

Satellites et lois de Kepler

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices sur les satellites et les lois de Kepler. Chaque calcul est écrit avec les unités et un nombre de chiffres significatifs cohérent ; compare la méthode, en particulier la différence entre altitude h et rayon d'orbite r .

Puis, ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé lois Kepler

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

- $F = G m_A m_B \div r^2$, avec F en N, m en kg, r en m et $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.
- Orbites** : ellipses dont le Soleil est un foyer. **Aires** : aires égales balayées en durées égales. **Périodes** : $T^2 \div a^3 = \text{constante}$ pour tous les astres autour du même attracteur.
- Radiale, **dirigée vers le centre** de la Terre, de valeur $G M \div r^2$; elle ne dépend **pas de la masse** du satellite.
- Quand l'altitude augmente, la vitesse **diminue** et la période **augmente**.
- Orbite **circulaire**, dans le **plan équatorial**, sens de rotation de la Terre, période de 86 164 s.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- Faux** : F varie en $1 \div r^2$, elle est divisée par 4.
- Vrai** : $v = \sqrt{G M \div r}$, la masse du satellite se simplifie.
- Faux** : v diminue quand r augmente.
- Après cela, faux** : elle est maximale au **périhélie**, minimale à l'aphélie.
- Faux** : un satellite géostationnaire n'est au-dessus que de l'équateur.
- Vrai** : $T = 2\pi \sqrt{r^3 \div (G M)}$.

Correction de l'exercice 3 : La force Terre-Lune

- $F = G M_T m_L \div d^2 = 6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22} \div (3,84 \times 10^8)^2 = \mathbf{1,98 \times 10^{20} \text{ N}}$.

2. Puis la même valeur, $1,98 \times 10^{20} \text{ N}$, en sens opposé : principe des actions réciproques.
3. $a = F \div m_L = 1,98 \times 10^{20} \div 7,35 \times 10^{22} = 2,7 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$, environ 3 600 fois plus faible que g_0 ($9,78 \div 2,7 \times 10^{-3} \approx 3,6 \times 10^3$).

Correction de l'exercice 4 : Champ gravitationnel

1. Ensuite, un objet de masse m subit $F = G M m \div r^2$; le champ est $g = F \div m = G M \div r^2$.
2. $g(R_T) = 3,98 \times 10^{14} \div (6,38 \times 10^6)^2 = 9,78 \text{ N/kg}$.
3. $r = 6,78 \times 10^6 \text{ m}$: $g = 3,98 \times 10^{14} \div (6,78 \times 10^6)^2 = 8,66 \text{ N/kg}$.
4. $F = m g = 80 \times 8,66 = 6,9 \times 10^2 \text{ N}$. Puis il flotte car la station et lui sont en **chute libre** avec la même accélération : il n'appuie plus sur le plancher.

Correction de l'exercice 5 : Un satellite d'observation

1. $r = R_T + h = 6,38 \times 10^6 + 8,0 \times 10^5 = 7,18 \times 10^6 \text{ m}$.
2. $m a = G M m \div r^2$ et $a = v^2 \div r$ donnent $v = \sqrt{(G M \div r)} = \sqrt{(3,98 \times 10^{14} \div 7,18 \times 10^6)} = 7,45 \times 10^3 \text{ m/s}$.
3. $T = 2\pi r \div v = 2\pi \times 7,18 \times 10^6 \div 7,45 \times 10^3 = 6,06 \times 10^3 \text{ s}$, soit **101 min**.

Correction de l'exercice 6 : Vitesse et altitude

1. De plus, la vitesse **diminue** : $v = \sqrt{(G M \div r)}$ décroît quand $r = R_T + h$ augmente.
2. À $h = 1\,000 \text{ km}$ on lit environ **7,35 km/s**.
3. $r = 7,38 \times 10^6 \text{ m}$; $v = \sqrt{(3,98 \times 10^{14} \div 7,38 \times 10^6)} = \sqrt{(5,39 \times 10^7)} = 7,35 \times 10^3 \text{ m/s}$, conforme.
4. À 400 km : environ $7,66 \text{ km/s}$; à $1\,500 \text{ km}$: environ $7,1 \text{ km/s}$ (entre les points à $1\,200 \text{ km}$ et $1\,600 \text{ km}$). Ensuite, le satellite à 400 km est **plus rapide**, d'environ $0,5 \text{ km/s}$.

Correction de l'exercice 7 : Orbite géostationnaire

1. Par ailleurs, le centre de l'orbite doit être le centre de la Terre (force dirigée vers ce centre) ; pour rester fixe au-dessus d'un point, celui-ci tourne en cercle d'axe l'axe des pôles : seul l'**équateur** a son plan qui contient le centre de la Terre.
2. $r = (G M_T T^2 \div 4\pi^2)^{1/3} = (3,98 \times 10^{14} \times 86\,164^2 \div 39,48)^{1/3} = (7,49 \times 10^{22})^{1/3} = 4,22 \times 10^7 \text{ m}$.
3. $h = r - R_T = 4,22 \times 10^7 - 6,38 \times 10^6 = 3,58 \times 10^7 \text{ m}$ soit $35\,800 \text{ km}$.

4. $v = 2\pi r \div T = 2\pi \times 4,22 \times 10^7 \div 86\,164 = \mathbf{3,07 \times 10^3 \text{ m/s.}}$

Correction de l'exercice 8 : Troisième loi et planètes

1. $a^3 = T^2 = 1,88^2 = 3,53$ donc $a = 3,53^{1/3} = \mathbf{1,52 \text{ ua.}}$
2. $T^2 = 0,723^3 = 0,378$ donc $T = \mathbf{0,615 \text{ an}}$, soit $0,615 \times 365,25 = \mathbf{225 \text{ jours.}}$
3. $T^2 = 2,77^3 = 21,3$ donc $T = \mathbf{4,61 \text{ ans.}}$

Correction de l'exercice 9 : La comète de Halley

1. $2a = r_p + r_a = 35,686 \text{ ua}$ donc $\mathbf{a = 17,84 \text{ ua.}}$
2. $T = a^{3/2} = 17,84^{3/2} = \mathbf{75,4 \text{ ans.}}$
3. Aux extrémités du grand axe, l'aire balayée pendant Δt vaut $\frac{1}{2} r v \Delta t$: $r_p v_p = r_a v_a$, donc $\mathbf{v_p \div v_a = r_a \div r_p = 35,1 \div 0,586 = 59,9}$: la comète est environ 60 fois plus rapide au périhélie.

Correction de l'exercice 10 : Positions d'une comète

1. $\mathbf{T \div 12 = 1 \text{ an}}$ entre deux positions consécutives.
2. Puis elle va le plus vite près du Soleil, entre les positions 11, 0 et 1 (positions très écartées), et le plus lentement loin du Soleil, vers la position 6 (positions serrées) : à durée égale, le segment Soleil-comète doit balayer la même aire, donc l'arc est plus long quand le segment est court.
3. Ensuite, les aires sont **égales** (même durée d'un an) : loi des aires.
4. $a^3 = T^2 = 144$ donc $a = 144^{1/3} = \mathbf{5,24 \text{ ua.}}$
5. $r_p = 5,24 \times (1 - 0,80) = \mathbf{1,05 \text{ ua}}$; $r_a = 5,24 \times 1,80 = \mathbf{9,43 \text{ ua}}$; $r_a \div r_p = \mathbf{9,0}$: la vitesse au périhélie est 9 fois celle de l'aphélie.

Correction de l'exercice 11 : La masse du Soleil

1. $T = 365,25 \times 24 \times 3\,600 = \mathbf{3,156 \times 10^7 \text{ s.}}$
2. $T^2 \div a^3 = 4\pi^2 \div (G M_s)$ donne $\mathbf{M_s = 4\pi^2 a^3 \div (G T^2).}$
3. $M_s = 39,48 \times (1,496 \times 10^{11})^3 \div (6,67 \times 10^{-11} \times (3,156 \times 10^7)^2) = 39,48 \times 3,348 \times 10^{33} \div 6,64 \times 10^4 = \mathbf{1,99 \times 10^{30} \text{ kg.}}$
4. **Non** : le mouvement de la Terre ne dépend que de la masse de l'astre central ; la masse de la Terre se simplifie. Puis pour la peser, il faut observer un satellite qui tourne autour d'elle.

Correction de l'exercice 12 : La masse de Jupiter

1. $T = 1,77 \times 86\,400 = \mathbf{1,53 \times 10^5 \text{ s}}$.
2. $M = 4\pi^2 a^3 \div (G T^2) = 39,48 \times (4,22 \times 10^8)^3 \div (6,67 \times 10^{-11} \times (1,53 \times 10^5)^2) = 39,48 \times 7,51 \times 10^{25} \div 1,56 = \mathbf{1,90 \times 10^{27} \text{ kg}}$.
3. $1,90 \times 10^{27} \div 5,97 \times 10^{24} = \mathbf{318}$: Jupiter est environ 318 fois plus massive que la Terre.

Correction de l'exercice 13 : Exploiter un graphique

1. De plus, les points sont alignés sur une droite passant par l'origine : **T^2 est proportionnel à r^3** (troisième loi).
2. Coefficient directeur : $(9,65 \times 10^9) \div (9,73 \times 10^{22}) = 0,99 \times 10^{-13} = \mathbf{9,9 \times 10^{-14} \text{ s}^2/\text{m}^3}$.
3. $k = 4\pi^2 \div (G M)$ donc $M = 4\pi^2 \div (G k) = 39,48 \div (6,67 \times 10^{-11} \times 9,9 \times 10^{-14}) = \mathbf{5,98 \times 10^{24} \text{ kg}}$.
4. Écart relatif : $(5,98 - 5,97) \div 5,97 \approx \mathbf{0,2 \%}$, très faible : la loi est bien vérifiée.

Correction de l'exercice 14 : La station spatiale

1. $r = 6,78 \times 10^6 \text{ m}$; $v = \sqrt{(3,98 \times 10^{14} \div 6,78 \times 10^6)} = \mathbf{7,66 \times 10^3 \text{ m/s}} = 7,66 \times 3,6 \times 10^3 = \mathbf{2,76 \times 10^4 \text{ km/h}}$.
2. $T = 2\pi r \div v = \mathbf{5,56 \times 10^3 \text{ s} = 92,6 \text{ min}}$.
3. $86\,400 \div 5\,558 = \mathbf{15,5 \text{ tours}}$.
4. Ensuite, en 92,6 min, la station fait un tour : elle voit le Soleil se lever et se coucher à chaque tour, soit environ 15 levers de Soleil par jour.

Correction de l'exercice 15 : Les satellites GPS

1. $r = 6,38 \times 10^6 + 2,02 \times 10^7 = \mathbf{2,66 \times 10^7 \text{ m}}$.
2. $T = 2\pi \sqrt{(r^3 \div (G M))} = 2\pi \sqrt{(1,878 \times 10^{22} \div 3,98 \times 10^{14})} = 2\pi \sqrt{(4,72 \times 10^7)} = 2\pi \times 6,87 \times 10^3 = \mathbf{4,31 \times 10^4 \text{ s}}$, soit **11 h 59 min**.
3. $v = 2\pi r \div T = \mathbf{3,87 \times 10^3 \text{ m/s}}$.
4. Par ailleurs, la période est environ **la moitié** de la période de rotation de la Terre (23 h 56 min) : le satellite fait deux tours par jour, il n'est **pas géostationnaire**.

Correction de l'exercice 16 : Deux satellites

- $v_B \div v_A = \sqrt{r_A \div r_B} = \sqrt{1 \div 4} = 1 \div 2$: B est deux fois plus lent.
- $T_B \div T_A = (r_B \div r_A)^{3/2} = 4^{3/2} = 8$.
- $T_B = 8 \times 90 = 720 \text{ min} = 12 \text{ h}$.
- $a = G M \div r^2$: $a_A \div a_B = (r_B \div r_A)^2 = 16$: A a l'accélération la plus grande, 16 fois celle de B.

Correction de l'exercice 17 : La distance Terre-Lune

- $T = 27,3 \times 86\,400 = 2,36 \times 10^6 \text{ s}$.
- $r^3 = G M_T T^2 \div 4\pi^2 = 3,98 \times 10^{14} \times (2,36 \times 10^6)^2 \div 39,48 = 5,61 \times 10^{25} \text{ m}^3$ donc $r = 3,83 \times 10^8 \text{ m}$, très proche de $3,84 \times 10^8 \text{ m}$.
- $v = 2\pi r \div T = 2\pi \times 3,83 \times 10^8 \div 2,36 \times 10^6 = 1,02 \times 10^3 \text{ m/s}$, soit environ 3 670 km/h.

Correction de l'exercice 18 : Freinage et altitude

- À 400 km : $r = 6,78 \times 10^6 \text{ m}$, $v = 7\,664 \text{ m/s}$. À 350 km : $r = 6,73 \times 10^6 \text{ m}$, $v = \sqrt{3,98 \times 10^{14} \div 6,73 \times 10^6} = 7\,692 \text{ m/s}$.
- Puis la vitesse **augmente** d'environ 28 m/s alors que la station est freinée : c'est contre-intuitif.
- Ensuite, le frottement fait perdre de l'énergie mécanique : l'orbite descend. Or $v = \sqrt{G M \div r}$ croît quand r diminue ; la station, plus bas, tourne plus vite : l'énergie potentielle gravitationnelle perdue est plus que compensée par le gain d'énergie cinétique.

Correction de l'exercice 19 : Un satellite d'observation de la Terre

- $r = 6,38 \times 10^6 + 7,0 \times 10^5 = 7,08 \times 10^6 \text{ m}$; $v = \sqrt{3,98 \times 10^{14} \div 7,08 \times 10^6} = 7,50 \times 10^3 \text{ m/s}$; $T = 2\pi r \div v = 5,93 \times 10^3 \text{ s}$ (98,9 min).
- $86\,400 \div 5\,932 = 14,6$ **tours par jour**.
- Son orbite est fixe dans l'espace, la Terre tourne dessous : entre deux passages, la trace au sol se décale en longitude (environ $24,7^\circ$ par tour) ; il survole donc successivement toutes les régions, et ne reste jamais au-dessus de la même.

Correction de l'exercice 20 : Pourquoi un satellite de télévision est-il géostationnaire ?

Intérêt. Un satellite géostationnaire reste fixe dans le ciel pour un observateur au sol : les antennes paraboliques sont orientées une fois pour toutes, sans suivi. **Altitude imposée.** Il doit avoir la période de rotation de la Terre, $T = 86\,164\text{ s}$. Puis la troisième loi, $r^3 = G M_T T^2 \div 4\pi^2$, donne un rayon unique $r = 4,22 \times 10^7\text{ m}$, donc $h = 3,58 \times 10^7\text{ m}$. De plus, un rayon différent donnerait une période différente et le satellite dériverait par rapport au sol. **Comparaison.** À 800 km, la période est 101 min : le satellite défile et un point du sol n'est desservi que quelques minutes à chaque passage.

Ainsi, pour un service continu sur une zone, il faudrait une constellation de nombreux satellites (de l'ordre de plusieurs dizaines) avec des antennes suiveuses ; un seul satellite géostationnaire suffit pour couvrir environ un tiers de la surface terrestre.

Comment progresser après ce corrigé

Retiens la démarche : système, référentiel galiléen, force gravitationnelle, deuxième loi, puis expression de v et de T en fonction de r . Ensuite, vérifie toujours que tu utilises le rayon $r = R + h$ et non l'altitude, et que les unités sont cohérentes (m, s, kg). Refais les exercices 7, 10 et 13 sans regarder la correction, puis calcule pour un satellite de ton choix sa vitesse et sa période.

Retour aux énoncés des exercices

Tout le chapitre « Satellites et lois de Kepler » en terminale

- Le cours : Satellites et lois de Kepler
- Les exercices : Satellites et lois de Kepler
- Le TP : Satellites et lois de Kepler
- Le corrigé du TP : Satellites et lois de Kepler
- Le QCM : Satellites et lois de Kepler
- Le contrôle : Satellites et lois de Kepler
- Le corrigé du contrôle : Satellites et lois de Kepler

Chapitre précédent : Mouvement dans un champ uniforme (corrigé des exercices)

Chapitre suivant : Fluides au repos et poussée d'Archimède (corrigé des exercices)

Retrouve aussi tous les corrigés des exercices en terminale et le programme complet de sciences physiques en terminale.