

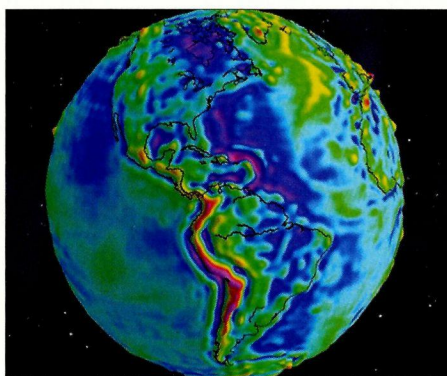
Deux satellites spécialisés mesurent l'entraînement de l'espace-temps par la Terre

La relativité générale prédit l'effet Lense-Thirring que des chercheurs viennent de confirmer à mieux que 10% près. Ils ont obtenu ce résultat en mesurant avec précision la position de deux satellites sur plus de 10 ans.

En 1918, peu après la publication par Einstein de sa généralisation de sa théorie de la relativité, deux physiciens autrichiens, Joseph Lense et Hans Thirring, ont prédit qu'un corps massif en rotation entraînerait l'espace-temps environnant. Cet entraînement du repère, ou effet Lense-Thirring, est l'un de ces phénomènes "gravitomagnétiques" qui sont absents de la gravitation newtonienne. Ils résultent du mouvement de la matière (courant de matière) et constituent des analogues gravitationnels des champs magnétiques occasionnés par des charges en mouvement (courants électriques). Parce qu'elle représente une grande quantité de matière en mouvement, la Terre en rotation est la source d'une (très faible) force gravitomagnétique.

La Lune est trop éloignée pour être notablement affectée, c'est pourquoi l'intérêt s'est porté sur les satellites artificiels LAGEOS et LAGEOS 2 (pour Laser Geodynamics Satellites) pour tenter de détecter l'effet en question. Ils ont été lancés respectivement en 1976, par la NASA, et, en 1992, depuis la navette spatiale dans le cadre d'un projet commun de la NASA avec l'agence spatiale italienne (ASI). On peut établir avec précision, à quelques millimètres près, la position instantanée d'un LAGEOS en mesurant le temps de parcours d'un rayon lumineux entre un point de la Terre et le satellite. On envoie pour cela des impulsions laser depuis 50 stations terrestres, puis on détecte les rayons réfléchis par des réflecteurs qui couvrent complètement ces satellites sphériques de la taille de ballons de plage.

Ciufolini et Pavlis viennent de publier dans *Nature* l'analyse de plusieurs millions de mesures de télémétrie laser relevées sur près de 11 ans. L'effet d'entraînement du repère dû à la Terre produit une précession de l'orbite des satellites de seulement 33 ms d'arc par an, ce qui correspond à moins de 2 m par an à une distance d'environ 12,000 km, le demi-grand axe des orbites des satellites LAGEOS. Pour compliquer encore la mesure de cet effet minuscule, il faut aussi introduire une correction pour la non sphéricité du champ gravitationnel de la Terre. En effet, le phénomène de Lense-Thirring n'a pu être détecté que

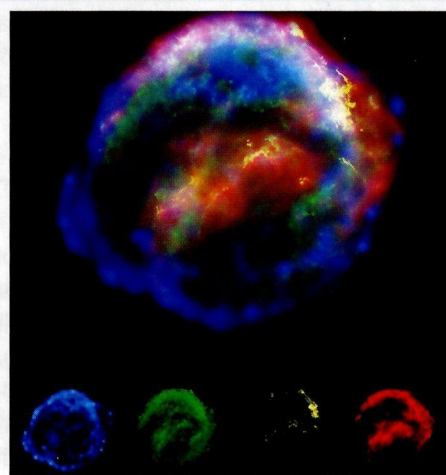


Le relief sur cette sphère (à gauche) représente l'écart entre le champ gravitationnel réel et un sphéroïde parfait, ayant une distribution de masse uniforme. Le rouge correspond à un excès et le bleu à un défaut vis-à-vis de la moyenne. Le relief a été cartographié par la mission GRACE et a servi à détecter l'entraînement du repère dans les données des satellites LAGEOS (à droite). (Illustration par F Ricci [Rome "La Sapienza"] et I Ciufolini [Lecce]; modèle terrestre fourni par le GFZ-Potsdam.)



La photo du mois

En 1604, l'astronome Johannes Képler a observé une étoile très brillante, apparemment nouvelle, dans la constellation Ophiuchus. Près de 400 ans plus tard, trois observatoires orbitaux de la NASA – le télescope spatial Hubble, le télescope spatial Spitzer et l'observatoire des rayons X Chandra – ont permis de créer cette image composite montrant les résidus en expansion de cette supernova de notre galaxie. Le bleu et le vert correspondent à l'émission des rayons X de haute et de basse énergies observés par Chandra; l'émission optique détectée par Hubble est en jaune et l'image infrarouge de Spitzer, superposée, apparaît en rouge. (NASA/ESA/JHU R Sankrit et W Blair.)



grâce à la connaissance précise des ondulations du champ de gravitation terrestre, mesurées en particulier par les deux satellites GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) de la NASA.

Cette première mesure de précision de l'entraînement du repère confirme à 10% près les prédictions d'Einstein. Il reste maintenant au satellite Gravity Probe B de la NASA, lancé cette année, à confirmer et affiner cette mesure avec une précision de 1% grâce à ses gyroscopes (*Courrier CERN* juin 2004 p13). La confirmation de

cet effet est importante car c'est l'une des dernières prédictions de la relativité générale qui restent à vérifier et il joue un rôle important sur les disques d'accrétion entourant les objets très compacts en rotation, comme les étoiles à neutrons et les trous noirs. L'effet Lense-Thirring pourrait en particulier contribuer à l'alignement des jets issus des noyaux actifs de galaxies et des quasars.

Pour en savoir plus

I Ciufolini and E C Pavlis 2004 *Nature* **431** 958.