

Satellites et lois de Kepler

Exercices de sciences physiques - niveau Terminale

Vingt exercices sur les satellites : gravitation, vitesse et période, troisième loi, loi des aires, masses d'astres et orbite géostationnaire. Ces exercices sur les lois de Kepler se travaillent d'abord seul(e) ; le corrigé est séparé. Données utiles : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$; $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$; $R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}$; donc $G M_T = 3,98 \times 10^{14} \text{ m}^3/\text{s}^2$.

Cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices sur les lois de Kepler

Exercice 1 : Questions de cours

1. Énonce la loi de gravitation universelle avec les unités.
2. Énonce les trois lois de Kepler.
3. Quelle est la direction de l'accélération d'un satellite en orbite circulaire ? Dépend-elle de sa masse ?
4. Comment varient la vitesse et la période d'un satellite quand son altitude augmente ?
5. Quelles sont les trois conditions d'une orbite géostationnaire ?

Exercice 2 : Vrai ou faux ?

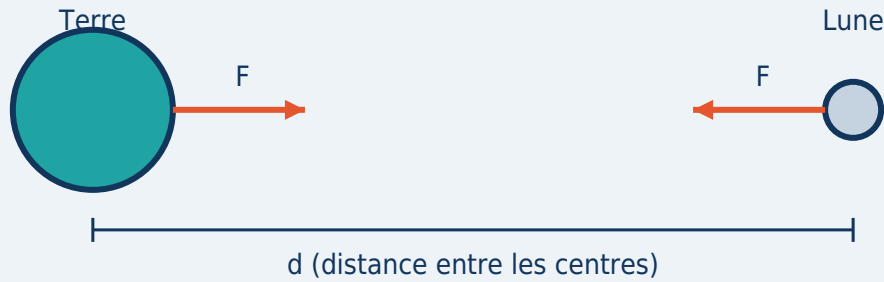
Dis si chaque affirmation est vraie ou fausse et justifie.

- a. Si la distance entre deux astres double, la force gravitationnelle est divisée par 2.
- b. La vitesse d'un satellite en orbite circulaire est indépendante de sa masse.
- c. Un satellite plus haut tourne plus vite qu'un satellite plus bas.
- d. Dans la loi des aires, la vitesse d'une planète est maximale à l'aphélie.
- e. Un satellite géostationnaire peut être en orbite au-dessus de Paris.
- f. La période d'un satellite en orbite circulaire ne dépend que du rayon de l'orbite et de la masse de l'astre attracteur.

Exercice 3 : La force Terre-Lune

Données : masse de la Lune $m_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$; distance Terre-Lune (de centre à centre) $d = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$.

schéma hors échelle



Les deux forces ont la même valeur et des sens opposés.

1. Calcule la valeur de la force exercée par la Terre sur la Lune.
2. Quelle est la valeur de la force exercée par la Lune sur la Terre ? Justifie.
3. Calcule l'accélération de la Lune due à cette force. Compare-la à $g_0 = 9,78 \text{ m/s}^2$.

Exercice 4 : Champ gravitationnel

1. Établis l'expression du champ gravitationnel $g(r)$ d'un astre de masse M .
2. Calcule g à la surface de la Terre ($r = R_T$).
3. Calcule g à l'altitude $h = 400 \text{ km}$.
4. Un astronaute de masse 80 kg est à cette altitude : calcule la force gravitationnelle qu'il subit. Pourquoi flotte-t-il dans la station ?

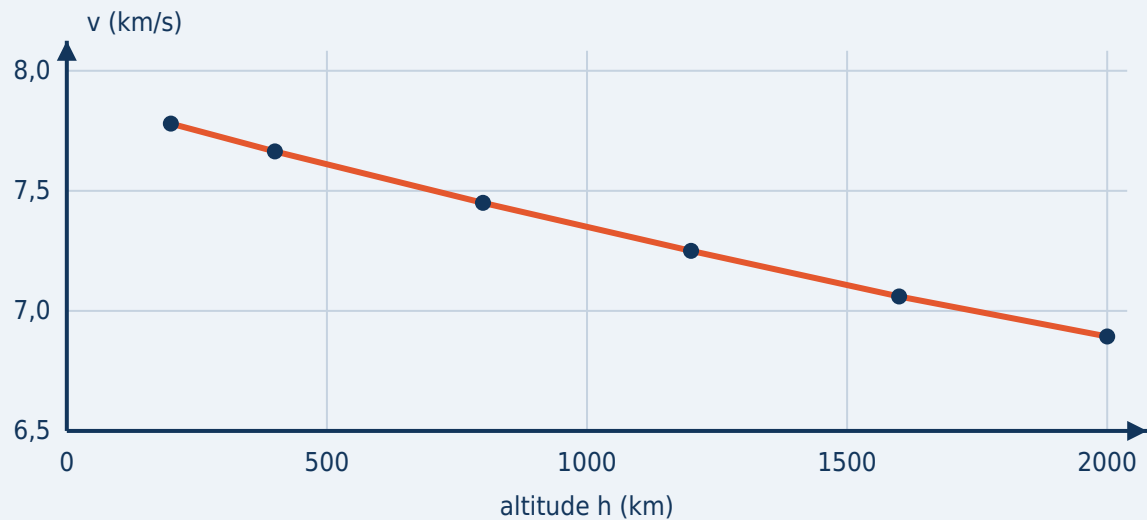
Exercice 5 : Un satellite d'observation

Un satellite décrit une orbite circulaire à l'altitude $h = 800 \text{ km}$.

1. Calcule le rayon r de l'orbite.
2. Établis l'expression de sa vitesse puis calcule-la.
3. Calcule sa période en secondes puis en minutes.

Exercice 6 : Vitesse et altitude

Le graphique donne la vitesse d'un satellite en orbite circulaire autour de la Terre en fonction de son altitude.



Vitesse d'un satellite en fonction de son altitude.

1. Que constates-tu quand l'altitude augmente ? Explique avec l'expression de v .
2. Lis la vitesse à 1 000 km d'altitude.
3. Vérifie cette valeur par le calcul.
4. Un satellite à 400 km d'altitude est-il plus rapide ou plus lent qu'un satellite à 1 500 km ? Quel est l'écart lu sur le graphique ?

Exercice 7 : Orbite géostationnaire

Donnée : période de rotation sidérale de la Terre $T = 86\,164$ s.

1. Pourquoi l'orbite géostationnaire est-elle forcément dans le plan équatorial ?
2. Calcule le rayon r de l'orbite à partir de la troisième loi.
3. Déduis l'altitude du satellite.
4. Calcule sa vitesse.

Exercice 8 : Troisième loi et planètes

Pour les planètes du Soleil, $T^2 \div a^3 = 1$ si T est en années et a en ua.

1. Mars a une période $T = 1,88$ an. Calcule son demi-grand axe en ua.
2. Vénus a un demi-grand axe $a = 0,723$ ua. Calcule sa période en jours.
3. Un astéroïde a un demi-grand axe $a = 2,77$ ua. Calcule sa période.

Exercice 9 : La comète de Halley

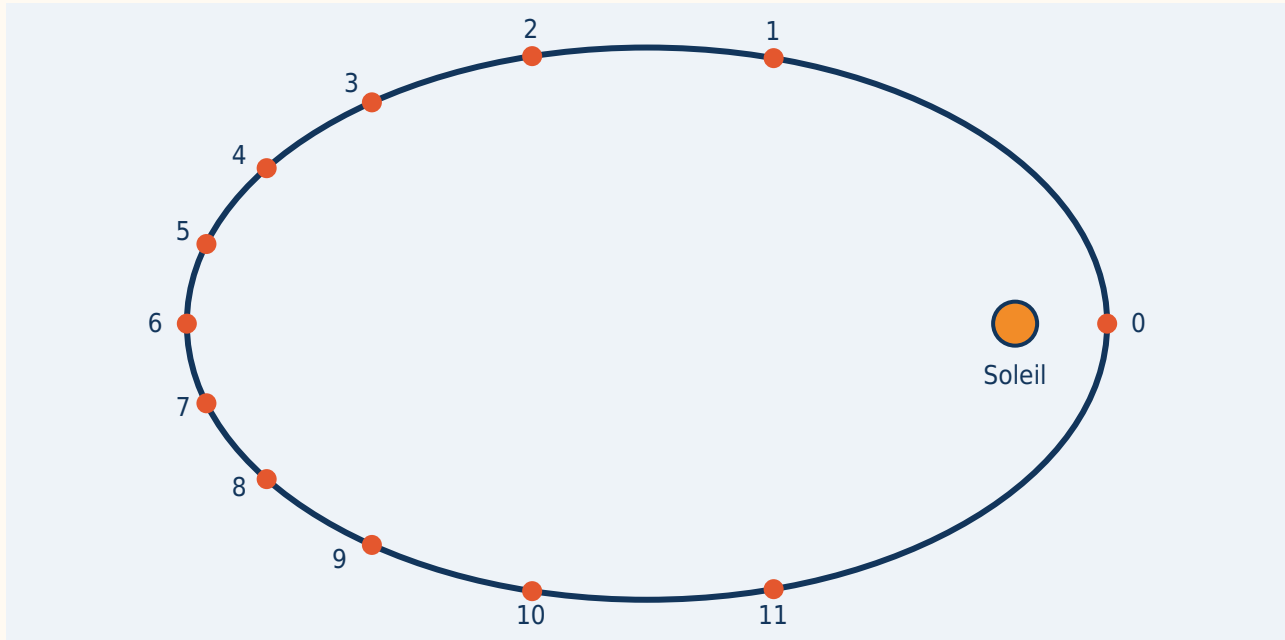
La comète de Halley passe au périhélie à $r_p = 0,586$ ua du Soleil et à l'aphélie à $r_a = 35,1$ ua.

1. Calcule le demi-grand axe de son orbite.
2. Calcule sa période en années.
3. Au périhélie et à l'aphélie, la vitesse est perpendiculaire au segment Soleil-comète.

Compare les vitesses v_p et v_a en utilisant la loi des aires.

Exercice 10 : Positions d'une comète

Une comète de période $T = 12$ ans a été repérée toutes les années (positions numérotées de 0 à 11 sur le schéma). Le Soleil occupe un foyer de l'ellipse.



Positions de la comète à intervalles réguliers d'un an.

1. Quelle est la durée entre deux positions consécutives ?
2. Où la comète va-t-elle le plus vite ? le plus lentement ? Justifie avec la loi des aires.
3. Compare les aires balayées entre les positions 0 et 1, et entre 5 et 6.
4. Détermine le demi-grand axe a en ua (T en années, a en ua).
5. L'excentricité vaut $e = 0,80$. Calcule le périhélie $r_p = a(1 - e)$ et l'aphélie $r_a = a(1 + e)$, puis le rapport $r_a \div r_p$.

Exercice 11 : La masse du Soleil

La Terre décrit autour du Soleil une orbite quasi circulaire de rayon $a = 1,496 \times 10^{11}$ m en $T = 365,25$ jours.

1. Exprime T en secondes.
2. Établis l'expression de la masse M_s du Soleil à partir de la troisième loi.
3. Calcule M_s .
4. Cette méthode permettrait-elle de déterminer la masse de la Terre ? Justifie.

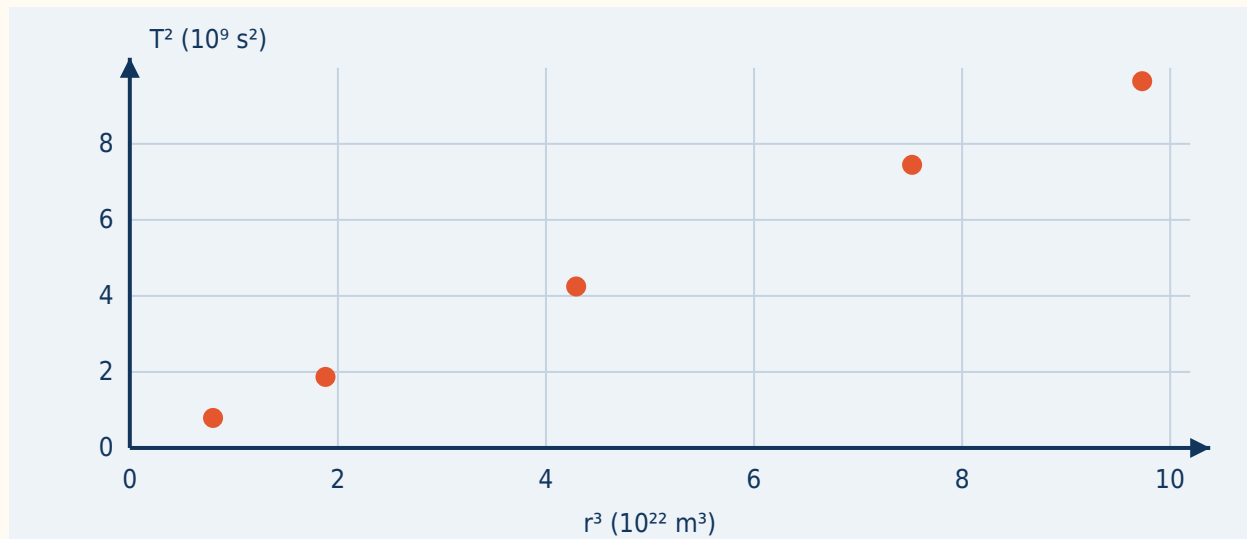
Exercice 12 : La masse de Jupiter

Le satellite Io décrit autour de Jupiter une orbite quasi circulaire de rayon $a = 4,22 \times 10^8$ m avec une période $T = 1,77$ jour.

1. Convertis T en secondes.
2. Calcule la masse de Jupiter.
3. Compare à celle de la Terre ($5,97 \times 10^{24}$ kg) : combien de fois Jupiter est-elle plus massive ?

Exercice 13 : Exploiter un graphique

Pour cinq satellites artificiels de la Terre, on a reporté le carré de la période en fonction du cube du rayon d'orbite.



Carré de la période en fonction du cube du rayon d'orbite pour cinq satellites.

1. Quelle propriété de la troisième loi de Kepler ce graphique illustre-t-il ?
2. Détermine le coefficient directeur de la droite moyenne et exprime-le en s^2/m^3 .
3. Dédus-en la masse de la Terre.
4. Compare avec $M_T = 5,97 \times 10^{24}$ kg : calcule l'écart relatif.

Exercice 14 : La station spatiale

La station évolue à $h = 400$ km.

1. Calcule sa vitesse en m/s puis en km/h.
2. Calcule sa période en minutes.
3. Combien de tours effectue-t-elle en 24 h ?
4. Un astronaute y voit environ 15 lever de Soleil par jour : explique.

Exercice 15 : Les satellites GPS

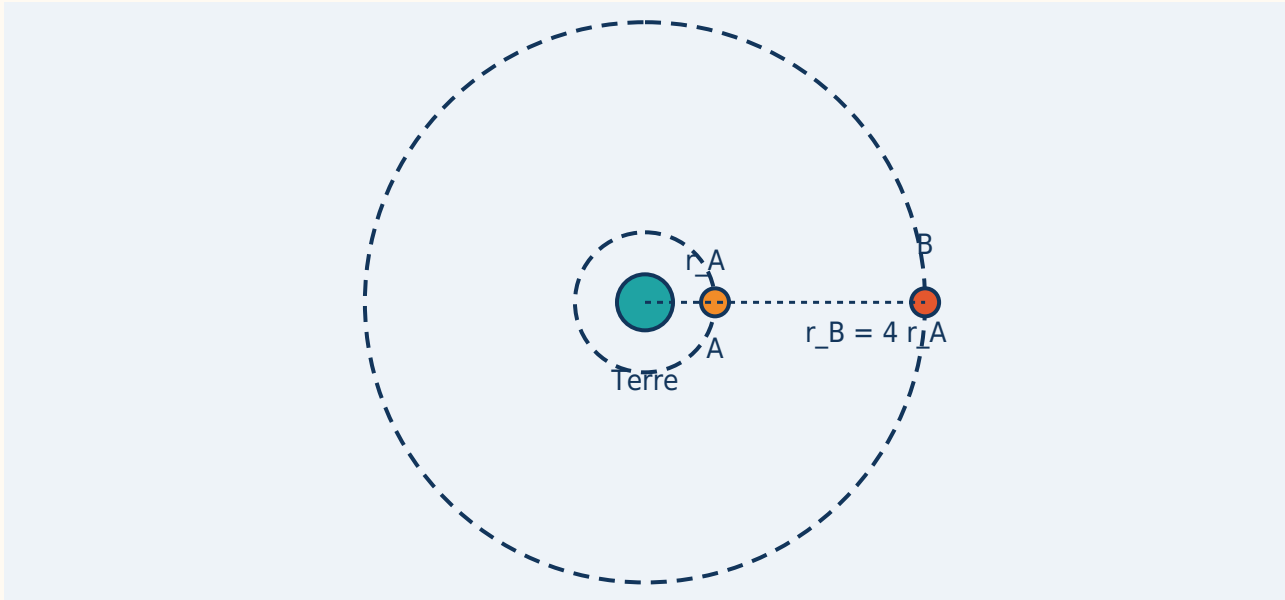
Un satellite de navigation est en orbite circulaire à l'altitude $h = 2,02 \times 10^7$ m.

1. Calcule le rayon de l'orbite.
2. Calcule la période du satellite, en heures et minutes.
3. Calcule sa vitesse.

4. Compare sa période à la période de rotation de la Terre sur elle-même. Ce satellite est-il géostationnaire ?

Exercice 16 : Deux satellites

Deux satellites A et B décrivent des orbites circulaires autour de la Terre, de rayons r_A et $r_B = 4 r_A$.



Orbites circulaires coplanaires de rayons r_A et r_B .

1. Exprime le rapport $v_B \div v_A$.
2. Exprime le rapport $T_B \div T_A$.
3. Si $T_A = 90$ min, que vaut T_B ?
4. Lequel des deux a la plus grande accélération ? Combien de fois ?

Exercice 17 : La distance Terre-Lune

La Lune décrit une orbite quasi circulaire autour de la Terre avec la période $T = 27,3$ jours.

1. Convertis T en secondes.
2. Calcule le rayon de l'orbite lunaire à partir de la troisième loi.
3. Déduis la vitesse de la Lune sur son orbite.

Exercice 18 : Freinage et altitude

À cause des frottements avec les derniers atomes de l'atmosphère, l'altitude de la station spatiale diminue lentement de 400 km à 350 km.

1. Calcule la vitesse sur l'orbite à 400 km puis à 350 km.
2. Que remarques-tu ? Pourquoi est-ce surprenant ?
3. Explique cette observation avec l'expression de v .

Exercice 19 : Un satellite d'observation de la Terre

Un satellite d'observation évolue en orbite circulaire à l'altitude de 700 km.

1. Calcule sa vitesse et sa période.
2. Combien de tours effectue-t-il par jour ?
3. Pourquoi ne peut-il pas survoler en permanence la même région du globe ?

Exercice 20 : Pourquoi un satellite de télévision est-il géostationnaire ?

Rédige un court texte argumenté qui explique l'intérêt d'une orbite géostationnaire pour la télévision par satellite et qui justifie, à l'aide de la troisième loi de Kepler et de tes calculs, pourquoi l'altitude d'un tel satellite ne peut pas être choisie librement. Compare avec un satellite à 800 km d'altitude : combien de satellites faudrait-il pour assurer un service continu ?