Mouvement des satellites et planètes

EXERCICE 1

Le pigeon bleu est un satellite artificiel marocain assurant le contrôle des frontières géographiques du royaume et les télécommunications. Il a été instauré par des experts du centre royal de télédétection spatiale en collaboration avec experts internationaux.
Le pigeon bleu a été mis en orbite le 10 décembre 2001 à une altitude h du sol. Ce satellite artificiel (S) effectue environ 14 tours autours de la terre par jour.

- On assimile l'orbite de (S) à un cercle de centre O, et on étudie son mouvement dans le repère géocentrique.
- La Terre est considérée comme une sphère à répartition sphérique de masse.
- On néglige les dimensions de (S) devant sa distance au centre de la Terre.

Données :

- La valeur de la constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ (SI) ;
- La valeur du rayon de la Terre : $r_T = 6350$ km ;
- La valeur de l'intensité de pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8\ m.s^{-2}$;
- La valeur de la période de rotation de la Terre autour de son axe polaire : T = 86164 s ;
- La valeur de l'altitude : h = 1000 km ;
- $\vec{u}_{TS}$: Vecteur unitaire dirigé de O vers S.

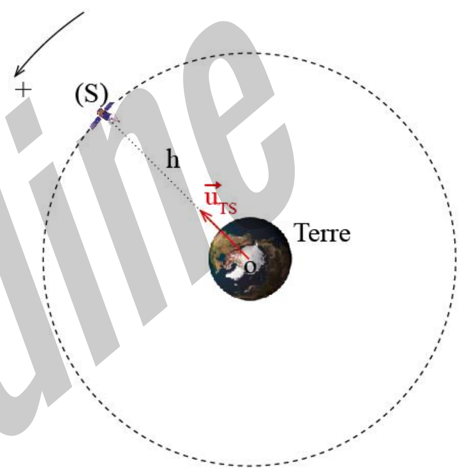

Figure 1

1- Recopier le schéma de la figure 1, et représenter dessus le vecteur vitesse $\vec{V}_S$ du satellite artificiel, et le vecteur force d'attraction universelle modélisant l'action de la Terre sur (S).

2- Donner l'expression vectorielle de la force d'attraction universelle modélisant l'action de la Terre sur (S).

3- Ecrire dans le repère de Freinet, l'expression du vecteur accélération du mouvement de (S).

4- Par application de la 2ème loi de Newton sur le mouvement du centre de gravité du satellite (S) :

4-1- Montrer que le mouvement de (S) est circulaire uniforme.

4-2- Ecrire l'expression de V_S en fonction de g_0, r_T, et h. Calculer sa valeur.

5- Montrer que la masse de la terre est : $M_T = 6.10^{24}$ kg.

6- Montrer que le satellite artificiel n'apparait pas immobile par rapport à un

7- Un autre satellite artificiel (S') tourne autour de la Terre avec une vitesse angulaire ω, et apparait immobile par rapport à un observateur terrestre. Le satellite (S') envoie à la terre des photos utilisées dans les prévisions météo.

7-1- Montrer que : $\omega^2.(r_T + z)^3 = C^{te}$ où est la distance séparant le sol terrestre du satellite (S').

7-2- Trouver la valeur de z.

EXERCICE 2

Mars est l'une des planètes du système solaire facilement repérable dans le ciel grace à sa luminosité et sa couleur rouge. Ses deux satellites naturels sont Phobos et Déimos. Les savants se sont intéressés à son étude depuis longtemps, et dans les dernières décennies, on a réussi à l'explorer à l'aide des sondes qui ont permis de nous communiquer d'importantes informations.
L'exercice propose de déterminer quelques grandeurs physiques liées à cette planète.


Mars et ses deux satellites

Figure 1

Données :

- Masse du soleil : $M_S = 2.10^{30}$ kg ;
- Rayon de Mars : $R_M = 3400$ km ;
- Constante d'attraction universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ (SI) ;
- Période de révolution de Mars autour du soleil : $T_M = 687$ jours ; 1jour = 86164 s ;
- Intensité de pesanteur à la surface de la Terre : $g_0 = 9{,}8\ N.kg^{-1}$.

On considères que le soleil et Mars sont à répartitions sphériques de masses.

1- Détermination du rayon de la trajectoire de Mars et sa vitesse :

On considère que le mouvement de mars dans le repère héliocentrique est circulaire de vitesse V et de rayon r (On néglige les dimensions de la planète Mars devant la distance qui la sépare du centre du Soleil, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle exercée par le Soleil).

1-1- Représenter sur un schéma le vecteur force modélisant l'action appliquée par le Soleil sur la planète Mars.

1-2- Ecrire en fonction de G, M_S, M_M, et r, l'expression de l'intensité $F_{S/M}$ de la force de gravitation universelle exercée par le Soleil sur Mars.

(M_M représente la masse de la planète Mars)

1-3- En appliquant la deuxième loi de Newton montrer que :

a- Le mouvement de Mars est circulaire uniforme.

b- La relation entre la période et le rayon est : $\frac{T_M^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_S}$, et que la valeur du rayon r est : $r = 2{,}3.10^{11}$m.

1-4- Déterminer la valeur de la vitesse V.

2- Détermination de la masse de Mars et l'intensité de pesanteur à sa surface :

On considère que la lune Phobos est en mouvement circulaire uniforme autour de Mars à une distance z = 6000 km de sa surface. La période de ce mouvement est T_P = 460 min. (On néglige les dimensions de Phobos devant les autres dimensions).

En étudiant le mouvement de Phobos dans un repère d'origine confondu avec le centre de Mars et supposé galiléen, déterminer :

2-1- La masse M_M de Mars.

2-2- L'intensité de la pesanteur g_{0M} au niveau du sol marsien et la comparer à la valeur $g_{0M\ ex} = 3{,}8\ N.kg^{-1}$ mesurée à l'aide des appareils développées.

EXERCICE 3

Le but de cet exercice est d'étudier le mouvement de Jupiter autour du soleil, et de déterminer quelques grandeurs physiques caractérisant cette planète.

Données :

- Masse du soleil : $M_S = 2.10^{30}$ kg ;
- Constante d'attraction universelle : $G = 6{,}67.10^{-11}$ (SI) ;
- Période de révolution de Jupiter autour du soleil : $T_J = 3{,}74.10^{8}$ s ;

On considères que le soleil et Mars sont à répartitions sphériques de masses, et on note la masse de Jupiter M_J.

On néglige les dimensions de la planète Jupiter devant la distance qui la sépare du centre du Soleil, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle entre elle et le Soleil.

1- Détermination du rayon orbital de Jupiter et sa vitesse :

On considère que le mouvement de Jupiter dans le repère héliocentrique est circulaire de rayon orbital r.

1-1- Ecrire en fonction de M_J, M_S, G, et r, l'expression de l'intensité de la force de gravitation universelle exercée par le Soleil sur Jupiter.

1-2- En appliquant la deuxième loi de Newton :

a- Ecrire les expressions des composantes du vecteur accélération dans le repère de Freinet, et déduire que le mouvement de Jupiter est circulaire uniforme.

b- Montrer que la troisième loi de Kepler s'écrit : $\frac{T_J^2}{r^3} = \frac{4.\pi^2}{G.M_S}$.

1-3- S'assurer que $r \approx 7{,}8.10^{11}$m.

1-4- Déterminer la valeur de la vitesse V de révolution de Jupiter autour du soleil.

2- Détermination de la masse de Jupiter :

On considère que la lune « Io » l'un des satellites découvert par Galilée, est en mouvement circulaire uniforme à une distance $r' = 4{,}2.10^{8}$ m du centre de Jupiter.

La période de ce mouvement est T_I = 1,77 jours.

(On néglige les dimensions de Io devant les autres dimensions, ainsi que les forces qui lui sont appliquées devant la force d'attraction universelle entre lui et Jupiter).

En étudiant le mouvement de Io dans un repère d'origine confondu avec le centre de Jupiter et supposé galiléen, déterminer la masse M_J de Jupiter.

EXERCICE 4

Partie I : Etude du mouvement d'une exoplanète autour de son astre

Une " exoplanète " est une planète qui tourne autour d'une étoile autre que le soleil.
Ces dernières années, les astronomes ont découvert quelques milliers d'exoplanètes en utilisant des instruments scientifiques sophistiqués.

"Mu Arae" est une étoile qui est loin de notre système solaire de 50 années-lumière, quatre exoplanètes gravitent autour d'elle selon des trajectoires supposées circulaires. On symbolise cette étoile par la lettre S.

On se propose dans cet exercice de déterminer la masse de l'étoile "Mu Arae" par application de la deuxième loi de Newton et les lois de Kepler sur l'une des exoplanètes symbolisée par la lettre b.

On considère que S a une distribution sphérique de masse et que l'exoplanète b a des dimensions négligeables devant les distances la séparant de son étoile S.
On néglige l'action des autres exoplanètes sur l'exoplanète b .
La seule force à prendre en considération est la force de gravitation universelle entre l'exoplanète b et l'étoile S.
On étudie le mouvement de b dans un référentiel supposé galiléen, lié au centre de S.

Données :

- La constante de gravitation universelle : $G = 6,67.10^{-11} \left(\text{S.I}\right)$;
- Le rayon de la trajectoire de b autour de S : $r_b = 2,24.10^{11}\ \text{m}$;
- la période de révolution de b autour de l'étoile S : $T_b = 5,56.10^{7}\ \text{s}$.

1- Ecrire l'expression de l'intensité $F_{S/b}$ de la force de gravitation universelle, exercée par l'étoile S, de masse M_S, sur l'exoplanète b, de masse m_b.

2- En appliquant la deuxième loi de Newton :

2.1- Montrer que le mouvement circulaire de l'exoplanète b autour de son étoile S, est uniforme.

2.2- Etablir la troisième loi de Kepler : $\dfrac{T^2}{r^3} = K$. K étant une constante.

2.3- Déterminer la masse M_S de l'étoile S.