

Les pulsars et les binaires X sont-ils des étoiles étranges ?



Date de mise en ligne : vendredi 1er juin 2001

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

Les pulsars, dont on connaît aujourd'hui plus d'un millier, sont interprétés comme étant des étoiles à neutrons en rotation. De même, l'objet compact qui accrète le gaz de son compagnon dans une binaire X est interprété comme une étoile à neutrons (sauf dans quelques cas où l'on pense qu'il s'agit plutôt d'un trou noir).

Une étoile à neutrons est un objet très dense (une masse solaire dans une sphère de 10 km de rayon !), la densité centrale étant plusieurs fois supérieure à la densité dans le noyau de l'atome, soit 1017 kg/m³. Or en 1984 le physicien E. Witten a émis l'hypothèse que sous de telles conditions, l'état fondamental de la matière n'était pas l'état hadronique que nous connaissons (à savoir un mélange de quarks u et d, qui constituent les protons et les neutrons), mais un état qualifié d'"étrange" parce que comportant, en plus des quarks u et d, des quarks s (quarks étranges). Des chercheurs de l'Observatoire de Paris, en collaboration avec des collègues du Centre Nicolas Copernic de Varsovie, ont calculé des modèles théoriques d'étoiles étranges en rotation rapide et ont cherché les caractéristiques observables qui permettraient de les distinguer des étoiles à neutrons "standard", dans le but de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de Witten, et d'affiner par là notre connaissance de l'interaction nucléaire forte. Une différence qualitative importante trouvée entre les étoiles à neutrons et les étoiles étranges est qu'à l'extérieur des étoiles étranges, il existe une dernière orbite stable même pour des vitesses de rotation élevées. Cela signifie que toutes les orbites autour de l'étoile ne sont pas stables : une orbite trop proche est instable : une particule ne pourrait pas tourner autour de l'étoile mais serait irrémédiablement accrétée par celle-ci. Une telle région d'instabilité, délimitée par la dernière orbite stable, existe autour des étoiles à neutrons en rotation lente. Mais lorsqu'elles tournent trop rapidement les étoiles à neutrons "enfle" (force centrifuge) tant et si bien qu'elles englobent la dernière orbite stable, qui disparaît donc. L'existence d'une dernière orbite stable est généralement attribuée au fort champ gravitationnel de ce type d'étoile, qui nécessite d'être décrit par la Relativité Générale. Mais les chercheurs de l'Observatoire de Paris et leurs collègues polonais ont montré que, dans le cas des étoiles étranges, une telle dernière orbite stable existe même pour des masses très faibles, donc en régime non relativiste. Cela est dû à l'aplatissement important des étoiles étranges en rotation rapide et à leur grande compacité.

Des chercheurs de l'Observatoire de Paris, en collaboration avec des collègues du Centre Nicolas Copernic de Varsovie, ont calculé des modèles théoriques d'étoiles étranges en rotation rapide et ont cherché les caractéristiques observables qui permettraient de les distinguer des étoiles à neutrons "standard", dans le but de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse de Witten, et d'affiner par là notre connaissance de l'interaction nucléaire forte. Une différence qualitative importante trouvée entre les étoiles à neutrons et les étoiles étranges est qu'à l'extérieur des étoiles étranges, il existe une dernière orbite stable même pour des vitesses de rotation élevées. Cela signifie que toutes les orbites autour de l'étoile ne sont pas stables : une orbite trop proche est instable : une particule ne pourrait pas tourner autour de l'étoile mais serait irrémédiablement accrétée par celle-ci. Une telle région d'instabilité, délimitée par la dernière orbite stable, existe autour des étoiles à neutrons en rotation lente. Mais lorsqu'elles tournent trop rapidement les étoiles à neutrons "enfle" (force centrifuge) tant et si bien qu'elles englobent la dernière orbite stable, qui disparaît donc. L'existence d'une dernière orbite stable est généralement attribuée au fort champ gravitationnel de ce type d'étoile, qui nécessite d'être décrit par la Relativité Générale. Mais les chercheurs de l'Observatoire de Paris et leurs collègues polonais ont montré que, dans le cas des étoiles étranges, une telle dernière orbite stable existe même pour des masses très faibles, donc en régime non relativiste. Cela est dû à l'aplatissement important des étoiles étranges en rotation rapide et à leur grande compacité.

Coupe dans un plan méridional d'un modèle d'étoile étrange de 1,6 masse solaire en rotation à la fréquence de 1210 Hz (période 0,8 millisecondes). La partie hachurée est la croûte solide, qui est constituée de matière ordinaire. Ce modèle a été obtenu en résolvant sur ordinateur les équations de la Relativité Générale, dites équations d'Einstein.

Les pulsars et les binaires X sont-ils des étoiles étranges ?

L'intérêt du calcul de la dernière orbite stable réside dans le fait qu'elle fixe le bord intérieur d'un éventuel disque d'accrétion autour de l'étoile. Or des observations récentes du satellite *Rossby X-ray Timing Explorer* d'oscillations quasi-périodiques dans les binaires X peuvent être interprétées comme la signature du bord intérieur du disque d'accrétion autour de l'objet compact (étoile à neutrons ou étoile étrange). L'accumulation de telles observations permettra sans doute de différencier les étoiles à neutrons des étoiles étranges, ce qui aura des répercussions importantes pour la physique de la matière à très haute densité.