

Modélisation des oscillations quasi-périodiques dans les binaires X

11 février 2010

Directeur de thèse Hubert Baty
Co-encadrant Jérôme Pétri
Laboratoire Observatoire astronomique

Bien que déjà prédite dans les années 1970, la variabilité milliseconde des disques d'accrétion autour d'objets compacts de masse stellaire n'a été observée qu'à partir des années 1990. Depuis, la pléthore d'observations recueillie ne fait qu'accroître la complexité de leur phénoménologie [7]. Ces oscillations quasi-périodiques dans le domaine des kHz (kHz-QPOs) sont détectées dans les binaires X contenant une étoile à neutrons ou un trou noir de masse stellaire [6]. L'intérêt de ces kHz-QPOs tient à la nature de l'objet accrétant. En effet, une étoile à neutrons est un objet compact dont le rayon est à peine supérieur à son rayon gravitationnel (ce qui est bien évidemment aussi le cas des trous noirs). Autrement dit, l'écoulement de matière autour de ces étoiles se fait en champ gravitationnel fort où les effets de la relativité générale sont prépondérants. L'étude de ces QPOs offre donc une voie intéressante pour comprendre le comportement de la matière dans ce régime extrême où les effets de courbure de l'espace-temps sont importants (par exemple, horizon des événements, dernière orbite circulaire stable, effets d'entraînement des référentiels inertiels ainsi que des phénomènes de précession des orbites à des taux beaucoup plus élevés que ceux observés dans le système solaire). On pense que les QPOs sont liées à l'écoulement dans le disque d'accrétion autour de l'objet compact et situé dans une région proche de la surface de l'étoile à neutrons ou de l'horizon du trou noir où la fréquence orbitale est proche du kHz.

Cette thèse a pour ambition de modéliser les variations plus ou moins périodiques de l'intensité des courbes de lumière en rayon X avec des fréquences de l'ordre du kHz. L'étudiant(e) se basera sur un modèle existant faisant appel à des résonances au sein du disque [4]. Il/Elle pourra s'intéresser à différentes binaires, pour lesquelles ces QPOs sont observées de manière détaillée avec une évolution précise des caractéristiques en fonction de la fréquence des QPOs comme par exemple pour 4U 1636-536 [2]. Cela pourra se faire en partenariat avec les collègues du CESR de Toulouse (Didier Barret). Il/Elle montrera que ces QPOs peuvent s'expliquer par un phénomène de résonance paramétrique. Une première approche analytique permettra de comprendre et d'analyser les conséquences de cette résonance. Dans une deuxième phase, des simulations numériques (magnéto-)hydrodynamique en champ faible puis fort confirmeront et généraliseront cette étude préliminaire.

Cette modélisation rentrera dans le cadre de la préparation de l'instrument HTRS (High Time Resolution Spectrometer) [1] qui sera installé à bord du satellite IXO et dont la mise en orbite est prévue à l'horizon 2025. Signalons que les enjeux de cette recherche dépassent le cadre de l'astrophysique puisqu'elle apportera des tests précis sur la validité de la relativité générale, une quête majeure de l'astrophysique moderne. Elle permettra aussi de contraindre la masse et le rayon des étoiles à neutrons et par voie de conséquence les équations d'état de la matière à des densités supérieures à celle d'un noyau atomique [3, 5].

Références

- [1] D. Barret, T. Belloni, S. Bhattacharyya, M. Gilfanov, E. Gogus, J. Homan, M. Méndez, J. M. Miller, M. C. Miller, S. Mereghetti, S. Paltani, J. Poutanen, J. Wilms, and A. A. Zdziarski. Science with the XEUS high time resolution spectrometer. In *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, volume 7011 of *Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series*, August 2008.
- [2] D. Barret, J.-F. Olive, and M. C. Miller. Supporting evidence for the signature of the innermost stable circular orbit in Rossi X-ray data from 4U 1636-536. *MNRAS*, 376 :1139–1144, April 2007.
- [3] J. M. Lattimer and M. Prakash. The Physics of Neutron Stars. *Science*, 304 :536–542, April 2004.
- [4] J. Pétri. An explanation for the kHz-QPO twin peaks separation in slow and fast rotators. *A&A*, 439 :L27–L30, August 2005.
- [5] J. Pétri. Constraining the mass and moment of inertia of neutron stars from quasi-periodic oscillations in X-ray binaries. *soumis à A&A*, 2010.
- [6] R. A. Remillard and J. E. McClintock. X-Ray Properties of Black-Hole Binaries. *ARA&A*, 44 :49–92, September 2006.
- [7] M. van der Klis. *Rapid X-ray Variability*, pages 39–112. April 2006.