

## EXERCICES **Appliquer le cours**

### ■ Relativité du mouvement (§1 du cours)

#### 14. Identifier un référentiel

Thalès pense que la Terre est immobile, il décrit donc le mouvement des étoiles dans le référentiel terrestre.

#### 15. Définir un référentiel

Titan est un satellite de Saturne. Il décrit un mouvement pratiquement circulaire dans le référentiel saturno-centrique.

#### 16. Étudier des trajectoires

- a. Les trajectoires des trois astres dessinées par Tami-la sont représentées dans le référentiel héliocentrique étant donné que le Soleil est immobile.
- b. La trajectoire dessinée en bleu est un cercle, elle correspond en première approximation à la trajectoire de la Terre dans le référentiel héliocentrique.
- c. La trajectoire dessinée en rouge est la trajectoire de la Lune dans le référentiel héliocentrique.
- d. La trajectoire de la Lune dans le référentiel géocentrique est un cercle.
- e. La trajectoire du Soleil dans le référentiel géocentrique est un cercle.

#### 17. Calculer la valeur d'une vitesse moyenne

- a. La valeur de la vitesse moyenne de la fusée dans le référentiel terrestre est égale à :  $v_m = \frac{d}{\Delta t}$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $v_m = \frac{120}{6} = 2 \times 10^1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

- b. La valeur de la vitesse moyenne de la fusée dans le référentiel lié à l'astronaute, assis dans la fusée, est nulle.

#### 18. Déterminer une trajectoire

- a. La Lune présente toujours la même face à la Terre. Cela signifie que depuis la face de la Lune visible depuis la Terre, la Terre semble ne pas se déplacer. Le centre de la Terre est donc immobile dans le référentiel lunaire.

b. La Terre tournant sur elle-même en 24 h, un point de l'équateur décrit une trajectoire circulaire. Il effectue un tour complet en 24 h.

REMARQUE : de la Lune, cette trajectoire circulaire dans le référentiel lunaire sera vue sous un angle qui dépend des positions relatives des deux astres. En général, l'observation donnerait une demi-ellipse. Encore faut-il que l'observateur soit du bon côté de la Lune !

### 19. Utiliser les unités du SI

La valeur de la vitesse moyenne des astronautes dans l'espace est égale à :  $v_m = \frac{d}{\Delta t}$ .

APPLICATIONS NUMERIQUES :

$$v_m = \frac{100}{30} = 3,3 \text{ km} \cdot \text{min}^{-1}$$

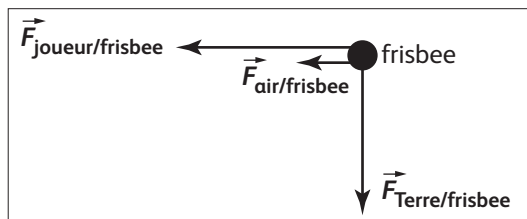
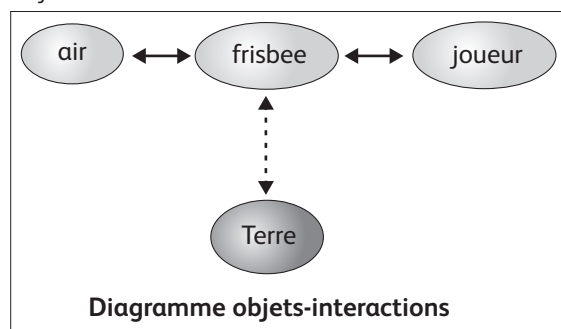
$$v_m = 3,3 \times 60 = 2,0 \times 10^1 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$$

$$v_m = \frac{2,0 \times 10^1}{3,6} = 56 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### Les forces (§2 du cours)

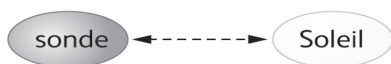
### 20. Nommer des forces

Les forces exercées sur un frisbee lorsqu'il est attrapé par un joueur sont les suivantes :



### 21. Construire un diagramme objets-interactions

a. Quand une sonde spatiale voyage dans le système solaire, elle n'est soumise qu'à l'attraction gravitationnelle du Soleil, le diagramme objets-interactions correspondant est le suivant :



Dans le système solaire, lorsque qu'une sonde spatiale se rapproche d'une planète, l'attraction gravitationnelle de la planète s'ajoute à celle du Soleil :



b. Quand une sonde spatiale s'approche d'une planète, il y a une force supplémentaire (la modélisation de l'action mécanique exercée par la planète sur la sonde), qui s'exerce sur la sonde. Cela explique la modification du mouvement de la sonde.

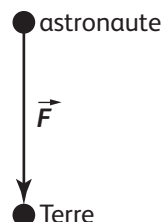
### 22. Représenter un vecteur force

La Terre exerce une force de valeur  $F = 8,6 \times 10^2 \text{ N}$  sur un astronaute.

Avec l'échelle 1,0 cm pour  $2,0 \times 10^2 \text{ N}$ , cette force est

représentée par un vecteur de longueur

$$\frac{1 \times (8,6 \times 10^6)}{2,0 \times 10^2} = 4,3 \text{ cm} :$$



### 23. Comprendre l'influence de la masse

Lors d'une mission spatiale loin de tout astre attracteur, les mêmes forces de propulsion sont exercées sur deux sondes de masse différente se déplaçant initialement à la même vitesse.

Étant donné que leurs masses sont différentes, les effets d'une même force de propulsion sont différents : les deux sondes ne continueront donc pas à se déplacer à la même vitesse.

## EXERCICES S'entraîner

### 25. Accident spatial

> COMPÉTENCE : Analyser.

a. Lorsque Ryan Stone est amarrée au bras télécommandé de la navette, les forces qui s'exercent sur elle sont :

- la force exercée par le bras télécommandé ;
- la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre.

b. Lorsque Ryan Stone se dirige vers l'ISS, les forces qui s'exercent sur elle sont :

- la force exercée par le câble ;
- la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre.

c. Les forces exercées sur Ryan Stone ne dépendent pas du référentiel choisi.

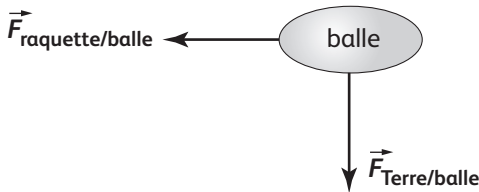
## 26. ⚡ Tennis et forces

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

a. Lorsque Tsonga sert, les forces exercées sur la balle de tennis sont :

– la force exercée par la Terre sur la balle de tennis  $\vec{F}_{\text{Terre/balle}}$  (appelée aussi en première approximation le poids de la balle de tennis) ;

– la force exercée par le tamis de la raquette sur la balle  $\vec{F}_{\text{raquette/balle}}$ .



Forces exercées sur la balle de tennis

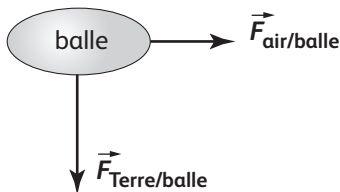
b. Lorsque la balle servie par Tsonga se trouve au-dessus du filet, les forces exercées sur la balle de tennis sont :

– la force exercée par la Terre sur la balle de tennis

$\vec{F}_{\text{Terre/balle}}$  ;

– la force de frottements exercée par l'air sur la balle

$\vec{F}_{\text{air/balle}}$ .



Forces exercées sur la balle de tennis

c. Lorsque Tsonga sert, la valeur de la force exercée par la raquette de Tsonga sur la balle est égale à la valeur de la force exercée par la balle sur la raquette de Tsonga.

d. Lorsque Tsonga sert, c'est la balle qui se déplace dans le référentiel terrestre et très peu Tsonga car la masse de la balle est beaucoup plus faible que la masse de Tsonga.

## 27. Satellite Météosat

> COMPÉTENCE : Analyser.

a. Dans le référentiel terrestre, le satellite Météosat, géostationnaire, est immobile.

b. Dans le référentiel géocentrique, la trajectoire de ce satellite est circulaire.

## 28. ⚡ Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser, valider.

a. L'énoncé indique la vitesse de la Terre par rapport au Soleil. La vitesse est donc mesurée dans le référentiel héliocentrique.

b. La distance  $d$  parcourue par la Terre dépend de la durée du parcours ( $\Delta t = 1$  an) et de sa vitesse moyenne  $V_m : d = V_m \times \Delta t$ .

La vitesse est donnée en  $\text{km} \cdot \text{s}^{-1}$ . Il faut donc exprimer la durée  $\Delta t$  en secondes.

$$d = 29,9 \times (1 \times 365,25 \times 86\,400) = 943\,572\,240 \text{ km.}$$

La vitesse est donnée avec trois chiffres significatifs. Il ne faut garder que trois chiffres significatifs dans le résultat final :  $d = 9,44 \times 10^8 \text{ km}$ .

c. La distance  $d$  parcourue par la Terre en un an correspond au périmètre du cercle représentant la trajectoire de la Terre dans le référentiel héliocentrique (le rayon  $R$  de ce cercle correspondant à la distance Terre-Soleil).

$$\text{Ainsi : } d = 2\pi R \text{ et } R = \frac{d}{2\pi} = \frac{9,44 \times 10^8}{2\pi} = 1,50 \times 10^8 \text{ km.}$$

d. Le rabat de la couverture indique :

1 UA =  $1,4959787061 \times 10^{11} \text{ m}$ . En exprimant ce résultat en km et en ne gardant que trois chiffres significatifs, on trouve le même résultat que dans la question précédente.

## 29. Forces exercées sur une sonde

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser.

a. Si le segment fléché qui représente le vecteur  $\vec{F}_1$  de valeur  $F_1$  a une longueur de 1,5 cm :

$$1,5 \text{ cm} \rightarrow 900 \text{ N}$$

$$1,0 \text{ cm} \rightarrow x = \frac{900 \times 1}{1,5} = 600 \text{ N}$$

L'échelle de représentation est 1 cm pour 600 N.

b. Le segment fléché qui représente le vecteur  $\vec{F}_2$  a une longueur de 1,0 cm, ce qui représente pour la force une valeur  $F_2 = 1,0 \times 600 = 600 \text{ N}$ .

## 30. In English Please

> COMPÉTENCES : Restituer, s'approprier, réaliser.

La valeur de la vitesse moyenne de la sonde spatiale Voyager 1 dans le référentiel héliocentrique depuis son lancement en 1977 est égale à :  $v_m = \frac{d}{\Delta t}$ .

$$\text{APPLICATION NUMÉRIQUE : } v_m = \frac{19 \times 10^9}{36 \times 365 \times 24} = 6,0 \times 10^4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}.$$

(1 billion se traduit par 1 milliard en français.)

## 31. ⚡ Entraînement des astronautes

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

a. Les forces qui s'exercent sur l'astronaute utilisant le tabouret tournant sont :

– la force exercée par la Terre sur l'astronaute  $\vec{F}_{\text{Terre/astronaute}}$  (appelée aussi en première approximation le poids de l'astronaute) ;

– la force exercée par la chaise tournante sur l'astronaute  $\vec{F}_{\text{chaise/astronaute}}$  ;

– la force de frottements exercée par l'air sur l'astronaute  $\vec{F}_{\text{air/astronaute}}$ .

b. La « force » centrifuge n'est pas une force car ce n'est pas la modélisation d'une action mécanique.

### 32. ☆ Assistance gravitationnelle

> COMPÉTENCES : Restituer, valider, communiquer.

Si la vitesse d'une sonde spatiale est modifiée par assistance gravitationnelle, la vitesse de la planète à l'origine de cette assistance gravitationnelle est elle aussi modifiée.

En effet, il y a une interaction gravitationnelle entre la sonde spatiale et la planète, et la force exercée par la sonde spatiale sur la planète modifie le mouvement de la planète. Cependant cette modification est extrêmement faible car la masse de la planète est très grande et car les effets d'une force exercée sur un corps sont d'autant plus faibles que la masse de ce corps est grande.

### 33. ☆☆ Propulsion d'une fusée

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, analyser, communiquer.

a. La force exercée par les gaz sur la fusée a une direction verticale et un sens vers le haut.

b. La force exercée par la fusée sur les gaz a une direction verticale et un sens vers le bas.

c. La valeur de la force exercée par les gaz sur la fusée est égale à la valeur de la force exercée par la fusée sur les gaz.

d. Dans le référentiel terrestre, la valeur de la vitesse des gaz est supérieure à la valeur de la vitesse de la fusée car la masse des gaz est beaucoup plus faible que la masse de la fusée et les effets d'une force exercée sur un corps sont d'autant plus grands que la masse du corps est faible.

### 34. ☆☆ Mouvements de Mars

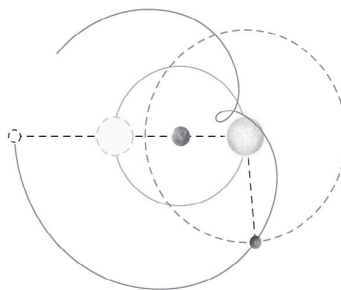
> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

1. Puisque la Terre et Mars décrivent des mouvements circulaires centrés sur le centre du Soleil, les distances Soleil-Terre et Soleil-Mars sont constantes et égales aux rayons respectifs des orbites.

Au contraire, la distance Terre-Mars varie car les vitesses des planètes sont différentes : quand la Terre a fait un tour autour du Soleil, elle est revenue à la même position dans le référentiel héliocentrique alors que Mars n'a fait qu'un peu plus d'un demi-tour.

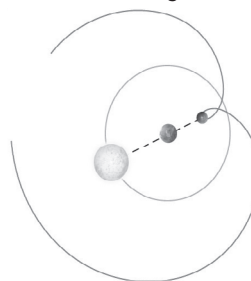
2.a. Pour retrouver la position de Mars, il faut commencer par placer le Soleil à sa nouvelle position. Puisqu'il a effectué un demi-tour, il est diamétralement opposé à sa position initiale.

À l'aide d'un compas, on mesure la distance Soleil-Mars, puis on trace un arc de cercle en prenant la nouvelle position du Soleil comme centre. Cet arc de cercle coupe la trajectoire de Mars en deux points. On sait que Mars a effectué un peu plus du quart de sa trajectoire, ce qui permet d'éliminer le point supérieur pour ne garder que celui qui est en dessous.



b. Non, puisque la distance Soleil-Mars reste constante.

c. En utilisant la même méthode qu'au 2.a. mais en commençant par placer Mars au plus proche de la Terre, le compas permet de déterminer la place du Soleil : Mars, la Terre et le Soleil sont alors alignés.



## 35. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

### ☆☆ Pluton : une planète ?

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, analyser, valider, communiquer.

Réponses aux questions préliminaires

a. Les premiers astronomes ont compté sept planètes : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter, Saturne, le Soleil et la Lune.

b. Les premiers astronomes ne considéraient pas que la Terre était une planète car ils pensaient qu'elle était immobile au centre de l'Univers : ce n'était donc pas un astre errant.

c. Les astronomes comptent huit planètes depuis le 24 août 2006 : Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune.

d. La planète Neptune a été découverte en 1846 indépendamment par l'astronome allemand Johann Gottfried Galle et par les astronomes français et anglais Urbain Le Verrier et John Couch Adams qui avaient prévu par calcul la région de l'espace où on pourrait la trouver. Elle a été découverte beaucoup plus tardivement que Mars par exemple car cette planète n'est pas visible à l'œil nu : elle nécessite l'utilisation d'un télescope (dans lequel elle apparaît comme un disque bleu-vert).

e. Les astronomes modernes ne considèrent plus le Soleil comme une planète car c'est une étoile qui produit sa propre lumière (on dit que c'est une source de lumière primaire). Or, les astronomes appellent planètes aujourd'hui uniquement des astres qui ne produisent pas eux-mêmes leur lumière (on dit que ce sont des sources de lumières diffusantes).

De plus, les astronomes modernes ne considèrent plus non plus la Lune comme une planète car la Lune tourne autour de la Terre (c'est le satellite naturel de la Terre). Or, les astronomes appellent planètes aujourd'hui uniquement des astres tournant autour du Soleil.

f. Depuis le 24 août 2006, les astronomes ne considèrent plus Pluton comme une planète car elle est de trop petite taille (et de masse trop faible), de telle sorte qu'elle n'a pas éliminé tous les corps célestes susceptibles de se déplacer sur une trajectoire proche de la sienne. Elle appartient depuis cette date à la catégorie des planètes naines.

g. Certains Américains souhaitaient que Pluton garde son statut de planète car c'était la seule planète qu'un de leur compatriote avait découverte.

h. André Brahic est un astrophysicien né en 1942 à Paris. Il a découvert les anneaux de Neptune en 1984. C'est l'un des plus grands experts mondiaux de la formation du système solaire. Aujourd'hui astrophysicien au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), professeur à l'université de Paris VII depuis 1978 et directeur du laboratoire Gamma-gravitation, on lui doit des travaux sur la théorie du chaos, sur la dynamique des galaxies, sur les anneaux planétaires et aussi sur les supernovae. En 1990, l'astéroïde (3488) Brahic a été baptisé en son honneur.

Les réunions de la communauté scientifique ayant débouché sur les modifications du statut de Pluton et de la définition du mot « planète » ont eu lieu à Paris et comprenaient trois Américains, un Anglais, un Japonais et un Français (André Brahic). Les participants n'étaient pas du tout d'accord au départ sur la nouvelle définition à donner au mot « planète » mais ils ont finalement trouvé un compromis, notamment grâce à la bonne gastronomie française qui a amené chaque participant à se détendre et à écouter davantage les arguments de chacun.

i. Il est possible (et même fort probable) que les astronomes découvrent à l'avenir d'autres planètes naines dans notre système solaire car la technologie est de plus en plus performante et elle permet de détecter de plus en plus de corps célestes dont certains seront peut-être catalogués comme des planètes naines.

*La réponse à ces questions préliminaires permet ensuite de réaliser facilement un poster décrivant l'évolution du mot « planète » au cours du temps.*

### 36. 🌟 Mouvements d'un point à la surface de la Terre

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, restituer, valider.

a. Le mouvement d'un point  $E$  de l'équateur dans ce référentiel est circulaire.

b. La valeur de la vitesse moyenne de ce point  $E$  dans le référentiel géocentrique est égale à :

$$v_m = \frac{d}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{\Delta t}.$$

$$\text{APPLICATION NUMÉRIQUE : } v_m = \frac{2\pi \times 6,38 \times 10^6}{24 \times 3\,600} = 4,6 \times 10^2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

( $v_m = 464 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  avec 3 chiffres significatifs.)

c. Les deux points de la surface de la Terre immobiles dans le référentiel géocentrique sont les pôles Nord et Sud.

d. La valeur de la vitesse moyenne de ce point  $E$  dans le référentiel terrestre est nulle.

e. Le référentiel choisi a une influence sur la valeur de la vitesse du point  $E$ .

## 37. ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES

### ★ Décollage d'une fusée

> COMPÉTENCE : Analyser.

Le protocole expérimental permettant de faire une expérience analogue à celle du décollage d'une fusée peut être le suivant :

- remplir à moitié une bouteille d'un mélange d'eau et de jus de citron (acide) ;
- envelopper deux cuillères à soupe de bicarbonate de soude dans une serviette en papier ;
- mettre le bicarbonate de soude dans la bouteille posée sur le sol ;
- placer rapidement un bouchon de liège sur le goulot et reculer de quelques pas.

La transformation chimique entre le bicarbonate et l'eau acide produit alors du gaz (du dioxyde de carbone) dans la bouteille et le bouchon est éjecté dans les airs.

**On peut comparer cette expérience au décollage d'une fusée.** En effet, une fusée spatiale décolle car les gaz propulsés exercent une force vers le haut sur la fusée et le bouchon en liège est éjecté dans les airs car le gaz créé par la transformation chimique exerce une force vers le haut sur le bouchon. Les différences entre un bouchon de liège et une fusée sont cependant assez nombreuses. Par exemple :

- la masse : la fusée est beaucoup plus lourde que le bouchon ;
- la production des gaz, extérieure au bouchon de liège alors qu'ils sont émis par la fusée.

## 38. RÉOLUTION DE PROBLÈME

### ★ Vitesse moyenne de la Lune

> COMPÉTENCES : Analyser, restituer, réaliser.

Dans le référentiel géocentrique, la Lune tourne autour de la Terre à une distance moyenne :

$$d = 3,84 \times 10^5 \text{ km} = 3,84 \times 10^8 \text{ m}.$$

Elle effectue un tour complet pendant une durée

$$\Delta t = 27 \text{ j } 7 \text{ h } 43 \text{ min}.$$

$$\Delta t = (27 \times 24 \times 60 \times 60) + (7 \times 60 \times 60) + (43 \times 60)$$

$$= 2,4 \times 10^6 \text{ s}.$$

La valeur de la vitesse moyenne de la Lune dans le référentiel géocentrique vaut donc :  $v_m = \frac{2\pi d}{\Delta t}$ .

$$\text{APPLICATION NUMÉRIQUE : } v_m = \frac{2\pi \times 3,84 \times 10^8}{2,4 \times 10^6} = 1,0 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

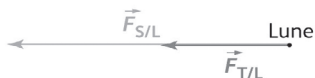
### 39. ☆☆ Forces exercées sur la Lune

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser.

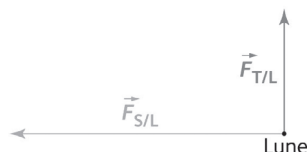
a. Puisqu'on néglige les interactions avec les autres planètes, la Lune est en interaction avec la Terre et avec le Soleil.



b. Dans les trois cas, la longueur du segment fléché représentant la force exercée par le Soleil sur la Lune est 2,2 fois plus grande que celle représentant la force exercée par la Terre. À la pleine Lune, la Terre et le Soleil sont du même côté de la Lune.



Au premier quartier, l'énoncé indique que la Lune est au sommet d'un angle droit formé par les directions Terre-Lune et Soleil-Lune.



À la nouvelle lune, le Soleil et la Terre sont de part et d'autre de la Lune.



### 40. COMMENTAIRE ARGUMENTÉ

#### ☆☆ Représentations de l'Univers

> COMPÉTENCES : Restituer, s'approprier, analyser, communiquer.

Si on pouvait observer Vénus en pleine nuit, Vénus serait à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre. C'est ce qu'on peut observer dans la représentation grecque de l'Univers.

Or, les Égyptiens se sont aperçus très vite qu'on ne voit en réalité Vénus que le soir après le coucher du Soleil ou le matin avant son lever, mais jamais en pleine nuit. En effet, la trajectoire de Vénus étant située à l'intérieur de celle de la Terre, cette configuration est impossible. Vue depuis la Terre, la direction de Vénus s'écarte au maximum d'un angle  $\alpha$  par rapport à celle du Soleil.

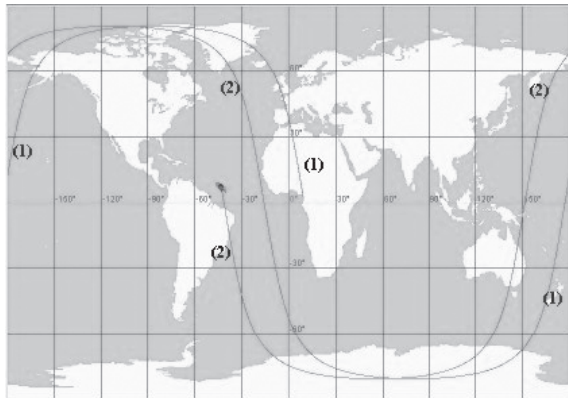
En faisant tourner Vénus et Mercure autour du Soleil, les Égyptiens ont donc bien représenté ce qu'ils ont observé, contrairement aux Grecs.

## EXERCICES Appliquer le cours

### Observation de la Terre et de l'Univers (§1 du cours)

#### 14. Dessiner une trajectoire

a. Le dessin demandé se fait en utilisant les figures (a) et (b) et en reportant sur la carte du monde les points de passage du satellite. Il correspond à la ligne (1) ci-dessous :



b. Un satellite NOAA ne survole pas toujours les mêmes régions de la Terre lors de ses rotations successives. En effet, pendant que le satellite fait une révolution autour de la Terre, celle-ci tourne autour de son axe d'Ouest en Est : la deuxième trace est donc décalée vers l'Ouest par rapport à la première (voir à la ligne (2) ci-dessus représentant la trace du satellite sur le sol au cours de la révolution suivante).

#### REMARQUES :

– Le logiciel Solstice (téléchargeable à l'adresse : <http://eduscol.education.fr/orbito/orb/logiciel/logi11.htm>) permet de simuler la trajectoire du satellite NOAA 16 même si, selon l'heure et le jour, la simulation ne reproduit pas exactement le passage décrit précédemment. Sur l'écran, on peut trouver la valeur de la période de révolution du satellite et son altitude au-dessus de la Terre.  
– Les images satellitaires de Meteosat (satellite géostationnaire) et de NOAA sont disponibles sur le site : <http://www.meteo-paris.com/france/suivi-nuages.html>.

### Gravitation universelle (§2 du cours)

#### 15. Utiliser une relation littérale

La valeur  $F$  de la force d'attraction gravitationnelle entre une comète et une planète distantes de  $d$  :

– diminue si la masse de la comète diminue alors que la masse de la planète et la distance  $d$  ne sont pas modifiées ;

– diminue si la distance  $d$  augmente alors que les masses de la comète et de la planète ne sont pas modifiées.

#### 16. Déterminer les caractéristiques d'une force

La valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite TerreStar-1 est égale à :

$$F = G \frac{m_{\text{TerreStar}} \times M_T}{(M_T + h)^2}$$

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{6,99 \times 10^3 \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6,38 \times 10^6 + 36\,000 \times 10^3)^2} = 1,6 \times 10^3 \text{ N.}$$

La valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par le satellite TerreStar-1 sur la Terre est égale à la valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite TerreStar-1. Elle vaut donc :  $1,6 \times 10^3 \text{ N}$ .

Ces deux forces d'interaction gravitationnelle ont pour :

- direction : la droite reliant le centre de la Terre au centre du satellite ;
- sens : vers le satellite pour la force d'interaction gravitationnelle exercée par le satellite TerreStar-1 sur la Terre ; vers la Terre pour la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite ;
- point d'application : la Terre pour la force d'interaction gravitationnelle exercée par le satellite TerreStar-1 sur la Terre ; le satellite pour la force d'interaction gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite.

### Poids et force d'attraction gravitationnelle (§3 du cours)

#### 17. Utiliser les unités du système international

a. La valeur du poids d'un javelot est égale à :  $P = m \times g$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $P = 0,800 \times 9,81 = 7,85 \text{ N}$ .

b. La valeur du poids du toit du stade de France est égale à :  $P = m \times g$

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$P = 13\,000 \times 10^3 \times 9,81 = 1,28 \times 10^8 \text{ N.}$$

#### 18. Définir le poids d'un corps

a. En première approximation, le poids d'une fusée sur Terre correspond à la force exercée par la Terre sur la fusée.

b. La valeur du poids d'une fusée diminue lors de son décollage car sa masse  $m$  diminue et car la valeur du poids est égale à  $P = m \times g$  (avec la valeur de l'intensité de pesanteur  $g$  que l'on peut considérer comme constante lors du décollage).

#### 19. Distinguer poids et masse

a. La masse de la combinaison spatiale à la surface de la Lune est égale à 106,5 kg car la masse d'un objet ne varie pas suivant sa position.

b. La valeur du poids  $P$  de la combinaison spatiale à la surface de la Lune est égale à :  $P = m \times g_L$  avec  $g_L$  la valeur de l'intensité de pesanteur à la surface de la Lune.

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $P = 106,5 \times 1,6 = 1,7 \times 10^2 \text{ N}$ .



c. La combinaison spatiale était plus facile à porter à la surface de la Lune qu'à la surface de la Terre car son poids était plus faible.

## 20. Comparer les valeurs de plusieurs forces

a. L'expression littérale de la valeur des forces gravitationnelles s'exerçant entre les deux spationautes est :  $G \frac{m_1 \times m_2}{d^2}$  avec  $G$  la constante de gravitation universelle,  $m_1$  et  $m_2$  les masses des deux spationautes et  $d$  la distance séparant les deux spationautes.

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{80 \times 80}{1^2} = 4,2 \times 10^{-7} \text{ N.}$$

b. L'expression littérale de la valeur du poids de chaque spationaute sur Terre est :  $P = m_1 \times g = m_2 \times g$  (car  $m_1 = m_2$ )

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $P = 80 \times 9,8 = 7,8 \times 10^2 \text{ N.}$

c. La valeur des forces gravitationnelles calculées dans la question a. est très faible par rapport à la valeur du poids des spationautes, c'est pourquoi on considère toujours que les forces gravitationnelles s'exerçant entre les deux spationautes sont négligeables devant leur poids.

## 22. Attraction terrestre

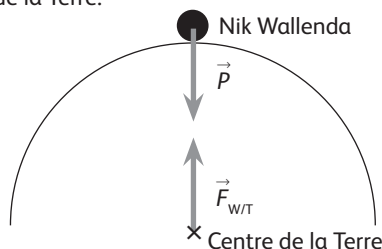
> COMPÉTENCES : Réaliser, restituer, valider.

a. La valeur du poids de Nik Wallenda est égale à :  $P = m \times g$

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $P = 75 \times 9,8 = 7,4 \times 10^2 \text{ N.}$

En utilisant l'échelle  $1 \text{ cm} \Leftrightarrow 3,7 \times 10^2 \text{ N}$ , on représente le poids  $\vec{P}$  de Nik Wallenda par un vecteur de 2 cm, vertical vers le bas, et ayant comme point d'application un point modélisant le funambule (comme sur le schéma de la question b.).

b. La force d'attraction gravitationnelle  $\vec{F}_{\text{W/T}}$  exercée par Nik Wallenda sur la Terre a, en première approximation, la même valeur, la même direction, et un sens opposé au poids de Nik Wallenda. Son point d'application est le centre de la Terre.



c. Le funambule subit davantage cette interaction gravitationnelle que la Terre car sa masse est plus faible que celle de la Terre.

## 23. ☼ Force d'attraction gravitationnelle exercée par le Soleil

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, réaliser.

a. La valeur de la force  $\vec{F}_{\text{S/T}}$  s'écrit en fonction de la masse  $M_s$  du Soleil, de la masse  $M_T$  de la Terre et de la distance  $d$  entre le centre du Soleil et le centre de la Terre :

$$F_{\text{S/T}} = G \frac{M_s \times M_T}{d^2}.$$

b. D'après le tableau du rabat I du manuel :

$$M_s = 1,99 \times 10^{30} \text{ kg}$$

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

$$d = 149,6 \times 10^9 \text{ m}$$

$$G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ SI}$$

Ainsi la valeur de la force  $\vec{F}_{\text{S/T}}$  vaut :

$$F_{\text{S/T}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,99 \times 10^{30} \times 5,67 \times 10^{24}}{(149,6 \times 10^9)^2} = 3,36 \times 10^{22} \text{ N}$$

c. La masse d'un objet situé à la surface de la Terre qui exercerait une attraction gravitationnelle de même valeur que  $\vec{F}_{\text{S/T}}$  vaudrait :  $m = \frac{P}{g} = \frac{F_{\text{S/T}}}{g}$  (en première approximation,  $P = F_{\text{S/T}}$ ).

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$m = \frac{3,36 \times 10^{22}}{9,8} = 3,4 \times 10^{21} \text{ kg.}$$

Cette masse est plus de 100 millions de fois plus faible que la masse du Soleil car cet objet est beaucoup plus proche du centre de la Terre que le Soleil.

## 24. Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

a. L'intensité de pesanteur  $g$  à la surface de Ganymède vaut :  $g = \frac{M}{R^2}$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,48 \times 10^{23}}{(2\,634 \times 10^3)^2} = 1,42 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

(Le résultat est donné avec trois chiffres significatifs car la donnée la moins précise est exprimée avec trois chiffres significatifs.)

b. La valeur du poids d'un corps de masse  $m = 10,0 \text{ kg}$  à la surface de Ganymède est égale à :  $P_G = m \times g$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $P_G = 10,0 \times 1,42 = 14,2 \text{ N}$

(Le résultat est donné avec trois chiffres significatifs car la donnée la moins précise est exprimée avec trois chiffres significatifs.)

c. À la surface de la Terre, la valeur de son poids est :  $P = m \times g = 10,0 \times 9,8 = 98 \text{ N.}$

La valeur de son poids est donc différente à la surface de la Terre et à la surface de Ganymède.

## 25. Sonde spatiale Rosetta

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser.

a. L'intérêt scientifique de la mission Rosetta est d'étudier la composition de la comète. En effet, sa composition est la même que celle du système solaire à ses débuts. Cela permet de comprendre l'origine et l'évolution du système solaire.

b. L'âge du système solaire est de 4 600 millions d'années.

c. Avant d'approcher la comète, la sonde a fait quatre fois le tour du Soleil.

d. La sonde s'est mise en orbite autour du noyau de la comète et a envoyé un atterrisseur se poser sur son noyau.



## 26. In English Please

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Lors de leur voyage vers la Lune, le capitaine Haddock et Milou flottent dans la fusée spatiale. En effet, ils se déplacent à la même vitesse que la fusée qui est leur seul repère dans l'espace.

## 27. ☆ Attraction gravitationnelle exercée par Jupiter

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, analyser, réaliser.

### a. Comparaison des masses

Sur le rabat, on lit : masse de Jupiter,  $M_J = 1,90 \times 10^3 \times 10^{24}$  kg. On retrouve bien la valeur indiquée dans le texte :  $M_J = 1,9 \times 10^{27}$  kg.

La masse de Jupiter est-elle égale à 318 fois la masse de la Terre, notée  $M_T$  ?

$M_T = 5,97 \times 10^{24}$  kg, et donc :  $318 M_T = 318 \times 5,97 \times 10^{24} = 1,90 \times 10^{27}$  kg.

On retrouve bien  $M_J = 318 M_T$ .

### Comparaison des volumes

Calculons le volume  $V_J$  de Jupiter, planète de rayon  $R_J$  :

$$R_J = \frac{142\,984}{2} = 71\,492 \text{ km.}$$

Volume de Jupiter :  $V_J = \left(\frac{4}{3}\right) \pi R_J^3$ , avec  $R_J$  en m.

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $V_J = \left(\frac{4}{3}\right) \pi \times (71\,492 \times 10^3)^3$ .

Calculons le volume  $V_T$  de la Terre de rayon  $R_T = 6,38 \times 10^6$  m.

Volume de la Terre :  $V_T = \left(\frac{4}{3}\right) \pi R_T^3$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :  $V_J = \left(\frac{4}{3}\right) \pi \times (6,38 \times 10^6)^3$ .

Calculons le rapport :  $\left(\frac{V_J}{V_T}\right) = \left(\frac{71\,492 \times 10^3}{6,38 \times 10^6}\right)^3 = 1\,400$

On obtient  $V_J = 1\,400 V_T$ . Ce résultat est en accord avec l'indication : « elle (Jupiter) pourrait contenir un bon millier de Terre ».

b. La valeur de la force d'attraction exercée par Jupiter sur un corps de masse  $m$  placé à sa surface (donc à une distance  $R_J$  de son centre) est :  $F = G \frac{m \times M_J}{R_J^2}$  avec  $m = 1$  kg.

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F_{S/T} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,9 \times 10^{27} \times 1}{(71\,492 \times 10^3)^2} = 2 \times 10^1 \text{ N.}$$

## 28. ☆ Titan, un satellite de Saturne

> COMPÉTENCES : S'approprier, restituer, réaliser.

a. La valeur  $F$  des forces d'interaction gravitationnelle s'exerçant entre Titan et Saturne est égale à :

$$F = G \frac{M_T \times M_S}{D_{S-T}^2}$$

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,31 \times 10^{23} \times 568 \times 10^{24}}{(1,2 \times 10^9)^2} = 3,45 \times 10^{21} \text{ N.}$$

b. La force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_1$  exercée par Titan sur Saturne a :

– pour direction : la droite reliant le centre de Titan et le centre de Saturne ;

– pour sens : vers Titan ;

– pour point d'application : le centre de Saturne.

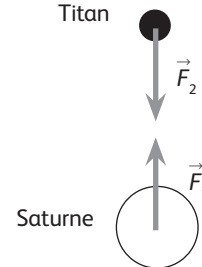
La force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_2$  exercée par Saturne sur Titan a :

– pour direction : la droite reliant le centre de Titan et le centre de Saturne ;

– pour sens : vers Saturne ;

– pour point d'application : le centre de Titan.

En utilisant l'échelle  $1 \text{ cm} \Leftrightarrow 3,45 \times 10^{21} \text{ N}$ , on représente ces deux forces par des vecteurs de 1 cm, comme ci-dessous :



c. La valeur du poids d'un objet de masse  $m = 5,00$  kg à la surface de Titan vaut, en première approximation :

$$P = G \frac{M_T \times M}{R_T^2}$$

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F_{S/T} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,31 \times 10^{23} \times 5,00}{(2,58 \times 10^6)^2} = 6,56 \text{ N.}$$

d. La masse de ce corps à la surface de la Terre est : 5,00 kg.

e. La valeur du poids de ce corps à la surface de la Terre est égale à :  $P = m \times g = 5,00 \times 9,8 = 49 \text{ N}$ .

## 29. ☆☆ Station spatiale internationale (ISS)

> COMPÉTENCES : Analyser, restituer, réaliser, valider, communiquer.

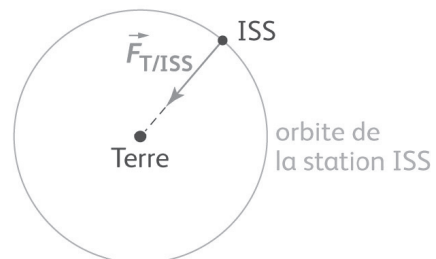
1.a. Dans le référentiel géocentrique, l'altitude de la station au-dessus de la Terre restant constante, la trajectoire est un cercle dont le centre est celui de la Terre.

b.  $F_{T/ISS} = G \frac{m \times M}{R^2}$  avec  $m$  la masse de la station spatiale,  $M_T$  la masse de la Terre et  $R$  le rayon de l'orbite de la station.

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F_{S/T} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{455 \times 10^3 \times 5,97 \times 10^{24}}{((6\,380 + 370) \times 10^3)^2} = 3,97 \times 10^6 \text{ N.}$$

c.



Pour connaître les missions de l'ISS, les conditions de vie, on peut consulter le site : <http://esamultimedia.esa.int/docs/issedukit/fr/html/t0106r1.html>.

Pour suivre en temps réel la position de la station spatiale, on peut consulter les sites :

<http://www.n2yo.com/?s=25544> et <http://science.nasa.gov/realtime/>.

d. L'expression littérale de la valeur  $F_{T/\text{astronaute}}$  de la force gravitationnelle exercée par la Terre sur un astronaute, Pedro Duque, de masse  $m = 80$  kg, présent dans l'ISS est :  $F_{T/\text{astronaute}} = G \frac{m \times M_T}{R^2}$ .

APPLICATION NUMÉRIQUE :

$$F_{T/\text{astronaute}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{80 \times 5,97 \times 10^{24}}{((6380 + 370) \times 10^3)^2} = 7,0 \times 10^5 \text{ N.}$$

2. Dans l'ISS, l'astronaute Pedro Duque est en impesanteur car il flotte dans la station spatiale et il a la sensation de ne pas ressentir la pesanteur (alors qu'il est tout de même attiré par la Terre).

Il est possible d'être en situation d'impesanteur ailleurs que dans une station spatiale en orbite autour de la Terre. Par exemple, il est possible d'être en impesanteur dans un avion en chute libre.

REMARQUE : pour se préparer à la sensation d'impesanteur, les astronautes s'entraînent également dans une piscine, immergés avec leur scaphandre. Cependant les astronautes à l'entraînement dans une piscine continuent à distinguer le haut du bas, ce qui n'est plus le cas dans l'espace.

### 30. ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES

#### ★ La chute des corps

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, valider.

Pour Alexandre, la durée de la chute d'un objet sur Terre ne dépend pas de la forme de l'objet. En revanche, pour Julie, la durée de la chute d'un objet sur Terre dépend de la forme de l'objet.

Le protocole expérimental permettant de déterminer si Alexandre ou Julie a raison est le suivant :

- froisser une feuille de papier afin d'en faire une boule ;
- lâcher sans vitesse initiale au même instant la boule de papier et une feuille de papier non froissée de même masse ;
- mesurer la durée de la chute de ces feuilles jusqu'au sol.

La réalisation de cette expérience montre que la boule de papier tombe plus rapidement que la feuille de papier non froissée.

Étant donné que la forme de la feuille est le seul paramètre ayant varié entre les deux objets, on peut en conclure que la forme de l'objet influe sur la chute d'un corps à la surface de la Terre : Julie a donc raison !

#### 31. ☼ Étoile Sirius B

> COMPÉTENCES : Restituer, analyser, réaliser.

En traduisant mathématiquement les données du texte :

$$1. F_{\text{Sirius/O}} = 350\,000 \times F_{\text{Terre/O}} ;$$

$$2. M_{\text{Sirius}} = (98 / 100) \times M_{\text{Soleil}} ;$$

$$3. M_{\text{Terre}} = 3 \times 10^{-6} \times M_{\text{Soleil}} ;$$

a. Force de gravitation exercée par Sirius sur  $O$  situé à la surface de Sirius B :

$$F_{\text{Sirius/O}} = G \frac{M_{\text{Sirius}} \times m}{R_S^2} \text{ avec } R_S \text{ rayon de Sirius.}$$

Force de gravitation exercée par la Terre sur  $O$  situé à la surface de la Terre :

$$F_{\text{Terre/O}} = G \frac{M_{\text{Terre}} \times m}{R_T^2} \text{ avec } R_T \text{ rayon de la Terre.}$$

b. On remplace les expressions des forces dans la relation 1. :

$$G \frac{M_{\text{Sirius}} \times m}{R_S^2} = 3,5 \times 10^5 \times G \frac{M_{\text{Terre}} \times m}{R_T^2}$$

En utilisant 2. et 3. :

$$G \frac{98}{100} \times M_{\text{Soleil}} \times m}{R_S^2} = 3,5 \times 10^5 \times G \times \frac{3 \times 10^{-6} \times M_{\text{Soleil}} \times m}{R_T^2}$$

Soit, après simplification :

$$\frac{98}{100} \times \frac{1}{R_S^2} = 3,5 \times 10^5 \times 3 \times 10^{-6} \times \frac{1}{R_T^2}$$

$$\text{Soit : } \frac{R_S^2}{R_T^2} = 0,93.$$

On a donc  $R_S = 0,97 R_T$ , soit  $R_S \approx R_T$ .

La diamètre de Sirius B est pratiquement égal à celui de la Terre.

### 32. ★ Poids terrestre, poids martien

> COMPÉTENCES : Restituer, valider, s'approprier, réaliser.

a. L'expression de la valeur  $F$  de la force d'attraction gravitationnelle qu'exerce Mars sur Phoenix est :

$$F = G \frac{M_M \times m}{R_T^2} \text{ avec } M_M \text{ la masse de Mars et } R_M \text{ son rayon.}$$

$$b. F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{0,642 \times 10^{24} \times 500}{(3,40 \times 10^6)^2} = 1,85 \times 10^3 \text{ N.}$$

c. La valeur  $P_M$  du poids martien du robot Phoenix est égale en première approximation à la valeur  $F$  de la force d'attraction gravitationnelle qu'exerce Mars sur Phoenix :  $P_M = 1,85 \times 10^3 \text{ N.}$

Le poids terrestre du robot Phoenix vaut :

$$P_T = m \times g = 500 \times 9,8 = 4,9 \times 10^3 \text{ N.}$$

$$\text{Ainsi : } P_T / P_M = 2,6.$$

### 33. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

#### ★★ Les sondes spatiales Voyager 1 et 2

> COMPÉTENCES : Analyser, restituer, réaliser, valider, communiquer.

Réponses aux questions préliminaires se trouvant dans le dossier :

a. En 1977, le présentateur Jean-Claude Bourret parlait de la sonde *Voyager 1* comme « d'une bouteille dans l'espace » car elle transportait des messages enregistrés notamment par plusieurs chefs d'État et destinés à d'éventuels extraterrestres.

Cette « bouteille dans l'espace » pourrait trouver son destinataire dans quelques dizaines ou centaines de mil-

liers d'années. Cette durée est très grande car nous savons qu'il n'y a pas de civilisation extraterrestre proche de nous. Si une telle civilisation existe, elle est très loin de nous et la durée du trajet de la sonde avant qu'elle soit interceptée par une éventuelle civilisation extraterrestre sera donc forcément très grande.

b. Le principal intérêt de cette mission spatiale n'est pas d'envoyer une « *bouteille dans l'espace* ». L'intérêt principal est d'observer beaucoup plus précisément les astres du système solaire.

c. Les sondes *Voyager* sont de « *véritables machines à remonter le temps* » car plus on observe des objets éloignés, plus la durée du trajet parcouru par la lumière est longue et plus nous observons dans le passé (voir le chapitre 1 du thème « Univers »).

d. Les sondes *Voyager* sont alimentées à l'énergie atomique.

e. En 1977, on pensait garder le contact avec les sondes *Voyager* pendant 10 ans. Finalement, on reçoit encore aujourd'hui des informations des sondes *Voyager*, plus de trente ans après leur lancement, notamment parce qu'on a stoppé certaines fonctionnalités de ces sondes afin de préserver leur énergie et aussi peut-être car on a mieux profité de l'assistance gravitationnelle des astres que prévu (ou car la durée de vie des générateurs est plus longue que prévue).

De plus, depuis 1977, les astronautes de la Nasa ont développé sur Terre des récepteurs et des émetteurs de plus en plus puissants et précis qui parviennent encore à capter les signaux de plus en plus faibles que la sonde émet et à lui envoyer des ordres.

f. Les sondes *Voyager* reprenaient de la vitesse lorsqu'elles survolaient les planètes du système solaire grâce à l'assistance gravitationnelle (voir le chapitre 7 du thème « Univers » pour plus d'explications).

g. Les informations envoyées par les sondes *Voyager* en 1987 mettaient plus de trois heures pour parvenir jusqu'à la Terre car, même si elles se propagent à la célérité de la lumière ( $3,00 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ), la distance à parcourir est si grande qu'il faut plus de trois heures pour qu'elles effectuent le trajet *Voyager-Terre*.

h. Certains pensent que la sonde *Voyager* a quitté le système solaire depuis 2003 mais les scientifiques ont décidé que la sortie du système solaire a eu lieu uniquement en août 2012. Cette date ne fait cependant pas encore l'unanimité dans la communauté scientifique à cause des observations trop imprécises de la sonde *Voyager* (car l'instrument de la sonde qui aurait permis une détection claire de ce passage ne fonctionne plus).

i. Les informations recueillies aujourd'hui par les sondes *Voyager* intéressent encore les scientifiques, notamment pour l'étude du vent solaire et l'observation des champs magnétiques induits.

La réponse à ces questions préliminaires permet ensuite de rédiger facilement un texte d'une dizaine de lignes expliquant comment les sondes spatiales *Voyager 1* et *Voyager 2* peuvent se déplacer sur de si grandes dis-

tances depuis leur lancement en 1977 et l'intérêt de telles missions spatiales.

### 34. ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS

#### Superman

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, restituer, réaliser.**

a. Sur Krypton, les capacités physiques de Superman lui permettaient de sauter 2 m en hauteur.

Sur Terre, ses capacités physiques lui permettent de sauter 60 m en hauteur.

Sachant que la performance, hauteur ou longueur d'un saut est en pratique inversement proportionnelle à l'intensité de la pesanteur, on trouve que l'intensité de la pesanteur à la surface de Krypton est égale à :

$$g_K = \frac{60}{2} g_T = 3 \times 10^1 \times 9,8 = 3 \times 10^2 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

b. À la surface de la Lune, l'intensité de la pesanteur est égale à :  $g_L = 1,6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Ainsi, les capacités physiques de Superman lui permettent de sauter une hauteur  $h$  égale à :

$$h = \frac{g_K}{g_L} \times 2 = \frac{3 \times 10^2}{1,6} \times 2 = 4 \times 10^2 \text{ m (environ 400 m !)}.$$

### 35. 🌟 Satellites géostationnaires

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser.**

a. On observe le mouvement circulaire des satellites géostationnaires dans le référentiel géocentrique (ils apparaissent immobiles dans le référentiel terrestre).

b. La période de révolution du satellite doit être la même que celle de la Terre autour de l'axe des pôles, soit 23 h 56 min.

c. La distance parcourue est :

$$D = 40\,400 + 38\,400 = 78\,800 \text{ km}.$$

La durée de la transmission est  $\Delta t = \frac{D}{c}$ , où  $c$  représente la célérité des ondes électromagnétiques dans le vide.

$$\text{On trouve : } \Delta t = \frac{78\,800}{3,00 \times 10^5} = 0,263 \text{ s}.$$

### 36. RÉOLUTION DE PROBLÈME

#### ☆☆ Attraction solaire

> COMPÉTENCES : **Restituer, analyser, réaliser.**

La valeur de la force gravitationnelle exercée par le Soleil

$$\text{sur la Terre est égale à : } F_{\text{Soleil/Terre}} = \frac{G \times m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Terre}}}{(d_{\text{Terre-Soleil}})^2}.$$

La valeur de la force gravitationnelle exercée par le Soleil

$$\text{sur Jupiter est égale à : } F_{\text{Soleil/Jupiter}} = \frac{G \times m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Jupiter}}}{(d_{\text{Jupiter-Soleil}})^2}.$$

Comme, d'après les données,  $d_{\text{Jupiter-Soleil}} = 5,2 \times d_{\text{Terre-Soleil}}$  et  $m_{\text{Jupiter}} = 318 \times m_{\text{Terre}}$ ,

$$\begin{aligned} F_{\text{Soleil/Jupiter}} &= \frac{318}{5,2^2} \times \frac{G \times m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Terre}}}{(d_{\text{Terre-Soleil}})^2} \\ &= 12 \times \frac{G \times m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Terre}}}{(d_{\text{Terre-Soleil}})^2} = 12 \times F_{\text{Soleil/Terre}} \end{aligned}$$

Bien que Jupiter soit plus éloignée du Soleil que la Terre, la valeur de la force exercée par le Soleil sur Jupiter est 12 fois plus importante que la valeur de la force que le Soleil exerce sur la Terre. Ceci est dû à la très grande masse de Jupiter par rapport à celle de la Terre.

### 37. COMMENTAIRE ARGUMENTÉ

#### ✶ L'homme de Mars

> COMPÉTENCES : **S'approprier, réaliser, valider, communiquer.**  
Deux notes de bas de page seraient ajoutées à l'extrait de *L'homme de Mars* pour préciser ou rectifier les données scientifiques concernant les notions de poids et de masse présentes dans ce document.

- La première note de bas de page serait placée à la fin de la phrase « ce travail est infiniment plus aisé sur Mars que sur la terre, puisque [...] l'intensité de la pesanteur y atteint à peine le 37<sup>e</sup> de la nôtre ». Il pourrait être écrit dans cette note :

« Comme le poids  $\vec{P}$  d'un objet à la surface de Mars correspond en première approximation à la force d'attraction gravitationnelle  $\vec{F}_{\text{Mars/Objet}}$  exercée par Mars sur cet objet, on considère que les valeurs de ces deux forces sont égales :  $P = F_{\text{Mars/Objet}}$  »

Or :  $P = m \times g_M$  (avec  $m$  la masse de l'objet)

$$\text{et } F_{\text{Mars/Objet}} = G \times \frac{m \times m_M}{R_M^2}.$$

$$\text{Ainsi : } m \times g_M = G \times \frac{m \times m_M}{R_M^2}.$$

En simplifiant par  $m$ , on trouve que l'intensité de la pesanteur sur le sol de Mars  $g_M$  est égale à :  $g_M = G \times \frac{m_M}{R_M^2}$ .

L'intensité de la pesanteur sur le sol de Mars est égale à :

$$g_M = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{0,642 \times 10^{24}}{(3,40 \times 10^6)^2} = 3,70 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$\text{Ainsi : } \frac{g_M}{g_T} = \frac{3,70}{9,8} = 0,38 : \text{l'intensité de la pesanteur sur}$$

Mars y atteint bien à peu près le 37<sup>e</sup> de la nôtre. »

- La deuxième note de bas de page serait placée à la fin de la phrase « Un kilogramme d'eau n'y pèse que 370 g. » Il pourrait être écrit dans cette note :

« La masse d'un objet ne varie pas suivant la position de cet objet (sur Mars, sur Terre ou sur toute autre planète). Un kilogramme d'eau sur Terre a donc également une masse d'un kilogramme sur Mars.

Contrairement à la masse, le poids d'un objet varie suivant la planète sur laquelle il se trouve. Il conviendrait donc d'écrire, en utilisant un vocabulaire scientifique rigoureux : « *Le poids d'une masse d'eau de 1,0 kg n'est que de 3,7 N à la surface de Mars (au lieu de 9,8 N à la surface de la Terre).* » »