

Une nouvelle solution astronomique pour la calibration des échelles de temps géologiques



Date de mise en ligne : vendredi 1er octobre 2004

Observatoire de Paris - PSL Centre de recherche en astronomie et
astrophysique

Une équipe de l'IMCCE/CNRS et l'Observatoire de Paris dirigée par Jacques Laskar vient de publier une nouvelle solution pour l'évolution à long terme des mouvements orbitaux et rotationnels de la Terre. En utilisant les cycles paléoclimatiques de Milankovitch, cette solution a servi d'échelle de temps de référence pour un calibrage des enregistrements sédimentaires durant la période Néogène (0 - 23.03 millions d'années) dans la nouvelle échelle de temps géologique (GTS2004) qui vient d'être adoptée par la Commission Internationale de Stratigraphie (ICS) et l'Union Internationale des Sciences de la Géologie (IUGS). C'est la première fois qu'une solution astronomique est utilisée dans le but de déterminer la chronologie géologique de l'ICS sur l'ensemble d'une période géologique.

A cause des perturbations gravitationnelles des planètes, l'orbite de la Terre évolue lentement dans le temps, de même que l'orientation de son axe de rotation. Ces changements provoquent des variations de l'insolation à la surface de la Terre lesquelles, d'après la théorie des paléoclimats de Milankovitch (1941), sont responsables de changements climatiques importants du passé. Depuis le travail de Hays, Imbrie et Shackleton (1976) qui établit une corrélation claire sur 500 milliers d'années entre les calculs astronomiques de l'insolation et le rapport $18O/16O$ présent dans les sédiments marins, la théorie de Milankovitch a été globalement confirmée (cf : Imbrie et Imbrie, 1979, pour des détails historiques).

Actuellement, les géologues utilisent couramment l'évolution calculée de l'orbite de la Terre et de ses paramètres de rotation pour la calibration des données sédimentaires sur plusieurs millions d'années. L'Observatoire de Paris à toujours occupé une place privilégiée pour le calcul des variations des orbites des planètes à long terme. En effet, Le Verrier, connu pour la découverte de Neptune en 1846, et ancien directeur de l'Observatoire de Paris, a publié en 1856 une solution analytique de l'évolution à long terme de l'orbite de la Terre, qui fut utilisée par Milankovitch pour l'élaboration de sa théorie des paléoclimats. Plus récemment, la communauté des paléoclimatologues a utilisé successivement les solutions planétaires calculées à l'Institut de Mécanique Céleste et à l'Observatoire de Paris par Bretagnon (1974) et Laskar et al. (1993). La durée de validité de cette dernière solution est d'environ 10 millions d'années mais le progrès dans la collecte des données géologiques exigeait une nouvelle solution. A cause du comportement chaotique des orbites des planètes (Laskar, 1989), l'incertitude des calculs est multipliée par 10 tous les 10 millions d'années. Il est ainsi illusoire de rechercher une solution précise de l'évolution passée de la Terre au-delà de 100 millions d'années. En revanche, il est possible d'obtenir une solution précise sur quelques dizaines de millions d'années. La nouvelle solution publiée dans "Astronomy and Astrophysics" peut être utilisée pour le calibrage des données paléoclimatiques pour les dernières 40-50 millions d'années. Cette solution vient d'ailleurs d'être utilisée pour la mise en place de la nouvelle échelle de temps géologique (GTS2004) de la période Néogène (0-23.03 millions d'années) (Lourens et al, 2004). Cette nouvelle échelle de temps adoptée par l'Union Internationale des Sciences de la Géologie (IUGS) est le résultat d'un effort coopératif des géologues au niveau mondial, pour l'obtention d'une échelle de temps géologique pour la Terre allant de nos jours à environ 3,8 milliards d'années. L'adoption de la solution astronomique pour le calibrage de la période Néogène permet d'arriver à une précision d'environ 40 000 ans (un cycle d'obliquité) sur toute la période Néogène ce qui modifie d'environ 0,8 millions d'années la transition Néogène/Paléogène précédente, obtenue grâce aux données radiogéniques. Les auteurs du présent article montrent également qu'une modulation relativement stable de l'insolation de période 405 000 ans provenant des perturbations de Jupiter et de Saturne peut être utilisée pour toute l'ère Mésozoïque (jusqu'à environ 250 millions d'années) pour le calibrage astronomique des sédiments avec une incertitude d'environ 0,5 millions d'années après 250 millions d'années. Ce terme se rattache effectivement à un cycle géologique présent dans certains sédiments jurassiques et triassiques. A cause de la dissipation de marée dans le système Terre-Lune, la rotation de la Terre ralentit et la Lune s'éloigne d'environ 3,82 cm/an. Ceci implique une variation lente de l'obliquité (l'angle entre l'équateur et le plan de l'orbite de la Terre). Cet effet provoque une légère augmentation de l'obliquité d'environ 2 degrés par milliard d'années. Toutefois, J. Laskar et ses collègues montrent que dans un avenir proche,

Une nouvelle solution astronomique pour la calibration des échelles de temps géologiques

une résonance avec un effet gravitationnel perturbateur de Jupiter et de Saturne fera baisser l'obliquité d'environ 0,4 degrés en quelques millions d'années, avec une possible conséquence sur le climat. Lorsqu'on regarde l'évolution de l'obliquité de la Terre, il est surprenant de constater (cf : figure 2) que la traversée de cette résonance est la seule singularité significative, entre -250 millions d'années et +250 millions d'années. Cependant, étant donné que ce changement se produira dans l'avenir, les auteurs constatent qu'à moins que de nouveaux résultats sur l'évolution passée des moments d'inertie de la Terre démontrent que ce passage en résonance aurait pu exister aussi dans le passé, nous devons considérer la proximité de cette résonance comme étant une pure coïncidence. L'ensemble des solutions et des programmes d'insolation associés , sont librement disponible sur le site WEB