EXERCICE 3 - La saga de la découverte des trous noirs (6 points)

L'astronome Reinhard Genzel, prix Nobel de physique en 2020, et ses collaborateurs ont apporté les preuves de l'existence d'un trou noir au centre de notre galaxie, nommé SgrA* (Sagittarius A*), dont la masse a été évaluée peu après par l'équipe d'Andrea Ghez à environ 4,4 millions de masses solaires.

D'après *Sciences et Avenir* - octobre 2020

Le but de cet exercice est d'estimer la masse M du trou noir SgrA* afin de confirmer la valeur donnée dans l'article précédent.

La **Figure 1** présente la trajectoire elliptique d'une étoile appelée S2 dans le référentiel galiléen dont l'origine est le trou noir SgrA* .

On a reporté, à coté de chaque position de l'étoile S2 la date à laquelle a été effectué le relevé. Ainsi, 2000,6 correspond à l'année 2000, accomplie au 6/10 de sa durée.
Les points F_1 et F_2 sont les foyers de l'ellipse, F_1 étant occupé par SgrA*.

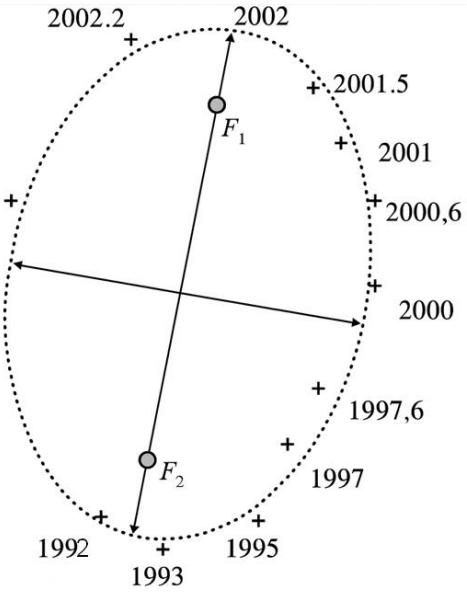


Figure 1. Relevé des positions de l'étoile S2

D'après la deuxième loi de Kepler, le rayon vecteur qui relie le centre du trou noir SgrA* à l'étoile S2 balaie des aires égales pendant des durées égales.

Q1. Expliquer que la vitesse de l'étoile S2 en 2002 est supérieure à la vitesse de S2 en 1993.

Q2. À partir de la **Figure 1**, montrer que la valeur de la période de révolution T de l'étoile S2 autour de SgrA* est de l'ordre de 19 ans.

On peut montrer que la période de révolution de l'étoile S2 est identique à celle qu'aurait une étoile fictive Sf dont la trajectoire serait circulaire autour de F_1, avec un rayon égal à la moitié du grand axe de l'ellipse parcourue par S2.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 2
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

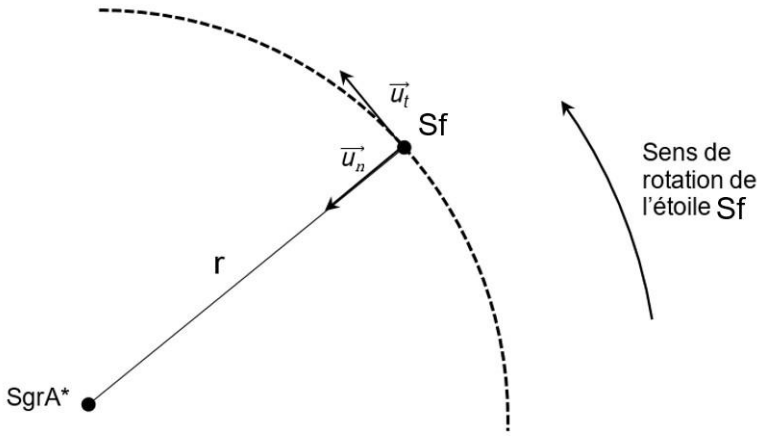


Figure 2. Portion de trajectoire circulaire de l'étoile Sf autour de SgrA*

On considère que l'étoile fictive Sf est uniquement soumise à la force gravitationnelle de SgrA* et que sa trajectoire est circulaire de rayon r. L'étude est effectuée dans le repère de Frenet (Sf, $\vec{u_t}$, $\vec{u_n}$).

On note m_f la masse de l'étoile fictive Sf.

Q3. À l'aide de la deuxième loi de Newton appliquée à l'étoile Sf considérée comme ponctuelle, exprimer son vecteur accélération $\vec{a}$ en fonction de G, M, r et du vecteur $\vec{u_n}$.

Q4. Recopier la **Figure 2** sur votre copie, sans souci d'échelle, et représenter, au point Sf, les vecteurs vitesse $\vec{v}$ et accélération $\vec{a}$ de l'étoile Sf.

Q5. En utilisant l'expression du vecteur accélération dans la base de Frenet, montrer alors que dans le cadre de l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement de l'étoile Sf est circulaire uniforme.

Q6. Montrer également que l'expression de la vitesse v de l'étoile Sf est : $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$

Q7. On définit T comme la période de révolution de l'étoile S autour du trou noir SgrA*. Retrouver l'expression de la troisième loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM}$$

Données :

- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m^3·kg^{-1}·s^{-2} ;
- masse du soleil : $M_S = 1{,}99\times10^{30}$ kg ;
- la valeur r du rayon de l'orbite de l'étoile fictive Sf : $r = 1{,}74\times10^{11}$ km ;
- la valeur de la période de révolution T de l'étoile S2 autour de SgrA* est égale à 19 ans.

Q8. Déterminer la valeur de la masse M du trou noir SgrA*. Comparer le résultat à la valeur annoncée dans l'article de *Sciences et Avenir* cité en préambule. Commenter.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 2
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer