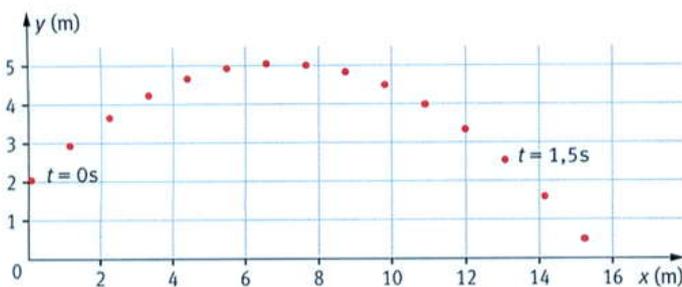


## 1 Activité : Le mouvement du boulet

Évoluant dans un disque de 2,10 m de diamètre seulement, les meilleurs lanceurs de poids au monde sont capables de lancer un boulet de 6,0 kg à plus de 24 m avec une vitesse d'éjection de près de  $14 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  soit  $50 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

**Quel est le principal effet du poids sur le mouvement du boulet après qu'il a quitté la main du lanceur jusqu'à son arrivée au sol ?**

Afin d'améliorer les performances d'un athlète, les mouvements du lanceur et du boulet ont été filmés au cours d'une séance d'entraînement. Cela permet de déterminer la vitesse et la position du boulet à l'instant où il quitte la main du lanceur. À partir de ces données, le mouvement de chute libre du boulet a été simulé sur ordinateur. Dans le document ci-dessous, les positions successives du boulet ont été repérées à intervalles de temps constant égal à 0,125 s. L'origine du repère a été prise au niveau du sol, sur le bord du disque de la zone de lancement, l'axe (Ox) est horizontal.



1 Mouvement de chute libre du boulet.

• Le poids du boulet est la force qui modélise l'action d'attraction de la Terre sur le boulet.

Cette force est représentée par un vecteur, c'est-à-dire une flèche verticale dirigée vers le bas et dont la longueur est proportionnelle à la valeur du poids. Son origine est choisie au centre du boulet.

La valeur de  $g$  sera prise égale à  $9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

• La valeur moyenne de la vitesse du boulet entre 0 s et 0,125 s donne une valeur approchée de la vitesse initiale du boulet.

### 2 Actions, forces et vecteurs.

Le mouvement de chute libre du boulet se situe entre l'instant où il quitte la main du lanceur et l'instant où il percute le sol.

### 3 Chute libre du boulet.

#### Analyser

- 1 Quelle est l'altitude de la position initiale du boulet ?
- 2 Quelle est la valeur du poids du boulet ?
- 3 Comment estimer la valeur de la vitesse initiale du boulet ?
- 4 Quelle est l'action modélisée par le poids ?

#### Réaliser

- 5 Calculer la valeur approchée de la vitesse du boulet à l'instant  $t = 0$  et à l'instant  $t = 1,50$  s.
- 6 Représenter le poids du boulet pour toutes ses positions entre 0 et 1,50 s. Utiliser l'échelle 1 cm pour 10 N.
- 7 Dans quel sens la trajectoire du boulet s'incurve-t-elle ?

#### Conclure

- 8 a. Quel est l'effet du poids sur la trajectoire du boulet ?  
b. Que dire de la vitesse du boulet quand il repasse à la même altitude que celle de sa position initiale ?

## 2 Activité : L'exploration de Mars



Sujet de nombreux ouvrages de science-fiction, Mars occupe une place particulière dans l'imaginaire collectif. Les récents programmes de recherche ont pour objectif de déterminer si l'environnement martien est propice à la vie, notamment par la présence d'eau.

*Que nous ont permis de découvrir les missions d'exploration vers Mars ?*

### DOC 1 Mars Express

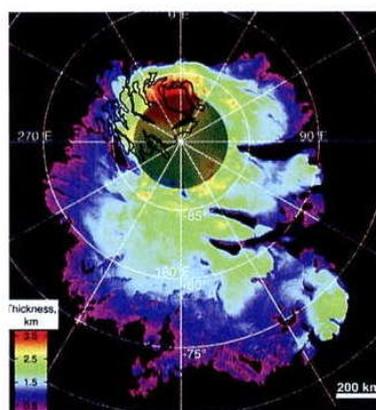
En 2003, la sonde européenne Mars Express est lancée en direction de la planète Mars qui se trouve alors à moins de 56 millions de kilomètres de la Terre. D'abord placée sur une orbite héliocentrique, elle est ensuite ralentie à proximité de Mars, pour permettre sa capture par l'attraction gravitationnelle martienne. Depuis, elle gravite autour de la planète sur une orbite elliptique.



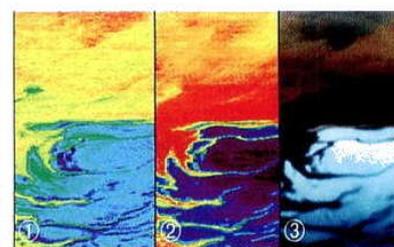
Trajectoire de la sonde Mars Express

### DOC 2 De l'eau sur Mars

En 2004, Mars Express réalise une cartographie et une analyse spectrale de la calotte polaire sud de Mars. Grâce aux données présentées ci-dessous, il est possible d'identifier l'épaisseur des couches et, via les spectres, les éléments chimiques présents. Il a été ainsi établi que cette calotte polaire est un glacier d'eau de 2 à 3 km d'épaisseur, recouvert l'été d'une fine couche de glace carbonique. Les calottes polaires de Mars constituent donc des réservoirs d'eau et non des réservoirs de dioxyde de carbone non propice à la vie.



Cartographie de la calotte polaire sud avec le radar MARSIS



Glace de la calotte polaire analysée dans 3 bandes spectrales :

- ① visible,
- ② domaine d'absorption de la glace carbonique,
- ③ domaine d'absorption de la glace d'eau.

### Extraire et exploiter des informations

1. Expliquer comment la sonde Mars Express a été mise en orbite autour de Mars (DOC 1).
2. Nommer le référentiel dans lequel se trouve à présent Mars Express. Décrire sa trajectoire.
3. Expliquer en quoi la découverte de la présence d'eau sur Mars est importante.

### Analyser

4. Expliquer le rôle des couleurs dans la cartographie de la calotte et l'utilisation qui en a été faite.
5. Justifier, en comparant les couleurs des images (DOC 2), que la calotte polaire est essentiellement constituée de glace d'eau et non de glace carbonique.

## Correction des exercices du chapitre 14

14.8 N° 18 p. 225

14.9 N° 20 p. 225

14.10 N° 21 p. 225

### 3 Cours : Comment la vitesse initiale influence-t-elle sur la trajectoire d'un projectile ?

Au football, un gardien de but qui effectue un dégagement doit contrôler à la fois la direction et la vitesse initiales s'il veut obtenir la bonne trajectoire pour son ballon.

La seule force qui agit sur le ballon pendant son mouvement est son ..... (on néglige l'action de l'air), et, pourtant, les trajectoires peuvent être très différentes.

#### 3.1 Influence de la vitesse initiale

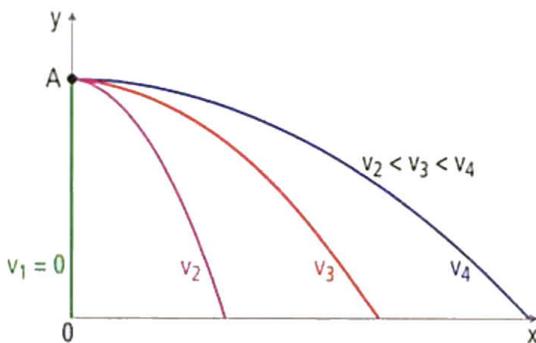


FIG. 1 – Différentes trajectoires pour un même angle de tir et différentes vitesses initiales.

Pour un angle de tir donné,

**1** .....

.....

.....

Pour une direction de tir verticale,

**2** .....

#### 3.2 Influence de l'angle de tir

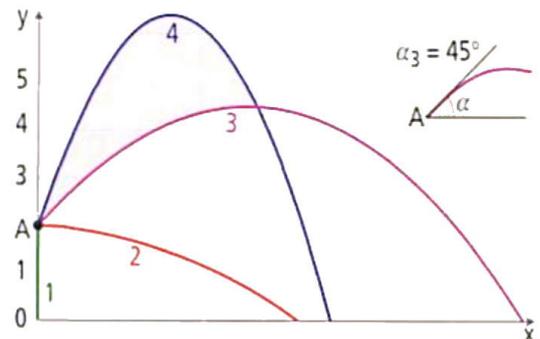


FIG. 2 – Différentes trajectoires de même valeur initiale et différents angles de tirs.

Le point du chute le plus éloigné est réalisé pour un angle de tir de .....

Remarque : on peut atteindre le même point avec deux angles de tirs différents :

- 3 : tir .....
- 4 : tir .....

### 4 Pourquoi certains corps tombent et d'autres tournent ?

#### 4.1 Trajectoire de la Lune

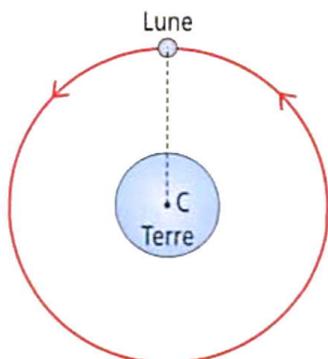


FIG. 3 – La Lune a un mouvement circulaire.

Nous allons négliger l'effet du Soleil sur la Lune (approximation légitime pour des courtes durées d'observation de la Lune).

La Lune a une trajectoire pratiquement circulaire uniforme dans le référentiel ..... Le rayon de l'orbite circulaire vaut 380 000 km et la durée d'une révolution autour de la Terre est de 27,3 jours.

Si la Terre n'était pas là, la Lune aurait un mouvement ..... conformément au principe d'inertie. C'est la force de ..... universelle qui courbe sa trajectoire vers le centre de la Terre.

## 4.2 L'application aux satellites

Depuis NEWTON, la Lune et la pomme subissent la même force : la force de ..... universelle.

La Lune, comme la pomme, ..... sur la Terre, mais l'éloignement et la vitesse de la Lune font qu'elle n'atteint jamais le sol et reste en orbite autour de la Terre : c'est un ..... de la Terre.

On utilise le même principe pour mettre un satellite en orbite : une fusée puissante donne suffisamment de vitesse au satellite pour qu'il ne retombe pas après l'arrêt des moteurs.

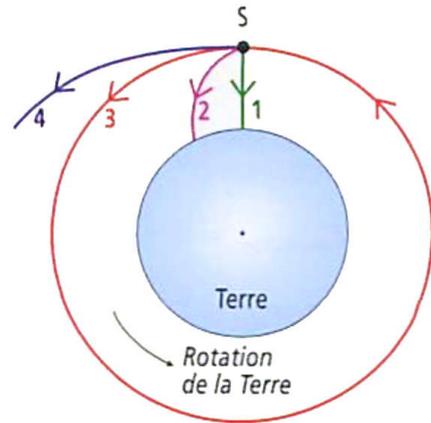


FIG. 4 – Lancement d'un satellite.

- 1 : .....
- 2 : .....
- 3 : .....
- 4 : .....

Si la vitesse du satellite ..... (cela arrive au bout de quelques années à cause des frottements de l'atmosphère), le satellite pourra retomber sur la Terre.

## Correction des exercices du chapitre 14

### 14.5 N° 16 p. 225 – Poids lunaire

- a. La masse est une grandeur intrinsèque au corps. La masse ne varie pas, que ce soit sur Terre ou sur la Lune. Donc les échantillons récoltés avaient la même masse de 21,7 kg lorsqu'ils ont été recueillis à la surface de la Lune.
- b. Données : la masse  $m = 21,7$  kg et l'intensité de la pesanteur sur la Lune  $g_L = 1,6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  ;  
Recherché : le poids  $P_L$  des échantillons sur la Lune.  
Formule littérale :

$$P_L = m \cdot g_L$$

Application numérique et unité :

$$P_L = 21,7 \times 1,6 = 35 \text{ N}$$

On remarquera l'arrondi à deux chiffres significatifs.

- c. Le poids sur Terre des échantillons est supérieur. En effet, on a vu que la valeur du poids  $P_L$  d'un objet sur la Lune est environ six fois plus faible que sur la Terre :

$$P_L \simeq \frac{P}{6}$$

Donc les échantillons lunaires étaient six fois plus faciles à porter sur la Lune.

### 14.6 N° 17 p. 225 – Poids terrestre, martien

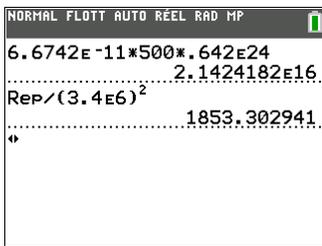
- a. Notations :  $G$  constante de gravitation universelle,  $m$  masse du robot Phoenix,  $M_M$  masse de Mars,  $R_M$  rayon de Mars.  
Valeur de la force d'attraction gravitationnelle qu'exerce Mars sur le robot Phoenix :

$$F = G \cdot \frac{m \cdot M_M}{R_M^2}$$

- b. Valeurs numériques, et si besoin, conversion dans les unités du SI :  
 $G = 6,6742 \times 10^{-11}$  unités du SI ;  
 $m = 500$  kg ;  
 $M_M = 0,642 \times 10^{24}$  kg ;  
 $R_M = 3,40 \times 10^6$  m.  
Application numérique :

$$F = 6,6742 \times 10^{-11} \times \frac{500 \times 0,642 \times 10^{24}}{(3,40 \times 10^6)^2}$$

$$F = 1,85 \times 10^3 \text{ N}$$



On note l'arrondi à trois chiffres et l'usage de la notation scientifique pour exprimer le résultat.

- c. Le poids martien peut être assimilé à la force d'attraction qu'exerce Mars sur le robot :  $P_M = F = 1,85 \times 10^3$  N.

Pour le poids  $P$  du robot sur Terre, on a deux choix :  
 — soit recommencer le calcul de la force en utilisant le rayon de la Terre  $R_T$  au lieu du rayon de Mars, et la masse de la Terre  $M_T$  au lieu de celle de Mars :

$$F_{T/R} = G \cdot \frac{m \cdot M_T}{R_T^2}$$

Valeurs numériques, et si besoin, conversion dans les unités du SI :

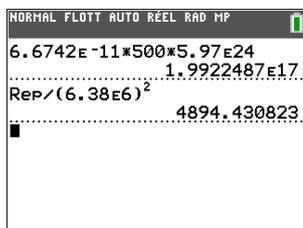
$$M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg};$$

$$R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m}.$$

Application numérique :

$$F_{T/R} = 6,6742 \times 10^{-11} \times \frac{500 \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6)^2}$$

$$F_{T/R} = 4,89 \times 10^3 \text{ N}$$



et confondre le poids du robot sur Terre avec la force d'attraction gravitationnelle de la Terre sur le robot :  $P = F_{T/R} = 6,88 \times 10^3$  N.

- soit appliquer la formule  $P = m \cdot g$  avec  $g$  intensité de la pesanteur terrestre, donnée en rabat de couverture du livre :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Application numérique :

$$P = 500 \times 9,8 = 4,9 \times 10^3 \text{ N}$$

Pour comparer les deux valeurs de poids, on divise la plus grande par la plus petite :

$$\frac{P}{P_M} = \frac{4,9 \times 10^3}{1,85 \times 10^3} = 2,6$$

Ainsi, le poids du robot sur Mars est 2,6 fois plus faible. En effet, Mars est une plus petite planète que la Terre, qui exerce une attraction gravitationnelle plus faible.

## 14.7 N° 19 p. 225 – Station spatiale (ISS)

- a. La station spatiale internationale est en orbite circulaire autour de la Terre. Dans le référentiel géocentrique, lié au centre de la Terre avec trois axes pointants vers trois étoiles supposées fixes, la station spatiale est un cercle dont le centre est celui de la Terre.
- b. Notations :  $G$  constante de gravitation universelle,  $m$  masse de l'ISS,  $M_T$  masse de la Terre,  $R_T$  rayon de la Terre,  $h$  l'altitude de la station en orbite.

La distance entre le centre de la Terre et la station est  $R + h$ .

Expression littérale de la valeur  $F_{T/ISS}$  de la force gravitationnelle de la Terre sur l'ISS :

$$F_{T/ISS} = G \cdot \frac{m \cdot M_T}{(R_T + h)^2}$$

Valeurs numériques, et si besoin, conversion dans les unités du SI :

$$G = 6,6742 \times 10^{-11} \text{ unités du SI};$$

$$m = 455 \text{ t} = 455 \times 10^3 \text{ kg};$$

$$M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg};$$

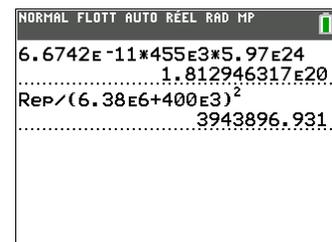
$$R_T = 6,38 \times 10^6 \text{ m};$$

$$h = 400 \text{ km} = 400 \times 10^3 \text{ m}.$$

Application numérique :

$$F_{T/ISS} = 6,6742 \times 10^{-11} \times \frac{455 \times 10^3 \times 5,57 \times 10^{24}}{(6,38 \times 10^6 + 400 \times 10^3)^2}$$

$$F_{T/ISS} = 3,94 \times 10^6 \text{ N}$$



- c. Schéma de l'ISS en orbite circulaire autour du globe :

