I.4 GW150914

Le signal GW150914 détecté par LIGO le 14 septembre 2015 et représenté sur la figure 3 était produit par deux trous noirs de masse $m \approx 30\mathrm{M}_{\odot}$, situés à une distance $R \approx 440$ Mpc de la Terre (ces unités sont définies dans le préambule). Au début de la détection la fréquence ν de l'onde gravitationnelle valait $\nu_{min} = 35$ Hz, puis elle a augmenté durant 0,2 secondes pour atteindre $\nu_{max} = 150$ Hz. Pendant ce temps l'amplitude du signal a augmenté. Le signal s'est ensuite rapidement atténué et a disparu.

23) D'après le modèle que nous avons développé, notamment les questions 16 à 20, l'augmentation de la fréquence de l'onde est-elle cohérente avec celle de son amplitude ? Que traduit-elle sur la pulsation de rotation Ω de la source, sur le rayon de l'orbite r, et sur la somme $E_c + E_p$ des énergies cinétique et potentielle du système ? Qu'est-ce qui a pu causer l'interruption du signal ?

L'amplitude est proportionnelle au carré de la pulsation, donc de la fréquence.

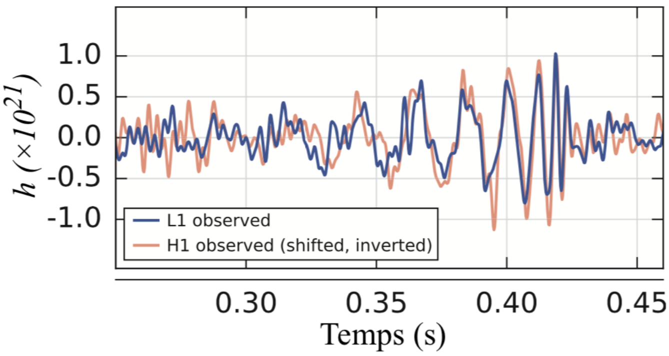

FIGURE 3 – Déformation h mesurée par deux antennes gravitationnelles de LIGO le 14 septembre 2015. Figure adaptée de B. P. Abbott et al. (LIGO Scientific Collaboration and Virgo Collaboration), "Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger", Phys. Rev. Lett. **116**, 061102 (2016).

24) En utilisant les données fournies dans le préambule, évaluer numériquement les amplitudes maximales $h_{+,max}$ et $h_{\times,max}$ des ondes gravitationnelles détectées.

Pour détecter ces ondes gravitationnelles, l'observateur situé au point de coordonnées $(0, 0, R)$ mesure les distances $L_x(t)$ et $L_y(t)$ entre sa position et celles de deux objets situés respectivement aux points de coordonnées $(L_0, 0, R)$ et $(0, L_0, R)$ dans le repère $Oxyz$.

25) En utilisant le résultat de la question 5, exprimer les variations $\delta L_x(t) = L_x(t) - L_0$ et $\delta L_y(t) = L_y(t) - L_0$ en fonction de L_0 et des fonctions $h_+(t)$ et $h_\times(t)$. Déterminer la dilatation maximale δL_x pour $L_0 = 4000$ m. Comparer, en ordre de grandeur, avec la taille caractéristique d'un noyau atomique.

$\delta L_x(t) = (1 + h_+(t))L_0$ **et** $\delta L_y(t) = (1 - h_+(t))L_0$**.**