BURHAN

Satellites artificiels et planètes : exercices, niveau examen

2ème Année Baccalauréat · Sciences Physiques · Physique-Chimie

Corrigé détaillé en ligne : burhan.ma/2bac/pc/physique-chimie/satellites-et-planetes/exercices/examen

Chapitre	Palier	Exercices
Satellites artificiels et planètes	Niveau examen	5

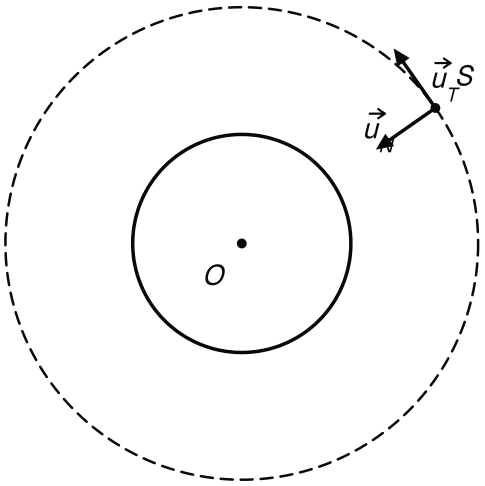
Exercice 1 5 pts

Satellite d'observation et satellite relais

Un satellite d'observation de la Terre, de masse $m = 1\,110\,\text{kg}$, décrit une orbite circulaire à l'altitude $h = 694\,\text{km}$. Ses images sont transmises au sol par un satellite relais.

Les deux satellites sont étudiés dans le référentiel géocentrique supposé galiléen ; seule l'attraction de la Terre agit sur eux.

Données. $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$; $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\,\text{kg}$; $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$; $1\,\text{jour} = 86\,400\,\text{s}$.



Satellite d'observation et base de Frenet, sans échelle

A.1. 0,5 pts

Partie A : mouvement du satellite d'observation.

Écrire l'expression vectorielle de la force $\vec{F}_{T/S}$ exercée par la Terre sur le satellite, à l'aide du vecteur unitaire $\vec{u}_{TS}$ dirigé du centre de la Terre vers le satellite. La représenter sans souci d'échelle.

INDICE

Outil : la loi de gravitation universelle sous forme vectorielle, avec la distance des centres $r = R_T + h$.

A.2. 0,5 pts

Calculer la valeur de cette force.

INDICE

Outil : convertis l'altitude en mètres et calcule d'abord r.

A.3. 1 pts

Par la deuxième loi de Newton, montrer que le satellite d'observation a un mouvement uniforme et que sa vitesse s'écrit $v = \sqrt{\dfrac{G\,M_T}{r}}$.

INDICE

Outil : projette la deuxième loi dans la base de Frenet du document.

A.4. 0,5 pts

Calculer la vitesse v du satellite.

INDICE

Outil : la valeur non arrondie de r.

A.5. 0,5 pts

Calculer sa période de révolution T, en minutes.

INDICE

Outil : la durée d'un tour à vitesse constante.

A.6. 0,25 pts

Combien de tours le satellite fait-il en un jour ?

INDICE

Outil : compare la durée d'un jour à la période.

B.1. 0,5 pts

Partie B : satellite relais.

Le satellite relais doit rester à la verticale d'une station de réception située sur l'équateur. Trois orbites circulaires sont proposées.

Orbite	Plan	Sens	T (s)
O_1	équateur	ouest vers est	$86\,164$
O_2	équateur	ouest vers est	$43\,082$
O_3	incliné de 10°	ouest vers est	$86\,164$

Choisir l'orbite qui convient, en justifiant à partir du tableau.

INDICE

Outil : compare chaque ligne du tableau aux conditions d'un satellite géostationnaire.

B.2. 0,5 pts

Le rayon de l'orbite O_1 vaut $r_R = 4{,}21 \times 10^7\ \text{m}$. Calculer la vitesse v_R du satellite relais sur cette orbite.

INDICE

Outil : une période pour un tour complet de l'orbite.

B.3. `0,75 pts`

Un signal émis par la station monte vers le relais puis redescend vers la station, à la vitesse $c = 3{,}00 \times 10^{8}\,\mathrm{m \cdot s^{-1}}$, en ligne droite. Exprimer la durée Δt de cet aller-retour en fonction de r_R, R_T et c, puis la calculer.

INDICE

Outil : cherche d'abord la distance qui sépare la station du relais.

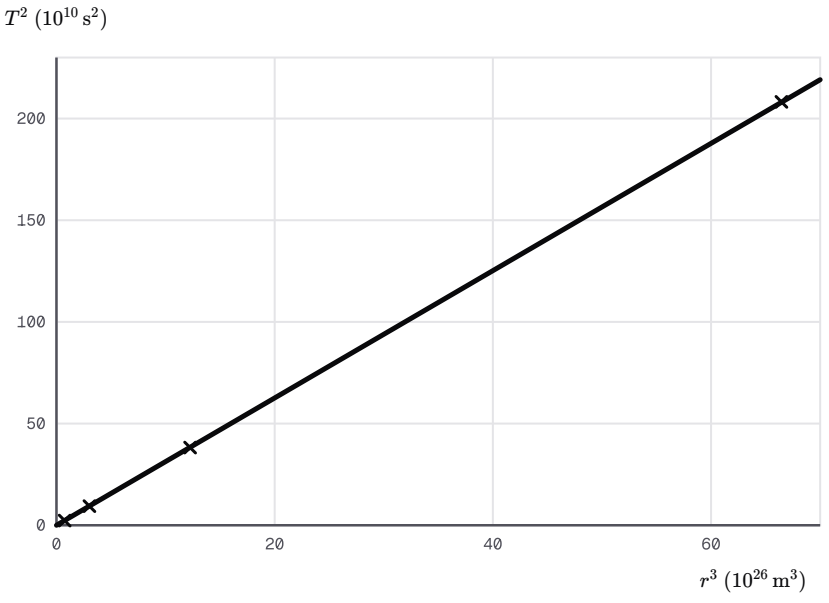
Exercice 2 5 pts

Les quatre grandes lunes de Jupiter

Les quatre grandes lunes de Jupiter décrivent des orbites que l'on suppose circulaires. Le tableau donne le rayon r de chaque orbite et la période de révolution T ; le graphe représente T^2 en fonction de r^3, avec la droite qui modélise les points.

Lune	r (m)	T (jours)
Io	$4{,}22 \times 10^8$	$1{,}77$
Europe	$6{,}71 \times 10^8$	$3{,}55$
Ganymède	$1{,}07 \times 10^9$	$7{,}15$
Callisto	$1{,}88 \times 10^9$	$16{,}7$

Données. $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$; $1\,\mathrm{jour} = 86\,400\,\mathrm{s}$.



Lunes de Jupiter : carré de la période en fonction du cube du rayon

A.1. 0,5 pts

Partie A : masse de Jupiter.

Dans quel référentiel étudie-t-on le mouvement de ces lunes ? Décrire ce référentiel.

INDICE

Outil : l'origine est au centre de l'astre autour duquel les lunes tournent.

A.2. 0,25 pts

Énoncer la troisième loi de Kepler, la loi des périodes.

INDICE

Outil : la loi relie la période de révolution au demi-grand axe de l'orbite.

A.3. 0,5 pts

Montrer que l'allure du graphe est conforme à la troisième loi de Kepler.

INDICE

Outil : la forme de la droite et le point par lequel elle passe.

A.4. 0,25 pts

Le point d'abscisse $6{,}0 \times 10^{27}\,\mathrm{m}^3$ et d'ordonnée $1{,}88 \times 10^{12}\,\mathrm{s}^2$ appartient à la droite. Calculer son coefficient directeur k en unités SI.

INDICE

Outil : la droite passe par l'origine ; garde les puissances de dix.

A.5. 0,75 pts

En utilisant la troisième loi de Kepler en trajectoire circulaire, $k = \dfrac{4\pi^2}{G\,M_J}$, calculer la masse M_J de Jupiter.

INDICE

Outil : isole M_J dans la relation donnée.

B.1. 0,5 pts

Partie B : mouvement d'Europe.

Europe, de masse m_E, tourne autour de Jupiter, à répartition sphérique de masse ; on prend pour sa masse la valeur de référence $M_J = 1{,}90 \times 10^{27}\,\mathrm{kg}$. Europe décrit une orbite circulaire de rayon $r_E = 6{,}71 \times 10^{8}\,\mathrm{m}$. Seule l'attraction de Jupiter agit sur elle.

Faire le bilan des forces exercées sur Europe et donner les caractéristiques de cette force.

INDICE

Outil : la loi de gravitation universelle, avec la distance des centres.

B.2. 1 pts

Montrer que le mouvement d'Europe est uniforme et que sa vitesse s'écrit $v_E = \sqrt{\dfrac{G\,M_J}{r_E}}$.

INDICE

Outil : la deuxième loi de Newton dans le référentiel lié au centre de Jupiter, supposé galiléen, projetée dans la base de Frenet.

B.3. 0,75 pts

En déduire l'expression de la période T_E, puis montrer que $\frac{T_E^2}{r_E^3} = \frac{4\pi^2}{G\,M_J}$.

INDICE

Outil : un tour complet à vitesse constante, puis le carré de l'expression obtenue.

B.4. 0,5 pts

Calculer v_E, puis T_E en jours.

INDICE

Outil : les valeurs de M_J et de r_E de cette partie.

Exercice 3 — 5 pts

Phobos, Deimos et une sonde autour de Mars

Mars possède deux petites lunes, Phobos et Deimos, aux orbites supposées circulaires. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

Lune	r (m)	T (heures)
Phobos	$9{,}38 \times 10^{6}$	$7{,}65$
Deimos	$2{,}35 \times 10^{7}$	$30{,}3$

A.1. — 0,5 pts

Partie A : masse de Mars.

Préciser le référentiel d'étude des deux lunes et la condition admise sur ce référentiel.

INDICE

Outil : le centre de l'astre attracteur et les étoiles lointaines.

A.2. — 0,5 pts

Calculer le rapport $\dfrac{T^2}{r^3}$ pour Phobos et pour Deimos, en unités SI.

INDICE

Outil : une heure vaut $3\,600\ \mathrm{s}$.

A.3. — 0,25 pts

Ces résultats sont-ils conformes à la troisième loi de Kepler ? Justifier.

INDICE

Outil : compare l'écart des deux rapports à leur valeur.

A.4. — 0,75 pts

Montrer que la masse de Mars s'écrit $M_M = \dfrac{4\pi^2}{G\,k}$, où k est la moyenne des deux rapports, puis la calculer.

INDICE

Outil : la troisième loi de Kepler en trajectoire circulaire, établie pour un astre central de masse quelconque.

B.1. 0,5 pts

Partie B : sonde en orbite autour de Mars.

Une sonde décrit une orbite circulaire à l'altitude $h = 450\,\text{km}$ au-dessus de Mars. Mars, de rayon $R_M = 3{,}39 \times 10^6\,\text{m}$, est à répartition sphérique de masse. Sa masse de référence vaut $M_M = 6{,}42 \times 10^{23}\,\text{kg}$. Seule l'attraction de Mars agit sur la sonde.

Faire un schéma, sans échelle, de Mars, de l'orbite et de la sonde, puis y représenter la force exercée par Mars sur la sonde. Justifier qu'elle est centripète.

INDICE

Outil : la direction et le sens de la force de gravitation, comparés au vecteur $\vec{u}_N$ de la base de Frenet.

B.2. 0,5 pts

Calculer la vitesse v de la sonde.

INDICE

Outil : l'expression de la vitesse sur une orbite circulaire, avec la masse de l'astre central et le rayon de l'orbite.

B.3. 0,5 pts

Calculer sa période de révolution T.

INDICE

Outil : la durée d'un tour à vitesse constante.

B.4. 1,25 pts

Mars tourne sur elle-même en $T_M = 88\,642\,\text{s}$. Une sonde stationnaire reste à la verticale d'un même point de l'équateur martien. Établir l'expression du rayon r_s de son orbite en fonction de G, M_M et T_M, puis calculer r_s et l'altitude h_s de cette sonde.

INDICE

Outil : cherche d'abord la période de révolution de la sonde stationnaire.

B.5. 0,25 pts

Un satellite d'étude de l'atmosphère martienne tourne sur une orbite circulaire de rayon $1{,}20 \times 10^7\,\text{m}$, dont on ne connaît pas la période. Fait-il le tour de Mars plus vite ou moins vite que Mars ne tourne sur elle-même ? Justifier sans calculer sa période.

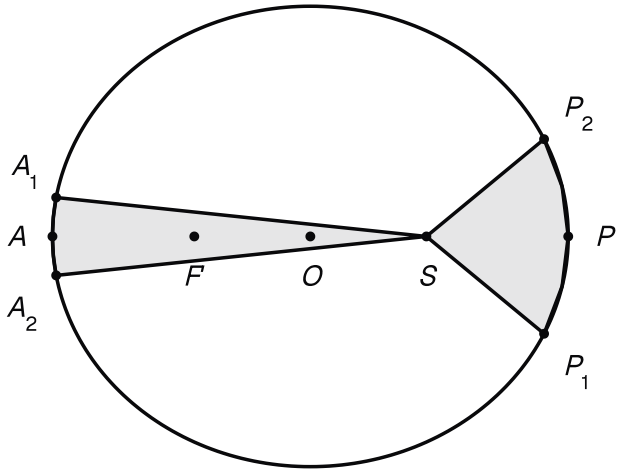
INDICE

Outil : la troisième loi de Kepler, pour deux corps qui tournent autour du même astre.

Exercice 4 5 pts

Mercure : son orbite et la pesanteur à sa surface

Mercure est la planète la plus proche du Soleil. Son orbite est une ellipse nettement allongée ; le document la représente avec un allongement exagéré. Pendant deux durées égales, le segment qui joint le Soleil à Mercure couvre les deux secteurs colorés.



Orbite de Mercure, allongement exagéré

A.1. 0,5 pts

Partie A : orbite de Mercure.

Nommer le référentiel d'étude, puis énoncer la loi des orbites et l'appliquer au document : quel point représente le Soleil ?

INDICE

Outil : la première loi de Kepler, et la différence entre le centre et les foyers d'une ellipse.

A.2. 0,5 pts

Énoncer la loi des aires.

INDICE

Outil : la deuxième loi de Kepler porte sur le segment qui relie le Soleil à la planète.

A.3. 0,75 pts

À l'aide du document, montrer que Mercure va plus vite au voisinage de P qu'au voisinage de A.

INDICE

Outil : les deux secteurs ont la même aire ; compare les longueurs des arcs P_1P_2 et A_1A_2.

A.4. 0,75 pts

On modélise maintenant l'orbite de Mercure par un cercle centré sur le Soleil, de rayon $r = 5{,}79 \times 10^{10}\,\mathrm{m}$. Que deviennent les deux foyers et le demi-grand axe ? Quelle est la nature du mouvement ?

Calculer alors la vitesse v de Mercure. On donne $M_S = 1{,}99 \times 10^{30}\,\mathrm{kg}$ et $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

INDICE

Outil : un cercle est une ellipse particulière ; applique encore la loi des aires, puis l'expression de la vitesse sur une orbite circulaire.

B.1. 0,75 pts

Partie B : pesanteur à la surface de Mercure.

Mercure est assimilée à un corps à répartition sphérique de masse $M = 3{,}30 \times 10^{23}\,\mathrm{kg}$ et de rayon $R = 2{,}44 \times 10^{6}\,\mathrm{m}$; on néglige les effets de sa rotation. On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}}$.

En assimilant le poids d'un corps posé au sol à la force de gravitation exercée par Mercure, montrer que l'intensité de la pesanteur à la surface s'écrit $g_M = \dfrac{G\,M}{R^2}$, puis la calculer.

INDICE

Outil : écris l'égalité du poids $m\,g_M$ et de la force de gravitation, avec la distance des centres R.

B.2. 0,75 pts

Un atterrisseur a une masse de $250\,\mathrm{kg}$. Calculer son poids à la surface de Mercure, puis à la surface de la Terre, où $g = 9{,}80\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

INDICE

Outil : le poids est le produit de la masse par l'intensité de la pesanteur du lieu.

B.3. 1 pts

Montrer qu'à l'altitude h au-dessus de Mercure, l'intensité de la pesanteur vaut $g(h) = g_M\,\dfrac{R^2}{(R+h)^2}$.

En déduire l'altitude à laquelle elle vaut la moitié de g_M.

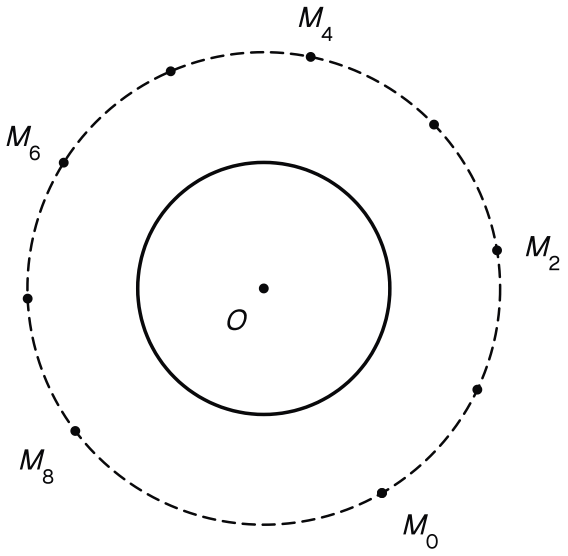
INDICE

Outil : même raisonnement qu'au sol, avec la distance des centres $R + h$; puis une racine carrée.

Exercice 5 5 pts

Deux satellites en orbite basse : calcul et observation

Une station de suivi au sol étudie deux satellites en orbite circulaire autour de la Terre. On les étudie dans le référentiel géocentrique supposé galiléen, en négligeant les effets de la rotation de la Terre et le frottement de l'air très raréfié.



Positions du second satellite toutes les 10 minutes, sans échelle

A.1. 0,75 pts

Partie A : pesanteur et vitesse d'un télescope spatial.

Un télescope spatial tourne à l'altitude $h = 470\,\text{km}$. On donne $g_0 = 9{,}80\,\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ au sol et $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\text{m}$.

Le poids d'un corps à bord est confondu avec l'attraction terrestre. Montrer que $g(h) = g_0\,\dfrac{R_T^2}{(R_T+h)^2}$.

INDICE

Outil : l'égalité du poids et de la force de gravitation, à l'altitude h puis au sol.

A.2. 0,5 pts

Calculer $g(h)$ à l'altitude du télescope.

INDICE

Outil : calcule d'abord $R_T + h$ en mètres.

A.3. 0,5 pts

Le télescope n'est soumis qu'à son poids. Montrer que sa vitesse s'écrit $v = \sqrt{g(h)\,(R_T + h)}$.

INDICE

Outil : la deuxième loi de Newton, puis la coordonnée normale de l'accélération dans la base de Frenet.

A.4. 0,75 pts

Calculer la vitesse v du télescope, puis sa période T.

INDICE

Outil : garde la valeur non arrondie de $g(h)$; la période est la durée d'un tour.

B.1. 0,5 pts

Partie B : période et altitude d'un second satellite, tirées de l'observation.

Le document montre les positions d'un second satellite, d'altitude inconnue, relevées toutes les $10\,\text{min}$ par la station de suivi. Montrer, à l'aide du document, que son mouvement est uniforme.

INDICE

Outil : compare les arcs parcourus pendant des durées égales.

B.2. 0,5 pts

Le tableau donne les heures de cinq passages successifs du second satellite au-dessus de l'équateur, en allant vers le nord : il repasse alors au même point de son orbite.

Passage	Heure
1	07 h 12 min 30 s
2	08 h 56 min 26 s
3	10 h 40 min 22 s
4	12 h 24 min 18 s
5	14 h 08 min 14 s

En déduire la période de révolution T_{obs} de ce satellite, en secondes.

INDICE

Outil : entre le premier et le dernier passage, le satellite fait un nombre entier de tours.

B.3. 0,5 pts

Les heures sont relevées à la seconde près. Proposer une démarche pour obtenir la période avec une meilleure précision, et l'expliquer.

INDICE

Piste : compare l'erreur de lecture d'une heure à la durée que tu mesures.

B.4. 1 pts

On donne $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\,\mathrm{N\cdot m^2\cdot kg^{-2}}$, $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}\,\mathrm{kg}$ et $R_T = 6{,}37 \times 10^{6}\,\mathrm{m}$. Exprimer le rayon r de l'orbite du second satellite en fonction de G, M_T et $T_{obs} = 6\,236\,\mathrm{s}$ par la troisième loi de Kepler, puis calculer r et son altitude.

INDICE

Outil : isole r^3 dans la troisième loi de Kepler en trajectoire circulaire.