

Énoncé

Exercice 1 (d'après Amérique du Nord, 2016)

Habitabilité de l'exoplanète du système HD 189733 b

Une nouvelle exoplanète a été détectée, le 15 septembre 2005, par une équipe européenne d'astronomes. La planète HD 189733 b de la constellation du Petit Renard a pu être détectée et étudiée simultanément par la combinaison de deux méthodes : vitesse radiale et occultation. Elle est l'une des rares exoplanètes dont les chercheurs ont, à ce jour, pu déterminer à la fois la masse exacte et le rayon, et conclure qu'il s'agit d'un « gros Jupiter chaud ». De ce fait, et compte tenu de la proximité (environ 60 années-lumière de la Terre), l'exoplanète HD 189733 b offre à la communauté scientifique de riches horizons d'études complémentaires.

L'étoile du système HD 189 733 b est une étoile dont les caractéristiques sont assez proches de celle du Soleil : les températures de surface sont voisines, la masse de l'étoile est $M_E = 0,82 \times M_0$, où M_0 est la masse du Soleil ($M_0 = 1,989 \times 10^{30}$ kg).

Zone d'habitabilité d'une planète

La zone d'habitabilité se définit par une fourchette de distance entre une planète et son étoile. Elle correspond à une zone dans laquelle la quantité d'énergie reçue par la planète permet à l'eau d'exister sous forme liquide. Dans notre système solaire, c'est le cas de la Terre située à 1 UA, qui reçoit environ 1 000 Watts par mètre carré d'énergie rayonnée par le Soleil. Si l'on s'approche du Soleil et que l'on dépasse Vénus située à 0,723 UA, la quantité d'énergie reçue est trop importante et l'eau se vaporise. Si on s'en éloigne et que l'on dépasse Mars située à 1,52 UA, alors l'eau n'existe plus que sous forme de glace. Or, seule l'eau liquide permet à la vie d'exister sous la forme que nous lui connaissons.

La taille et la position de la zone d'habitabilité dépendent naturellement de la puissance de l'étoile qui émet le rayonnement lumineux. Si l'étoile est petite, la zone d'habitabilité sera beaucoup plus proche d'elle que s'il s'agit d'une étoile géante.

Donnée : 1 UA = $1,50 \times 10^8$ km.

D'après <http://www.sciencesetavenir.fr>

On se propose à présent de déterminer la distance séparant l'étoile de son exoplanète.

1. Énoncer la troisième loi de Kepler.

2. Montrer, en utilisant la deuxième loi de Newton et en explicitant les différents termes, que pour une trajectoire circulaire cette loi s'écrit :

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

3. En déduire la distance moyenne entre la planète et l'étoile ($G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$). Pour l'exoplanète étudiée, on a $T = 2,25$ jours.

4. La planète du système HD 189733 b appartient-elle à la zone d'habitabilité ?

Exercice 2 (d'après Asie, 2015)

La constellation Galileo désigne le système européen de navigation par satellite initié par l'Union européenne et l'Agence spatiale européenne. À terme, elle sera composée de trente satellites répartis en trois orbites circulaires à une altitude de 23 522 km. Cette configuration permet de recevoir simultanément, en tout lieu de la surface terrestre et à tout instant, les signaux émis par un minimum de quatre satellites. Les signaux de Galileo couvriront des latitudes allant jusqu'à 75° nord et sud.

Caractéristiques techniques de Galileo et de ses concurrents

Pour certains services, Galileo sera compatible avec les deux principaux réseaux de satellites de radionavigation, le système GPS américain et le système Glonass russe. Sur le plan technique, il n'y a pas d'innovation majeure ; le relevé de position résultera d'un calcul de durée de parcours du signal entre quatre satellites émetteurs et l'appareil récepteur. C'est dans la précision et la robustesse du signal que Galileo compte se distinguer. Grâce aux horloges atomiques européennes plus précises embarquées dans les satellites, le système Galileo aura une précision de localisation en temps réel de moins d'un mètre pour les services de haute précision, et de moins de cinq mètres pour le grand public, ce qu'aucun autre système public n'autorise actuellement. Les satellites du système Galileo utilisent plusieurs bandes de fréquence pour transmettre les différents signaux. Ceci permet de :

- mieux protéger les données lors du passage de l'ionosphère, couche de l'atmosphère chargée électriquement ;
- limiter les « canyons urbains », zones où les problèmes de réflexion sur les bâtiments sont propices aux erreurs de calcul de position.

D'après *Sciences et Avenir* - Juin 2014

Nom du dispositif	GALILEO	GPS	GLONASS
Nombre de satellites	30	24	29

Altitude b de mise en orbite	23 522 km	20 200 km	19 100 km
Nombre de bandes de fréquence	3	3	2
Période de rotation d'un satellite		11 h 58 min	11 h 15 min

Données :

- rayon de la Terre : $R_T = 6\,380$ km ;
- masse de la Terre : $M_T = 5,98 \times 10^{24}$ kg ;
- constante de gravitation universelle : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Dans cette partie, on s'intéresse uniquement au mouvement du satellite sur une orbite considérée comme circulaire.

1. Énoncer la deuxième loi de Kepler, ou loi des aires, dans le cas général, et l'illustrer par un schéma.
2. Montrer que, dans l'approximation d'une trajectoire circulaire, le mouvement du satellite est uniforme.
3. Comparer qualitativement la période d'un satellite du système Galileo à celles des satellites GPS et Glonass.
4. Vérifier la réponse de la question précédente par un calcul.