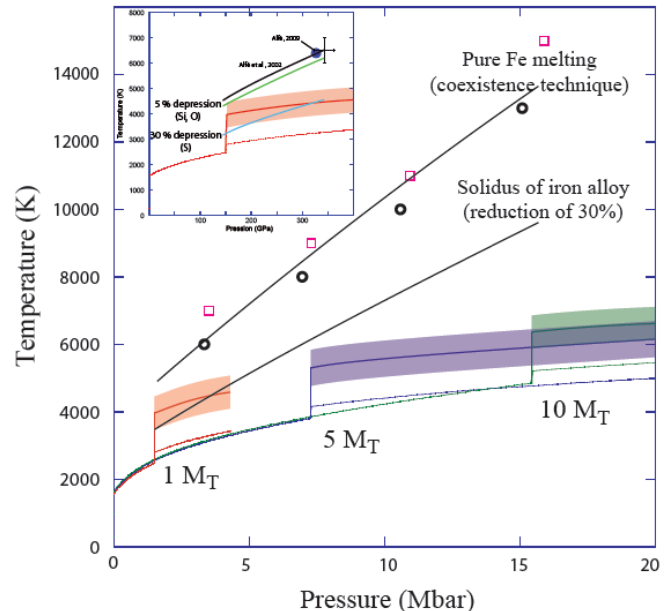


Courbe de fusion du fer : implications sur la vie extraterrestre

Depuis la découverte de la première exoplanète¹ en 1990 par Aleksander Wolszczan du radiotélescope d'Arecibo, plus de 300 planètes ont été détectées dans notre univers, toutes de masse supérieure à celle de la Terre. Si la majorité est constituée de géantes gazeuses, des planètes telluriques de dimensions proches de celles de la Terre ont récemment été observées. La dernière en date, CoRoT-7b (du nom du satellite et de la mission² à l'origine de cette découverte), est la plus petite des exoplanètes jamais observées à ce jour. Son diamètre serait d'environ deux fois celui de la Terre, sa masse restant pour l'instant inconnue³. Ces fantastiques découvertes ont bouleversé les modèles de formation des systèmes planétaires élaborés uniquement à partir du système solaire et ont relancé les questions sur l'habitabilité ou le développement d'autres formes de vie en dehors de notre planète. Les réponses à ces questions sont extrêmement difficiles à trouver car liées à de nombreux paramètres. La connaissance de notre propre planète peut toutefois nous permettre d'apporter des éléments significatifs et pertinents. Nous savons par exemple que la présence d'un champ magnétique est capitale car c'est lui qui protège la Terre du vent solaire, nocif pour la vie. Il est donc essentiel de connaître les conditions nécessaires à la présence de ce champ et de savoir si les exoplanètes découvertes à ce jour en possèdent un.

Le fer est l'élément principal du cœur des planètes telluriques. Sur la Terre, les conditions de pression et de température sont telles que le cœur est composé à la fois d'une enveloppe de fer liquide et d'une graine composée de fer solide. C'est cette couche liquide de fer, associée à la rotation de la Terre, qui est la source du champ magnétique (effet géodynamo). Les conditions de pression et de température à l'intérieur des exoplanètes permettent-elles d'avoir un cœur à la fois liquide et solide et donc un champ magnétique ? C'est à cette question qu'ont essayé de répondre une équipe du CEA-DAM associée à des géophysiciens de l'Institut de minéralogie et de physique des milieux condensés (IMPMC). La réponse se trouve dans l'étude de la courbe de fusion du fer. Comme il est impossible de reproduire en laboratoire les conditions thermodynamiques régnant dans le cœur des exoplanètes, seules les simulations peuvent apporter une réponse.



Courbes de fusion du fer pur et allié et géothermes en fonction de la masse de la planète (1, 5 et 10 masses terrestres). Le saut observé dans les géothermes est dû à la transition manteau-noyau. Pour une masse terrestre la géotherme croise la courbe de fusion du fer allié, indiquant la présence d'un noyau liquide et solide. Pour les masses plus grandes, la géotherme se situe systématiquement en dessous de la courbe de fusion : le cœur est uniquement solide

Les calculs ont été effectués en dynamique moléculaire *ab-initio* avec le code ABINIT co-développé par le CEA et des universités du monde entier. Basés sur la mécanique quantique ils permettent de reproduire le plus précisément possible les forces agissant sur les atomes et donc les mouvements atomiques. Résoudre les équations d'un système de plusieurs centaines d'atomes décrits par la mécanique quantique est un problème phénoménal. De nouveaux algorithmes permettant notamment de paralléliser les milliards d'opérations nécessaires ont ainsi été mis au point pour relever ce défi. Ces calculs ont nécessité plusieurs milliers de processeurs du CEA et du CINES et plusieurs millions d'heures.

Ces résultats montrent que les dimensions de la Terre ne sont pas loin d'être une limite à la présence d'un noyau liquide et solide. Une planète tellurique de masse de 5 fois celle de la Terre a ainsi un noyau entièrement solide et donc pas de champ magnétique. Il est donc fort peu probable que l'émergence de la vie ou l'habitabilité d'une planète soient observées sur un objet céleste aux dimensions très supérieures à celles de notre Terre.

¹ Une exoplanète, ou planète extrasolaire, est une planète orbitant autour d'une étoile autre que le Soleil.

² Corot (Convection, Rotation et Transits planétaires) est un télescope spatial dédié à l'étude de la structure interne des étoiles et à la recherche d'exoplanètes, lancé le 27 décembre 2007 par le Centre national d'étude spatiale (CNES).

³ La méthode de détection utilisée par Corot et le transit primaire. Elle est basée sur l'occultation d'une partie de la lumière d'une étoile lorsqu'un objet céleste passe entre l'étoile et l'observateur. Elle permet donc de mesurer le rayon de l'objet mais pas d'en déduire sa masse.