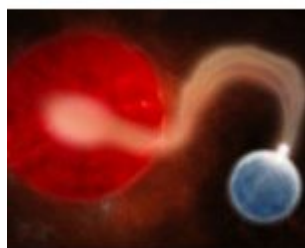


Communiqué de presse | CEA

Comprendre les oscillations des naines blanches magnétiques

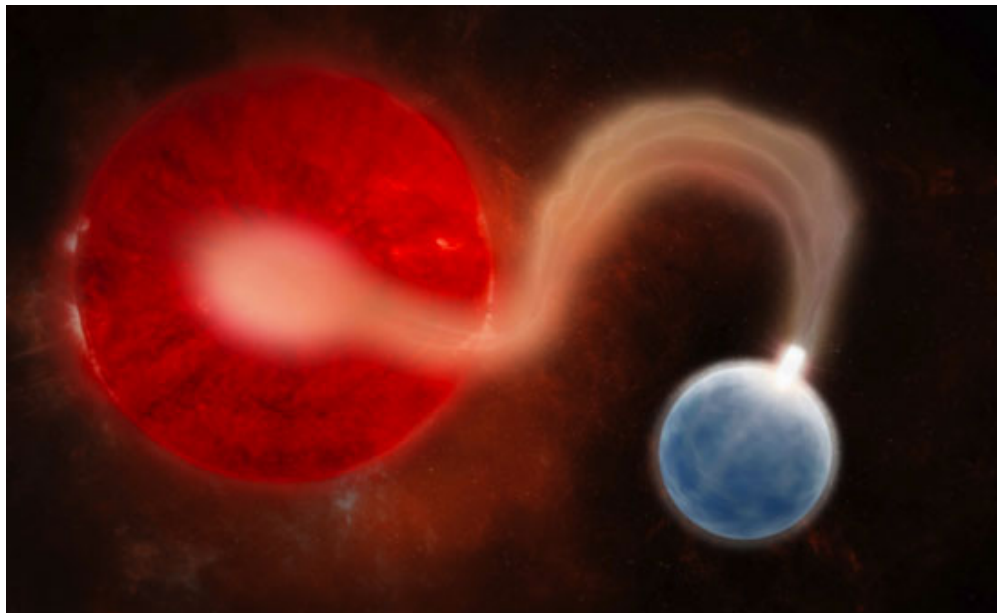


Date de mise en ligne : lundi 22 juin 2015

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

Des chercheurs du laboratoire « Astrophysique, Instrumentation, Modélisation » Paris-Saclay (AIM - CNRS/CEA/Université Paris Diderot), de la Direction des applications militaires (DAM) du CEA, et du Laboratoire Univers et Théories (LUTH - Observatoire de Paris/CNRS/Université Paris Diderot) de l'Observatoire de Paris ont réussi à modéliser un phénomène énigmatique d'oscillations quasi-périodiques présent à la surface d'étoiles « naines blanches » fortement magnétiques appelées « polars ». Grâce à des simulations numériques, ils ont pu étudier l'importance des instabilités de plasma qui conduisent à des variations rapides de la luminosité de ces étoiles. Ces résultats vont pouvoir être confirmés grâce à l'utilisation de lasers de haute énergie qui permettront dans un avenir proche de reproduire en laboratoire des conditions physiques analogues à celles rencontrées à la surface des naines blanches. Ces travaux font l'objet de deux publications dans la revue *Astronomy & Astrophysics* du 22 juin 2015.

A la fin de sa vie, le Soleil aura épuisé toutes ses ressources nucléaires. Son cœur s'effondrera alors sous l'action de la gravité en un astre très dense ayant une masse proche de celle du Soleil mais dans un volume équivalent à celui d'une planète comme la Terre. Il deviendra alors une « naine blanche ». Actuellement, les chercheurs estiment que près de 10% des étoiles de la Galaxie se sont déjà transformées en « naines blanches ». Certaines d'entre elles sont très fortement magnétiques avec un champ magnétique plus de dix millions de fois plus intense que celui du Soleil.



Vue d'artiste de la capture de matière d'une étoile compagne vers les pôles de la naine blanche magnétique. © F. Durillon/CEA.

Lorsqu'elles sont en orbite autour d'une autre étoile, les naines blanches magnétiques, aussi appelées « polars », aspirent la matière qui tombe en chute libre jusqu'à leurs pôles dans ce qui est appelé une « colonne d'accrétion », région cylindrique mesurant quelques centaines de kilomètres de rayon. Dans cette colonne, la matière en chute

libre atteint des vitesses supersoniques de l'ordre de 1000 km/s créant un phénomène d'onde de choc, analogue au « bang » des avions supersoniques. Cette onde de compression ralentit brutalement la matière qui s'échauffe et peut alors rayonner autant d'énergie qu'au coeur d'une étoile, principalement sous forme de rayons X, ultraviolets et lumière visible.

Entre 1982 et 1997, des variations de luminosité rapides ont été découvertes dans la lumière visible de cinq de ces polars, suggérant l'existence d'instabilités. Les scientifiques ont voulu comprendre l'origine de ces instabilités présentes dans ces étoiles fortement magnétiques. Dans un premier temps, et en complément de travaux antérieurs, ils ont produit des simulations numériques très précises du processus physique complexe de l'onde de choc due au déplacement de la matière dans la colonne d'accrétion des polars. Dans la majorité des cas, ces simulations ont montré l'existence de fortes instabilités se traduisant par une oscillation importante de la hauteur du choc au-dessus de la naine blanche et donc de la luminosité en rayons X. Pour la première fois, les chercheurs ont pu mettre en évidence un choc dit « secondaire » qui est « réfléchi » par la surface de la naine blanche lorsque la matière percute l'étoile.

Dans un second temps, les mêmes équipes ont recherché la présence de ces oscillations rapides, dont les périodes peuvent varier de 0,1 à 10 secondes, dans un ensemble de polars observées en rayons X par le satellite européen XMM-Newton. Mais, parmi les 24 polars qui ont été étudiées, aucun n'a pu révéler des oscillations rapides.

Dans certains cas, un champ magnétique trop fort peut amortir les oscillations et les rendre indétectables. Mais, malgré l'incertitude sur certains paramètres (masse de la naine blanche, section de la colonne d'accrétion ...), une partie au moins des polars observées par XMM aurait dû montrer des oscillations rapides dues aux variations du choc. L'obtention de ces nouveaux résultats et la découverte de l'absence de ces oscillations semblent aujourd'hui mettre en doute la validité des modèles standards sur le comportement des colonnes d'accrétion dont la physique est pourtant considérée comme bien maîtrisée.

Pour obtenir de tels résultats, les scientifiques ont mis au point des simulations numériques du comportement du plasma. Par ailleurs, les progrès réalisés en physique des lasers et l'utilisation croissante des lasers à haute densité d'énergie rendent désormais possible la reproduction en laboratoire de conditions similaires à celles rencontrées dans certaines structures de l'Univers. Ainsi, dans le cadre du projet d'expérimentation astrophysique baptisé « POLAR », le même groupe de scientifiques a déjà réussi à reproduire en partie, en laboratoire, les phénomènes physiques présents dans les colonnes d'accrétion à la surface des naines blanches. La récente mise en fonctionnement du Laser Mégajoule (LMJ) permettra, dans un futur proche et dans le cadre des expériences d'ouverture avec LMJ-PETAL, de créer une réelle maquette de colonne d'accrétion, ouvrant ainsi la voie à une véritable étude en laboratoire des instabilités de chocs.

Références

- "Quasi-periodic oscillations in accreting magnetic white dwarfs I. Observational constraints in X-rays and optical" J.M. Bonnet-Bidaud, M. Mouchet, C. Busschaert, E. Falize, C. Michaut, *Astronomy & Astrophysics*, juin 2015 (sous presse)
- "Quasi-periodic oscillations in accreting magnetic white dwarfs. II. The asset of numerical modelling to interpret observations", C. Busschaert, E. Falize, C. Michaut, J.-M. Bonnet-Bidaud, M. Mouchet, *Astronomy & Astrophysics*, juin 2015 (sous presse)