

Exercices Mouvement dans l'espace

4 Une pierre pour avancer

Louisa est assise dans un canoë au milieu d'un lac. Le canoë est immobile et Louisa, qui a perdu sa pagaie, souhaite regagner la rive avec son embarcation. Elle ne dispose alors que d'une pierre présente dans son canoë. Se rappelant de ses cours de Terminale, elle décide de la jeter par-dessus bord, horizontalement vers l'arrière de l'embarcation.

On définit le système (S), constitué de Louisa, du canoë et de la pierre.



Données. Masse de Louisa : $m_L = 55 \text{ kg}$. Masse du canoë : $m_C = 39 \text{ kg}$. Masse de la pierre : $m_p = 4,2 \text{ kg}$. Vitesse de lancer de la pierre : $v_p = 2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. On négligera les frottements dus à l'air et à l'eau.

- 1. a.** Sans justifier, indiquer ce qui va se passer après ce lancer.
b. Une action mécanique est-elle responsable de ce mouvement ? Justifier.
- 2. a.** Avant le lancer, le système (S) est-il isolé ou pseudo-isolé ?
b. Quel est son vecteur quantité de mouvement $\vec{p}_{\text{avant}}(S)$?
- 3. a.** Exprimer, puis calculer la valeur de la vitesse v du canoë (et de Louisa) après le lancer.
b. Dans quel sens se déplace le canoë après le lancer ?
c. Quelle est alors la nature du mouvement du canoë ? Est-ce cohérent avec une situation réelle ? Justifier.

11 Lois de Kepler

1. Donner la définition d'un référentiel planétocentrique.
2. Énoncer les trois lois de Kepler dans un référentiel planétocentrique pour un satellite.
On considère que ce satellite a une trajectoire circulaire.
3. Que peut-on alors déduire de la deuxième loi de Kepler ?
4. **a.** Que devient la troisième loi de Kepler ?
b. En déduire l'expression du rayon r de l'orbite circulaire du satellite en fonction de sa période de révolution T , de la masse M de la planète et de G .

- c.** Vérifier l'homogénéité de cette relation.
- d.** Calculer sa valeur, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ puis en $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.
- 6. a.** Déterminer l'expression de la période de révolution T_p de Phobos en fonction de v_p et de r .
b. En déduire l'expression littérale de T_p^2/r^3 .
c. Quel résultat retrouve-t-on ?
d. Exprimer T_p en fonction de G , M_M et r , puis calculer sa valeur en seconde, puis en heure.

8 Mouvement de la Terre autour du Soleil

On souhaite étudier le mouvement de la Terre autour du Soleil dans le cadre de l'approximation des trajectoires circulaires.

Données. Distance entre les centres de la Terre et du Soleil :

$$d_{ST} = 149,6 \times 10^9 \text{ m.}$$

$$\text{Masse du Soleil : } M_S = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg.}$$

1. Dans quel référentiel doit-on se placer afin d'étudier ce mouvement ?
2. Exprimer vectoriellement la force qui modélise l'action mécanique exercée par le Soleil sur la Terre, puis la représenter sur un schéma, sans souci d'échelle.
3. En appliquant la deuxième loi de Newton, établir l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a}_T de la Terre.
4. Montrer que le mouvement de la Terre est uniforme.
5. Exprimer littéralement la vitesse de la Terre autour du Soleil, puis calculer sa valeur.
6. Exprimer puis calculer la période de révolution T_T de la Terre autour du Soleil, en seconde puis en jour.

12 Encelade, lune de Saturne

Saturne possède plus de 60 satellites naturels. Encelade est l'un d'entre eux, en orbite circulaire autour de Saturne.

Données. Masse de Saturne : $M_{\text{Saturne}} = 5,69 \times 10^{26} \text{ kg}$.

Période de révolution d'Encelade : $T_E = 1,37 \text{ jour}$.

1. Dans quel référentiel doit-on se placer afin d'étudier le mouvement d'Encelade ?
2. Énoncer la troisième loi de Kepler appliquée à ce satellite.
3. En déduire l'expression du rayon r_E de l'orbite circulaire d'Encelade, puis calculer sa valeur.

17 Mission sur Mars

Un des grands défis du XXI^e siècle sera d'envoyer une mission d'exploration humaine sur la planète Mars. Le but de cet exercice est d'étudier quelques-uns des nombreux problèmes à résoudre avant de pouvoir effectuer une telle mission.

On imagine une base relais (pour le matériel comme pour les communications avec la Terre) sur Phobos, un des satellites de Mars, dont nous allons étudier le mouvement.

On supposera que Phobos, de masse m_p , a une trajectoire circulaire autour de Mars.

Données. Masse de Mars : $M_M = 6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$.

Rayon de l'orbite circulaire de Phobos : $r = 9,38 \times 10^3 \text{ km}$.

1. Dans quel référentiel doit-on se placer afin d'étudier le mouvement de Phobos ?
2. Appliquer la deuxième loi de Newton à ce satellite, afin d'établir l'expression vectorielle de son accélération \vec{a}_p .
3. Représenter ce vecteur accélération sur un schéma, sans souci d'échelle.
4. Montrer que le mouvement de Phobos est uniforme.
5. **a.** Donner l'expression (sans justification) de la valeur de l'accélération de Phobos en fonction de sa vitesse v_p et de r .
b. En déduire l'expression littérale de sa vitesse v_p en fonction de G , M_M et de r .

20 Mise en orbite de satellites

Le lanceur européen Ariane 5 a mis sur orbite deux satellites de télécommunication, après avoir décollé samedi 6 août à 19 h 53 locales (22 h 53 GMT) du centre spatial de Kourou, en Guyane française, a annoncé Arianespace.

Vingt-sept minutes et douze secondes après le décollage, le satellite de télécommunications Astra 1N était placé sur orbite de transfert géostationnaire. D'un poids de plus de cinq tonnes, Astra 1N offrira des services de télédiffusion directe DTH (Direct To Home) sur toute l'Europe pendant environ quinze ans.

Le lancement d'Ariane a eu lieu avec une heure de retard sur l'horaire prévu, juste après la tombée de la nuit, à cause des vents en altitude qui ont décalé le compte à rebours.

La mission s'est finalement achevée sous les applaudissements de la salle de contrôle Jupiter, au Centre spatial guyanais. Ce quatrième succès de l'année pour Arianespace est le 59^e d'une Ariane 5 et la 203^e mission depuis le vol inaugural.

D'après Franck Lecomte, Reuters, 7 août 2011.

Donnée. Rayon de l'orbite géostationnaire du satellite Astra 1N : $r_s = 4,2 \times 10^4$ km.

1. Ascension de la fusée Ariane 5

- Quelle action mécanique est responsable du mouvement d'ascension de la fusée ? Justifier.
- Déterminer, au cours de cette ascension, l'expression du vecteur quantité de mouvement de la fusée en fonction de celui des gaz expulsés.
- Pourquoi le lancement d'Ariane a-t-il eu lieu avec une heure de retard ? Pourquoi était-il indispensable de décaler ce lancement ?

2. Mise en orbite du satellite Astra 1N

- B2i** En effectuant éventuellement une recherche sur Internet, donner la définition d'une orbite de transfert géostationnaire, puis celle d'une orbite géostationnaire.
- Le satellite Astra 1N est-il placé par Ariane 5 directement sur son orbite définitive ?

3. Étude du satellite Astra 1N en orbite géostationnaire

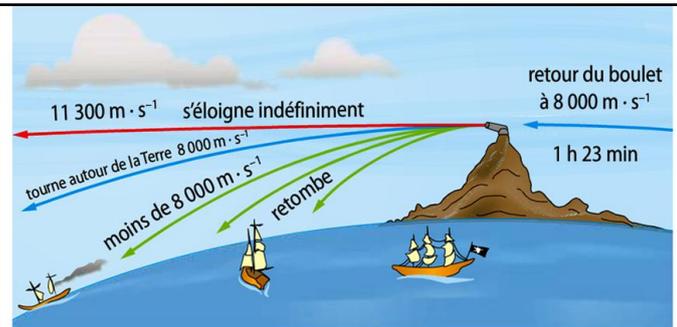
- Dans quel référentiel doit-on se placer pour étudier le mouvement de ce satellite ?
- Déterminer l'expression vectorielle de l'accélération \vec{a}_s de ce satellite, de masse m_s .
- Que peut-on alors en déduire sur son mouvement ?
- Exprimer, puis calculer la vitesse v_s de ce satellite autour de la Terre.
- Exprimer, puis calculer sa période de révolution T_s , en seconde puis en heure.
- En déduire la particularité d'un satellite en orbite géostationnaire.

22 ★ Le canon de Newton

➤ Histoire des sciences

Ainsi, si un boulet de canon était tiré horizontalement du haut d'une montagne, avec une vitesse capable de lui faire parcourir un espace de deux lieues avant de retomber sur la terre ; avec une vitesse double, il n'y retomberait qu'après avoir parcouru à peu près quatre lieues, et avec une vitesse décuple, il irait dix fois plus loin (pourvu qu'on ait point d'égard à la résistance de l'air), et en augmentant la vitesse de ce corps, on augmenterait à volonté le chemin qu'il parcourrait avant de retomber sur la terre, et on diminuerait la courbure de la ligne qu'il décrirait ; *en sorte qu'il pourrait ne retomber sur la terre qu'à la distance de 10, de 30, ou de 90 degrés ; ou qu'enfin il pourrait circuler autour, sans y retomber jamais*, et même s'en aller en ligne droite à l'infini dans le ciel.

Isaac Newton, *Principes mathématiques de la philosophie naturelle*, Définition V, 1759.



Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.

Soit (S) le système constitué du canon et du boulet de canon.

A. Recul d'un canon

Le recul d'un canon est la réaction de celui-ci consécutivement au tir, ce qui se traduit par son déplacement en arrière.

- Avant le tir, le système (S) est-il isolé ou pseudo-isolé ?
 - Quel est son vecteur quantité de mouvement $\vec{p}_{\text{avant}}(S)$?
- Déterminer le vecteur quantité de mouvement du canon après le tir $\vec{p}_{\text{après}}(\text{canon})$ en fonction de celui du boulet de canon $\vec{p}_{\text{après}}(\text{boulet})$.
- Expliquer alors le phénomène de recul d'un canon.

B. Mouvement du boulet de canon

- À l'aide du texte, faire l'inventaire des forces qui modélisent les actions mécaniques s'exerçant sur le boulet de canon au cours de son mouvement.
- À l'aide d'un schéma, expliquer le passage du texte en italique.

Dans la suite de cette partie, on s'intéresse au cas où le boulet de canon circule autour de la Terre sans jamais y retomber.

- Dans ce cas, que peut-on dire du boulet de canon ?
- Pourquoi peut-on dire que le rayon r de son orbite est approximativement égal au rayon de la Terre ? Justifier.
- Énoncer la troisième loi de Kepler appliquée à ce boulet de canon.
 - Utiliser cette loi afin d'exprimer, puis de calculer, la période de révolution T_B du boulet, en seconde puis en heure.
 - En déduire la valeur de sa vitesse v_B autour de la Terre.
- Les deux valeurs de T_B et de v_B sont-elles cohérentes avec les données de l'image de l'énoncé ?