

Ecole Polytechnique – Année 3

PHY583 Trous noirs, étoiles à neutrons et phénomènes associés – Frédéric Daigne

**Projet n°10 – Coalescences NS+NS : l'émission électromagnétique associée**

**Objectif :** étudier les contreparties lumineuses attendues pour une coalescence de deux étoiles à neutrons et discuter en particulier le cas de la première détection GW170817.

**Description :**

1. **Kilonova.** La proposition est de concevoir un modèle simple de kilonova et de comparer les résultats aux observations de la kilonova associée à GW 170817 (coalescence de deux étoiles à neutrons). Le principe est qu'un éjecta, dit dynamique, est produit au moment de la collision des deux étoiles. Il est le siège d'une nucléosynthèse particulière, dite par capture rapide des neutrons, qui génère des noyaux lourds radioactifs (leur rapport  $n/p$  est anormal et ils reviennent vers la vallée de la stabilité par désintégration  $\beta$ ). La vitesse de l'éjecta est très élevée, donc le freinage est initialement négligeable. L'évolution de l'éjecta est alors déterminée par le premier principe de la thermodynamique

$$\frac{dU}{dt} = -P \frac{dV}{dt} + (\dot{E}_{\text{heat}} - L) ,$$

avec  $P$  la pression,  $V$  le volume,  $U$  l'énergie interne,  $L$  la luminosité rayonnée et  $\dot{E}_{\text{heat}}$  le terme de chauffage radioactif. On effectue alors les simplifications suivantes :

- Modèle à une zone : éjecta sphérique de rayon  $R$ , homogène avec une masse volumique  $\rho = \frac{3M}{4\pi R^3}$  et une température interne  $T$  ;
  - Vitesse constante :  $R(t) = vt$  (pas de freinage) ;
  - Equation d'état :  $P = \frac{1}{3}aT^4$  et  $U = VaT^4$ . On pourra par la suite vérifier que la pression thermique du gaz est bien négligeable, voire implémenter une équation d'état plus réaliste avec les deux termes ;
  - Chauffage radioactif :  $\dot{E}_{\text{heat}} = AMt^{-\alpha}$  avec  $A$  et  $\alpha$  tirées de simulations de physique nucléaire, voire documents joints ;
2. **Rémanence de la kilonova. à compléter**
  3. **Sursaut gamma. à compléter**
  4. **Rémanence du sursaut gamma. à compléter**

**Références :**

- les notes de cours
- **A compléter...**