

spécialité

Terminale Générale Scientifique

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 2h00

Les astronomes s'intéressent particulièrement aux exoplanètes (planètes situées en dehors de notre système solaire) présentant des similitudes avec notre Terre car elles pourraient éventuellement réunir des conditions indispensables à l'apparition de la vie telle que nous la connaissons.

L'objectif de cet exercice est de déterminer quelques caractéristiques d'une exoplanète dont la découverte a été annoncée en décembre 2021, dans le cadre d'un projet international.

Cette exoplanète est nommée GJ 367b, elle sera notée P dans cet exercice. Elle est en orbite autour de l'étoile hôte GJ 367, qui sera notée E.

Donnée

Constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

Partie A - Détection par la méthode du transit

Une exoplanète peut être détectée par la méthode du transit planétaire qui consiste à mesurer régulièrement la luminosité d'une étoile afin de détecter la baisse périodique de sa luminosité. Cette baisse de luminosité est associée au passage par rapport à l'observateur d'une exoplanète devant l'étoile (**figure 1** et **figure 2** ci-dessous).

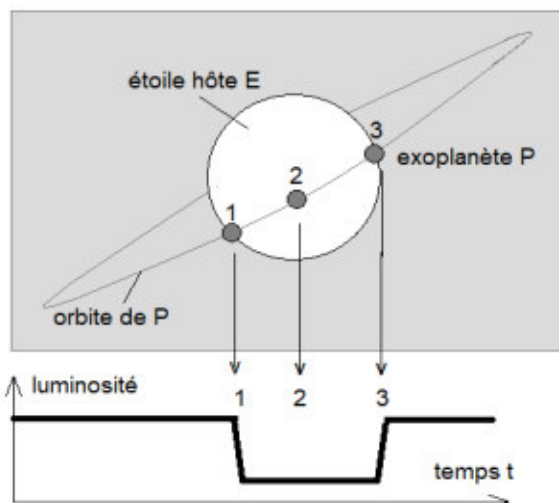


Figure 1. Variation de la luminosité de l'étoile lors d'un transit

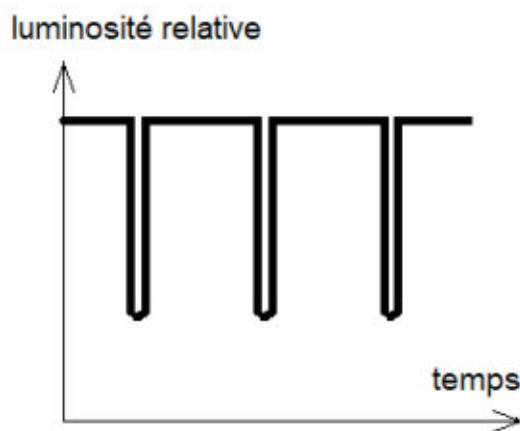


Figure 2. Variation de la luminosité d'une étoile pour trois transits consécutifs

1. À partir de la **figure 3 (ANNEXE PAGE 12/12 À RENDRE AVEC LA COPIE)**, justifier l'utilisation du terme « périodique » pour décrire la variation de luminosité de l'étoile.
2. À partir de la **figure 3 (ANNEXE PAGE 12/12 À RENDRE AVEC LA COPIE)**, déterminer la valeur de la période T du phénomène observé le plus précisément possible, en indiquant la méthode employée.

Partie B - Mouvement de l'exoplanète GJ 367b

Dans le référentiel de l'étoile E, supposé galiléen, on considère que l'orbite de l'exoplanète P est circulaire, de centre O (centre de l'étoile) et de rayon r . La masse de l'exoplanète est notée m_P .

Par ailleurs, l'exploitation d'observations complémentaires a permis de déterminer la valeur de la masse de l'étoile E : $M_E = 9,5 \times 10^{29}$ kg.

3. Sans souci d'échelle, représenter sur la **figure 4 (ANNEXE PAGE 12/12 À RENDRE AVEC LA COPIE)** la force gravitationnelle exercée par l'étoile E sur l'exoplanète P.
4. Écrire l'expression vectorielle de cette force dans le repère de Frenet (P, \vec{u}_t, \vec{u}_n) en fonction de G, M_E, m_P et r .
5. Énoncer la deuxième loi de Kepler, dite « loi des aires ».
6. Compléter la **figure 4 (ANNEXE PAGE 12/12 À RENDRE AVEC LA COPIE)** afin d'illustrer cette loi et justifier que le mouvement de l'exoplanète P est uniforme.
7. Appliquer la deuxième loi de Newton à l'exoplanète P et démontrer que la vitesse v_P de l'exoplanète P sur son orbite peut s'écrire : $v_P = \sqrt{\frac{G \times M_E}{r}}$.
8. Donner l'expression de la période de révolution T de l'exoplanète P en fonction de sa vitesse v_P et du rayon r de son orbite circulaire. En déduire l'égalité suivante :
$$T^2 = \frac{4\pi^2 \times r^3}{G \times M_E}$$
9. En admettant que $T = 7,7$ h, montrer que la valeur du rayon r de la trajectoire circulaire de l'exoplanète autour de l'étoile E est proche d'un million de kilomètres.

Partie C – GJ 367b : une exoplanète de fer ?

Concernant l'exoplanète GJ 367b, en décembre 2021, un magazine scientifique titre « *Une planète de fer a été découverte* ».

Les chercheurs ont pu déterminer que l'exoplanète P a un volume V_P égal à 37 % du volume de la Terre V_T et une masse M_P égale à 55 % de la masse de la Terre M_T .

Données

- Masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg
- Rayon de la Terre : $R_T = 6,37 \times 10^6$ m
- Masse volumique du fer : $\rho(Fe) = 7,9 \times 10^3$ kg·m⁻³
- Volume d'une sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3} \pi \times r^3$

10. Calculer la masse volumique de la planète et justifier la référence au fer dans le titre « *Une planète de fer a été découverte* ».

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 2

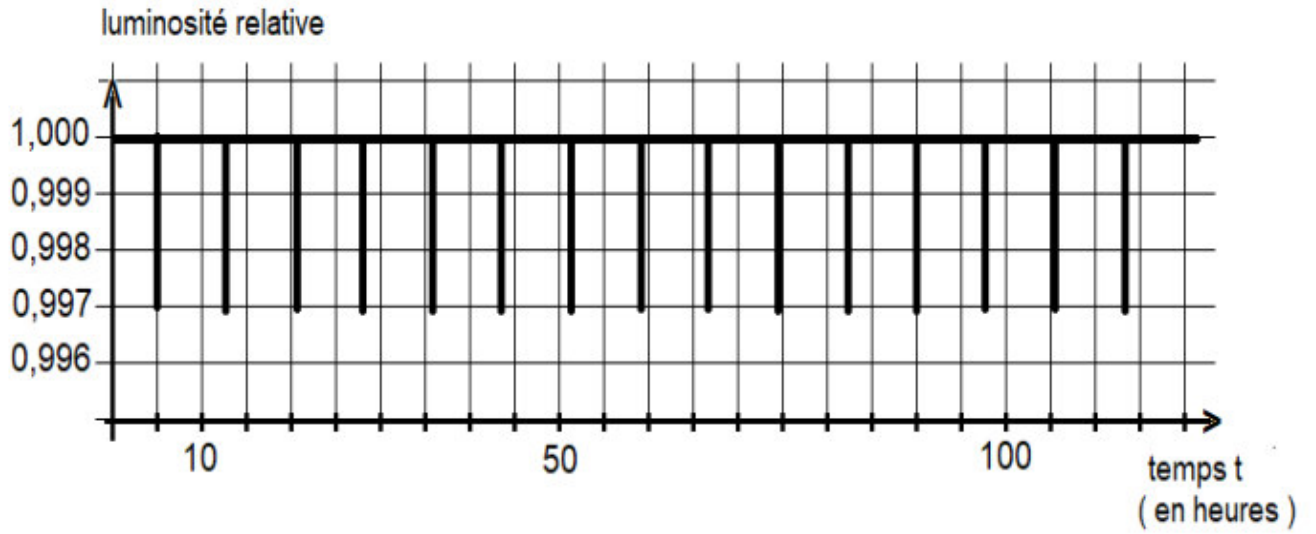


Figure 3. Variation temporelle de la luminosité relative de l'étoile GJ 367

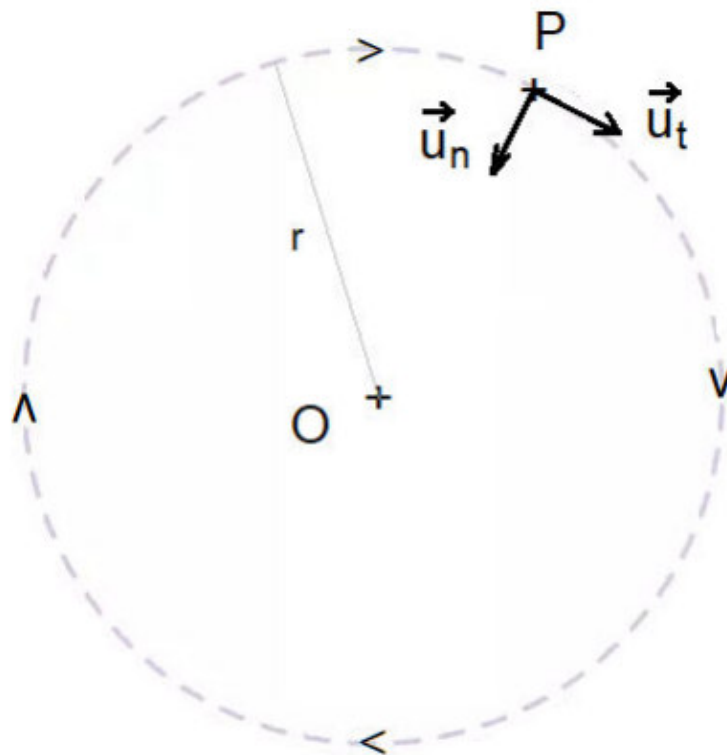


Figure 4. Trajectoire de l'exoplanète P autour du centre O de l'étoile GJ 367