


EXERCICE sujet BAC COURS n°6

« Mouvement dans un champ de gravitation : satellites »

Pluton a été découverte par l'astronome Clyde W. Tombaugh, le 18 février 1930, après de longs mois d'observations. Pendant 66 ans, elle fut considérée comme la neuvième planète du système solaire. Cependant, depuis une quinzaine d'années, des objets semblables à Pluton de par leur taille et leur masse ont été découverts obligeant l'union astronomique internationale (UAI) à redéfinir la notion de planète.

Depuis le mois d'août 2006, Pluton est classée parmi les planètes naines. Jusqu'en 1978, année de découverte du premier satellite naturel Charon, la masse de Pluton n'était pas connue avec exactitude.

Données :

$$G = 6,673 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$$

1 année sidérale = 365,2564 jours solaires moyens.

1 jour solaire moyen a une durée égale à 86 400 s.

Les caractéristiques de Pluton et de Charon sont données ci-après:

Tableau n°1 : Caractéristiques de Pluton

Rayon à l'équateur (km)	Distance moyenne au Soleil (km)
$1,15 \cdot 10^3$	$5,91 \cdot 10^9$

Tableau n°2 : Caractéristiques de Charon

Masse (kg)	Rayon à l'équateur (km)	Période de rotation propre (en jours solaires)	Période de révolution autour de Pluton (en jours solaires)	Distance moyenne au centre de Pluton (km)
$1,61 \cdot 10^{21}$	$6,03 \cdot 10^2$	6,387	6,387	$1,94 \cdot 10^4$

L'objectif de cet exercice est de déterminer la masse de Pluton en utilisant deux hypothèses qui conduiront à deux valeurs de cette masse notées M_{P1} et M_{P2} .

Les parties 1 et 2 de cet exercice sont indépendantes.

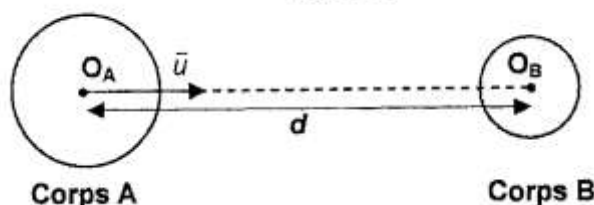
1. Généralités

1.1. Définir un mouvement circulaire uniforme.

1.2. Quelles sont les deux conditions nécessaires que doit remplir le vecteur accélération pour observer un mouvement circulaire uniforme ?

1.3. La figure 1 ci-dessous représente deux corps A et B à symétrie sphérique et homogènes en masse, de centres de gravité respectifs O_A et O_B . \vec{u} est un vecteur unitaire.

La distance entre les deux centres de gravité est notée d . La masse du corps A est notée M_A , celle du corps B est notée M_B .

Figure 1


Donner l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{A/B}$ exercée par le corps A sur le corps B.

2. Étude du système Pluton - Charon

Le référentiel attaché à Pluton est appelé référentiel plutonocentrique. L'origine du référentiel est le centre de gravité de Pluton et ses axes sont parallèles à ceux du référentiel héliocentrique.

On considère que le référentiel plutonocentrique est galiléen. Les corps célestes Pluton et Charon sont à symétrie sphérique et à répartition uniforme de masse. On néglige toutes les interactions autres que les interactions entre Pluton et Charon.

On notera M_{p1} la masse de Pluton, M_C la masse de Charon, P et C les centres de gravité respectifs de Pluton et de Charon.

On fera dans un premier temps l'hypothèse que la masse de Charon est négligeable devant celle de Pluton.

Le centre de gravité de Charon décrit une trajectoire circulaire de rayon R autour de Pluton. Cette trajectoire est représentée sur la figure 2 ci-dessous. On admet que cette trajectoire est plane.

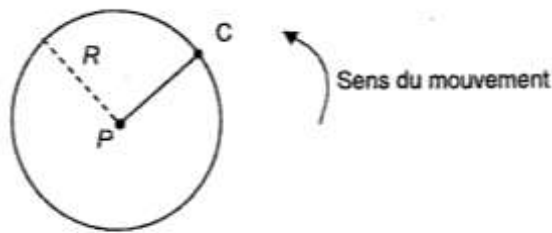


Figure 2

2.1. Période de révolution

Pluton met 6,387 jours solaires pour faire un tour sur elle-même et 248 années sidérales pour effectuer un tour autour du Soleil.

Quelle est la période de révolution de Pluton? Justifier la réponse.

2.2. Étude du mouvement de Charon

2.2.1. En appliquant la seconde loi de Newton au centre d'inertie de Charon, établir l'expression du vecteur accélération \vec{a} du centre d'inertie de Charon.

2.2.2. Montrer alors que la vitesse du centre d'inertie de Charon est: $v = \sqrt{\frac{G \cdot M_{p1}}{R}}$

2.2.3. Établir l'expression de la période de révolution T de Charon autour de Pluton en fonction de G , M_{p1} et R .

2.2.4. Vérifier la troisième loi de Kepler dans le cas de l'étude du mouvement de Charon autour de Pluton.

2.3. Détermination de la masse de Pluton

2.3.1. À l'aide de la question 2.2.4., expliquer ce qui a permis, à partir de 1978, de déterminer la masse de Pluton.

2.3.2. En utilisant les tableaux de données et la question 2.2.4., calculer la masse M_{p1} de Pluton.

2.3.3. En réalité, la masse de Charon n'est pas négligeable devant celle de Pluton. On cherche donc à calculer la masse de Pluton, notée M_{p2} en tenant compte de cette nouvelle hypothèse.

$$\text{On montre alors que : } \frac{T^2}{R^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot (M_{p2} + M_C)}$$

En déduire la masse M_{p2} de Pluton.

2.3.4. La valeur admise pour la masse de Pluton est $1,31 \cdot 10^{22}$ kg. En vous appuyant sur des calculs d'écart relatif, discuter de la pertinence de l'hypothèse formulée à la question 2.3.3.

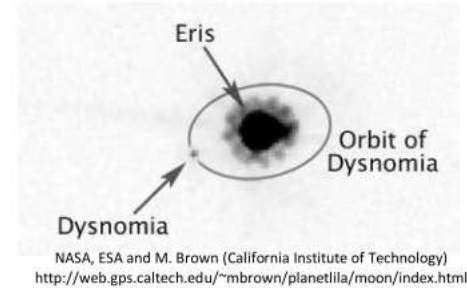
Exercice 2 : Pourquoi Pluton a-t-elle perdu son statut de planète ?

Document 1 : Éris et la discorde

- La planète Pluton, découverte par l'américain Clyde TOMBAUGH en 1930 était considérée comme la neuvième planète de notre système solaire. Sa période de révolution est $T_p = 248$ ans et sa masse $M_p = 1,31 \times 10^{22}$ kg.
- Le 5 janvier 2005, une équipe d'astronomes a découvert, sur des photographies prises le 21 octobre 2003, un nouveau corps gravitant autour du Soleil. Provisoirement nommé 2003 UB313, cet astre porte maintenant le nom d'Éris, du nom de la déesse grecque de la discorde. Éris parcourt une orbite elliptique autour du Soleil avec une période de révolution T_e , valant environ 557 années terrestres.
- La découverte d'Éris et d'autres astres similaires (2003 EL61, 2005 FY9, etc.) a été le début de nombreuses discussions et controverses acharnées entre scientifiques sur la définition même du mot « planète ». Au cours d'une assemblée générale, le 24 août 2006 à Prague, 2 500 astronomes de l'Union astronomique internationale (UAI) ont décidé à main levée de déclasser Pluton pour lui donner le rang de « planète naine » en compagnie de Cérès (gros astéroïde situé entre Mars et Jupiter) et d'Éris.

Document 2 : Découverte de Dysnomia

- Les astronomes ont découvert ensuite qu'Éris possède un satellite naturel qui a été baptisé Dysnomia (fille d'Éris et déesse de l'anarchie). Six nuits d'observation depuis la Terre ont permis de reconstituer l'orbite de Dysnomia. On a obtenu le document ci contre.
- Ces résultats permettent de supposer que le mouvement de Dysnomia autour d'Éris est circulaire et uniforme. Le rayon de l'orbite circulaire de Dysnomia est $R_D = 3,60 \times 10^7$ m et sa période de révolution est $T_D = 15,0$ jours = $1,30 \times 10^6$ s.



➤ **Donnée** : Constante universelle de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

- 1) Énoncer précisément la troisième loi de Kepler, relative à la période de révolution d'une planète autour du Soleil, dans le cas d'une orbite elliptique.
- 2) Définir le référentiel permettant d'étudier le mouvement de Dysnomia autour d'Éris. Par la suite, ce référentiel sera considéré comme galiléen.
- 3) Établir l'expression du vecteur accélération du centre de gravité de Dysnomia \vec{a}_D en fonction des paramètres de l'énoncé et du vecteur unitaire \vec{u}_{ED} représenté sur le schéma ci dessous. On notera M_D la masse de Dysnomia et M_E la masse d'Éris.
Préciser la direction et le sens de ce vecteur accélération. Représenter ce vecteur sur le schéma ci-dessous.
- 4) Montrer que la période de révolution T_D de Dysnomia a pour expression $T_D = 2\pi \sqrt{\frac{R_D^3}{G \times M_E}}$ où M_E est la masse d'Éris.
Retrouve-t-on la troisième loi de Kepler ? Justifier.
- 5) Calculer le rapport des masses d'Éris et de Pluton. Expliquer alors pourquoi la découverte d'Éris a remis en cause le statut de planète pour Pluton.

