux pores qui laissent des ions potassium quitter en masse le neurone postsynaptique, ce qui bloque également la transmission de l'influx.