

LA TERRE

50 expériences pour découvrir notre planète



Comment naissent les dunes ?
Comment une rivière creuse-t-elle une vallée ?
Comment se forment les grottes ?
Pourquoi les pierres éclatent-elles sous le froid ?
Ce livre propose une série d'expériences pour comprendre comment le vent, la pluie, la glace, les cours d'eau modèlent le visage de la Terre.

ANDRÉ PROST est géologue, ancien enseignant à l'université d'Orléans et à Paris VI, et ingénieur au Bureau des Recherches Géologiques et Minières à Orléans.

Code 002401-100 F-128 pages

Voir bon de commande page 98

BELIN • POUR LA SCIENCE

Selon une autre hypothèse, la prééclampsie serait due à un conflit génétique entre la mère et le fœtus ; ce conflit serait une conséquence d'une implantation défectueuse d'œufs de mauvaise qualité incapables de bien maîtriser la production de cytokines et d'autres facteurs signalétiques à l'interface fœto-maternelle. Au cours de l'évolution, diverses stratégies visant à limiter la naissance de nouveau-nés en mauvaise santé se sont mises en place. La prééclampsie, qui entraîne des retards de croissance des fœtus, représenterait un échec de cette stratégie.

De surcroît, deux constatations semblent indiquer que des conflits génétiques participent à l'installation de la maladie. D'une part, la prééclampsie est plus fréquente avec des fœtus mâles, et les môles hydatiformes où le patrimoine génétique n'est que d'origine paternelle. D'autre part, quand une femme a une prééclampsie lors d'une première grossesse, le risque diminue lors des grossesses ultérieures, à condition que les enfants soient du même père (on constate qu'un mécanisme d'habituation de l'organisme maternel à la présence d'antigènes d'origine paternelle se met en place). La prééclampsie résulterait-elle d'un conflit, au sein des cellules fœtales, entre les gènes d'origine maternelle et ceux d'origine paternelle ? L'« empreinte parentale » favorise l'expression d'un gène hérité du père plutôt que celle du même gène hérité de la mère, ou inversement. Une dérégulation de l'empreinte paternelle ou maternelle dans l'expression de certains gènes participerait à l'étiologie de la prééclampsie.

Enfin, pour terminer ce panorama encore parcellaire des causes possibles de la prééclampsie, signalons que certaines pathologies maternelles qui existent avant la grossesse peuvent être responsables d'une ischémie placentaire par l'intermédiaire de lésions artérielles ; c'est le cas de l'hypertension artérielle

chronique, du diabète ou de l'obésité. D'autres provoquent une hypoperfusion placentaire par des mécanismes de thrombose, c'est-à-dire d'obstruction plus ou moins complète de certains vaisseaux sanguins. D'autres maladies encore, telles les thrombophilies familiales ou acquises (dûes à des mécanismes de coagulation excessifs) et la drépanocytose homozygote (maladie génétique caractérisée par la présence, dans les globules rouges, d'une hémoglobine anormale), provoquent une hypoperfusion placentaire par des mécanismes thrombotiques. Chacune de ces pathologies maternelles peut aboutir à des phénomènes d'hypoxie placentaire et à des symptômes de prééclampsie.

À la recherche d'un test de dépistage précoce

Aujourd'hui, on commence à mieux comprendre les mécanismes physiopathologiques de la prééclampsie, maladie placentaire. La cause de la maladie reste à déterminer, mais l'objectif principal des médecins est de dépister le plus tôt possible les femmes à risques, pour les protéger, elles-mêmes et leur enfant. Plus d'une centaine de tests biologiques ou cliniques ont été proposés pour prévoir ou identifier la prééclampsie. En effet, diverses substances qui indiquent, pour la plupart, un dysfonctionnement endothélial ou un stress oxydatif, sont en concentration anormale dans le sang ou dans les urines des femmes prééclamptiques. Si l'existence d'une anomalie génétique placentaire se confirme, l'analyse de l'ADN des cellules trophoblastiques qui circulent dans le sang maternel pourrait constituer un test non invasif autorisant le dépistage précoce de cette pathologie. Une surveillance précoce de la mère et du développement du fœtus pourrait alors réduire la mortalité des femmes enceintes et celle des nouveau-nés.

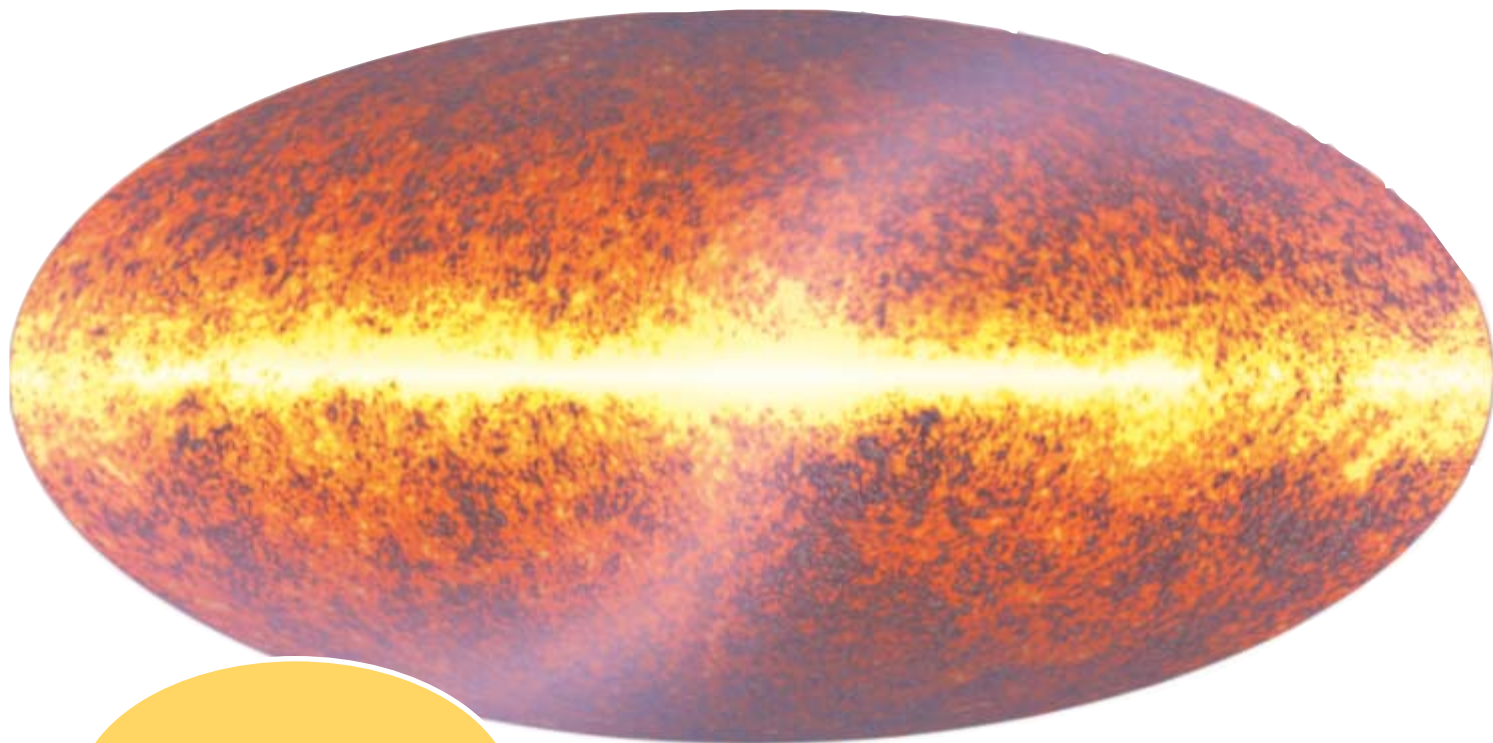
Françoise FERRÉ dirige l'unité U 361 de l'INSERM, Reproduction et physiopathologie obstétricale, à l'Hôpital Cochin-Port Royal. Bruno CARBONNE praticien hospitalier dans le Service d'obstétrique de l'Hôpital Saint-Antoine mène ses recherches dans l'Unité U 361.

J. KINGDOM et P. KAUFMANN, *Oxygen and Placental Villous Development : Origins of Fetal Hypoxia*, in *Placenta*, n°18, pp. 13-621, 1997.

B. CARBONNE, *Prématurité et anomalies de croissance fœtale*, in *Treizièmes Journées de Technologie avancée en gynécologie obstétrique*, Éditions AGPA, Paris, 1998.

G. DEKKER et al., *Etiology and pathogenesis of preeclampsia : Current concepts*, in *Am. J. Obstet. Gynecol.*, vol. 179, n° 5, pp. 1359-1375, 1998.

A. ALLAIRE et al., *Placental Apoptosis in Preeclampsia*, in *Obstetrics & Gynecology*, vol. 96, n° 2, pp. 271-276, 2000.



Mini-dossier

La cosmologie en effervescence

Depuis quelques années, la cosmologie est en effervescence et connaît un renouveau sans précédent. Des nouvelles découvertes ont mis en défaut les théories généralement admises sur l'évolution de l'Univers. Quels que soient leurs doutes, les cosmologistes ont une certitude : les réponses à quelques-unes de leurs principales questions viendront des données qu'apportera un nouveau satellite, la sonde des anisotropies micro-ondes, nommée MAP (en anglais *Microwave Anisotropy Probe*). Avec une précision qui n'a jamais été atteinte, la sonde photographiera les composants constitutifs de l'Univers à une époque reculée où les étoiles et les galaxies n'étaient qu'une lueur dans l'œil de la nature. Les caractéristiques fondamentales de notre Univers, telles que sa taille, sa forme, son contenu, son origine et sa destinée sont gravées dans cette image.

Ce jour est proche : le lancement du satellite est prévu pour l'été prochain. Jamais depuis le télescope spatial *Hubble*, un satellite n'avait suscité autant d'espoirs. Grâce à de tels instruments, la cosmologie, discipline essentiellement théorique, est devenue une science obser-

vationnelle, quantitative. L'amélioration de la précision des observations est à l'origine de la révolution qui a vu le jour il y a trois ans, quand l'observation des supernovae a révélé que l'expansion cosmique subit actuellement une phase d'accélération, une idée qui, il y a peu de temps encore, aurait fait sourire plus d'un cosmologiste.

La crise de maturité de la cosmologie observationnelle fait l'objet des deux premiers articles de ce mini-dossier.

Robert Caldwell et Marc Kamionkowski montrent comment le satellite MAP et ses successeurs apporteront les données qui consolideront les fondements de la théorie de l'inflation, théorie bien acceptée, mais pour laquelle les preuves sont ténues. Trois astrophysiciens appartenant à l'équipe de MAP, Charles Bennett, Gary Hinshaw et Lyman Page exposent brièvement les principes de leur dispositif, qui devra repérer un signal minuscule parmi des myriades de signaux parasites.

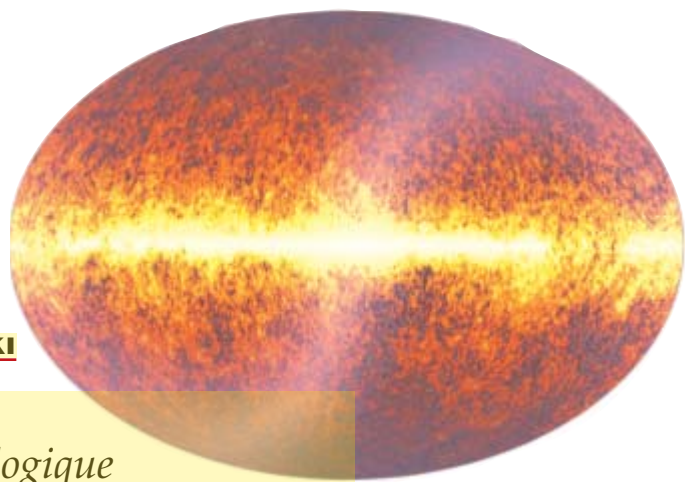
Le troisième article décrit comment la révolution cosmologique est entrée dans une nouvelle phase. Il ne suffit pas que les observateurs aient établi que l'expansion de l'Univers accélère, encore

faut-il que les théoriciens expliquent cette accélération. Depuis Einstein qui avait postulé que l'énergie du vide est constante, on admettait son hypothèse de la constante cosmologique. Aujourd'hui cette hypothèse est minée par les paradoxes, et divers astronomes, dont Jeremiah Ostriker et Paul Steinhardt lui cherchent une remplaçante, une nouvelle source d'énergie étrange, nommée «quintessence». Une des vertus de la quintessence est de réconcilier l'accélération de l'expansion de l'Univers et la vie, deux concepts qui semblent inconciliables : l'accélération serait inéluctable et catastrophique, au point qu'aucune créature vivante ne pourrait en réchapper. Heureusement, la quintessence laisse entrevoir la possibilité d'une évolution plus heureuse de l'Univers. Enfin James Peebles, le père fondateur de la cosmologie moderne, disserte sur ces nouvelles théories, tandis que João Magueijo, échauffé d'autres théories encore. Quelles que soient les découvertes à venir et les futures théories qui seront élaborées, toutes les turbulences cosmologiques récentes nous ont au moins appris qu'il ne faut rejeter aucune hypothèse.

Les échos du Big Bang

ROBERT CALDWELL • 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.



Aujourd'hui encore, les cosmologistes posent les mêmes questions que les tout premiers astronomes. Quelle est l'origine de l'Univers? Comment est-il parvenu à son état actuel? Quel est son avenir? Bien que les théoriciens spéculent depuis fort longtemps sur l'origine du cosmos, ils n'avaient que peu d'informations sur ses premiers instants pour tester leurs hypothèses. Depuis peu, les astrophysiciens disposent d'une méthode d'observation de l'Univers dans sa phase primordiale, celle où il se trouvait une fraction de seconde après le Big Bang. Ils identifient les traces d'ondes gravitationnelles dans le fond diffus cosmologique micro-onde : un rayonnement micro-onde à 2,7 kelvins qui baigne l'Univers depuis 15 milliards d'années et se refroidit au cours de son expansion.

Le fond diffus cosmologique a été émis environ 500 000 ans après le Big Bang, quand les protons et les électrons de la soupe primordiale se sont combinés pour former les atomes d'hydrogène (ce que les astrophysiciens nomment la «recombinaison»). Ce rayonnement est la pierre de Rosette de la cosmologie, car il nous donne une photographie de l'Univers primordial. En 1965, Arno Penzias et Robert Wilson, de la Société Bell, ont découvert le fond diffus cosmologique. Les astrophysiciens qui l'étudient ont mesuré que sa température est proche de 2,7 kelvins, quelle que soit la direction d'observation. Ainsi le fond diffus cosmologique isotrope semblait indiquer que l'Univers primitif était extrêmement uniforme. Dans les années 1990, le satellite d'observation

du fond diffus cosmologique COBE (*Cosmic Background Explorer*) a détecté d'infimes variations (de l'ordre de un cent-millième) dans la température du rayonnement. Ces fluctuations témoignent de l'existence de «grumeaux» dans le plasma primordial. Ces hétérogénéités ont ensuite évolué par effondrement gravitationnel pour former les grandes structures du cosmos : les galaxies et les amas de galaxies qui constituent notre Univers actuel.

Mine d'observations sur l'Univers

Grâce à des détecteurs au sol ou embarqués à bord de ballons, les astrophysiciens ont mesuré à la fin des années 1990 le fond diffus cosmologique micro-onde avec une résolution angulaire bien supérieure à celle de COBE. Ils ont mis en évidence des structures dans le plasma primordial d'un diamètre apparent inférieur à un degré sur la sphère céleste (le diamètre apparent de la lune est d'un demi degré). On déduit de la taille de ces structures que l'Univers est très plat. Ces observations s'accordent aussi avec la théorie de l'inflation, selon laquelle une phase d'expansion extrêmement rapide s'est produite juste après le Big Bang. Cette année, la NASA a prévu de lancer le satellite MAP qui cartographiera les variations de température du fond diffus cosmologique dans tout l'espace (voir l'article *Un cartographe cosmique*, page 42). Prévu pour 2007, le satellite Planck de l'Agence spatiale européenne produira une carte encore plus fine de la voûte céleste. Les cosmologistes s'attendent à tirer de ces

observations une mine d'informations sur l'Univers primordial.

Les astrophysiciens espèrent trouver des preuves directes d'une période d'inflation. La plus évidente – aussi évidente que celle du pistolet qui fume encore après le coup qui vient d'être tiré – serait l'observation des ondes gravitationnelles, dont Albert Einstein a prédit l'existence dans le cadre de sa théorie de la relativité générale. Ces ondes sont l'équivalent des ondes électromagnétiques qui, tels les rayons X, les ondes radio ou la lumière visible, perturbent le champ électromagnétique : les ondes gravitationnelles perturbent le champ de gravitation. Comme la lumière ou les ondes radio, les ondes gravitationnelles véhiculent l'énergie et l'information que leur a communiquées la source qui les a produites. De plus, elles se propagent sans entrave à travers les matériaux qui absorbent les ondes électromagnétiques. Ainsi, les ondes gravitationnelles permettent aux astrophysiciens d'observer des phénomènes qui seraient «invisibles» sinon, exactement comme les rayons X rendent les tissus transparents aux médecins qui les examinent. Toutefois, personne n'en a encore détecté directement, même si les observations astronomiques ont montré que certains objets doubles, tels que des paires d'étoiles à neutrons ou des trous noirs engendrent des ondes gravitationnelles quand ils spiralent.

Le plasma qui a rempli l'Univers pendant ses 500 000 premières années était opaque au rayonnement électromagnétique, car tout photon émis y était instantanément diffusé dans la