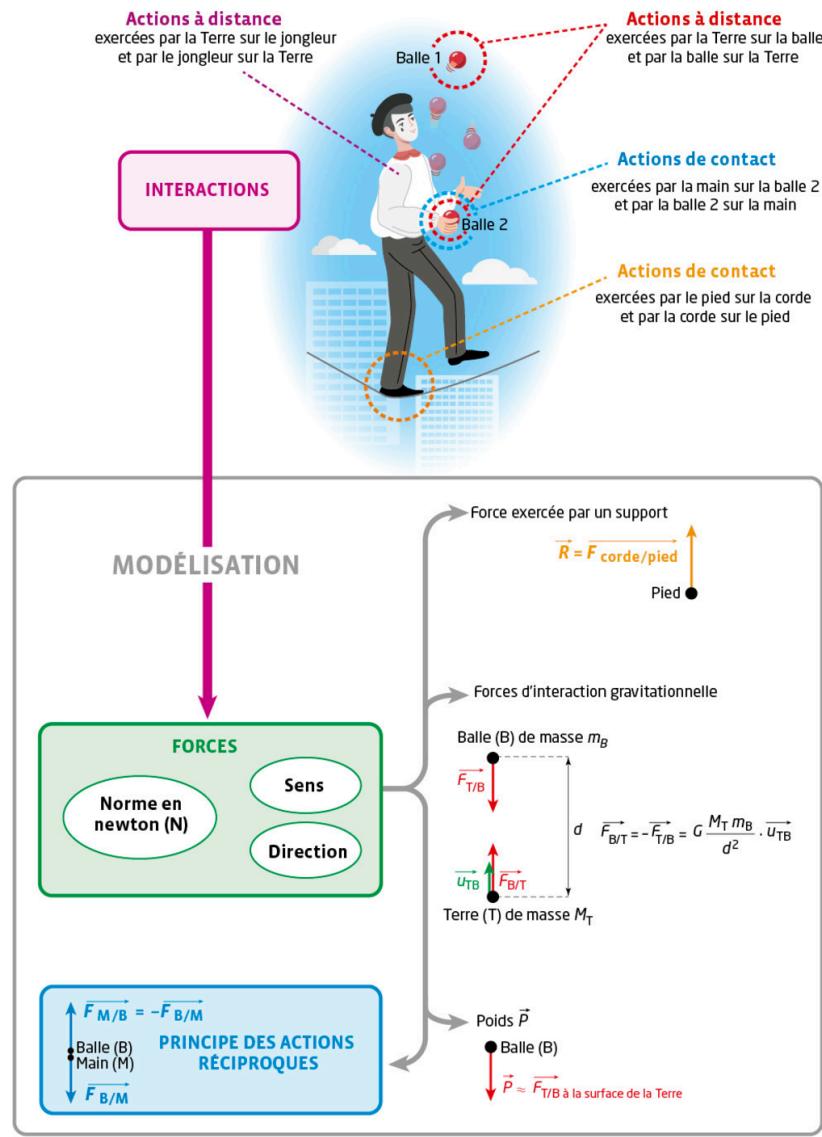


## Synthèse en images



## S'AUTOÉVALUER



Si vous ne trouvez pas la bonne réponse,  
reportez-vous au § de la **synthèse des activités** correspondant pour vous aider.

## Exercices

### Recopier en complétant avec un ou plusieurs mots.

- 1 On distingue les actions de ..... et à ..... ▶ S1
  - 2 Une action est modélisée par une ..... ▶ S1
  - 3 Une force est représentée par un ..... ayant une direction, un ..... et une ..... ▶ S1
  - 4 Deux systèmes A et B en interaction exercent l'un sur l'autre des actions modélisées par deux forces ayant ..... direction et des sens ..... ▶ S2
  - 5 On peut approcher le poids d'un système au voisinage d'une planète par la force d'interaction ..... modélisant l'action exercée par la planète sur ce système. ▶ S3
  - 6 La direction du poids est ..... son sens est ..... et sa norme se mesure en ..... ▶ S3
- Indiquer la réponse exacte.**
- 7 On lance une boule avec la main. La force modélisant l'action exercée par la main sur la boule : ▶ S1
    - s'annule quand la boule quitte la main.
    - diminue progressivement quand la boule s'éloigne de la main.
    - accompagne la boule pendant le mouvement.

Corrigés p. 360

## Contrôle Technique!

### 13 Calculer la norme d'une force

#### EXERCICE RÉSOLU

Calculer la norme  $F_1$  de la force d'interaction gravitationnelle modélisant l'action exercée par un objet de masse  $m = 1,0 \text{ kg}$  sur un autre de masse  $M = 100 \text{ g}$  situé à une distance  $d = 2,0 \text{ m}$ .

Donnée : constante de gravitation  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$ .

#### SOLUTION

$$F_1 = G \frac{mM}{d^2}$$

$$F_1 = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times \frac{1,0 \text{ kg} \times 100 \times 10^{-3} \text{ kg}}{(2,0 \text{ m})^2}$$

$$F_1 = 1,7 \times 10^{-12} \text{ N.}$$

#### APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Calculer la norme  $F_2$  de la force d'interaction gravitationnelle modélisant l'action exercée par un objet de masse  $m = 500 \text{ g}$  sur un autre objet de masse  $M = 10,0 \text{ kg}$  situé à une distance  $d = 3,0 \text{ km}$ .

### 14 Représenter une force par un vecteur

#### EXERCICE RÉSOLU

Représenter, sans souci d'échelle, la force  $\vec{F}_{C/B}$  modélisant l'action exercée par le câble C d'une grue sur un bloc de béton B.



#### SOLUTION



#### APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Représenter, sans souci d'échelle, la force  $\vec{F}_{T/G}$  modélisant l'action exercée sur une gomme par la table sur laquelle la gomme est posée.

Corrigés p. 360



## Exercices

### APPLIQUER

Données pour tous les exercices :

- constante de gravitation :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ ;
- intensité de la pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

#### Modélisation d'une action par une force

► §1 de la synthèse des activités

##### EXERCICES RAPIDES

- 15** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe la modélisation d'une action par une force, en l'illustrant par un exemple.
- 16** Une bille en acier est suspendue à un fil. L'action exercée par le fil sur la bille et celle exercée par la Terre sur la bille sont-elles des actions de contact ou à distance ?

#### 17 Identifier des actions de contact ou à distance

Identifier les actions exercées sur un voilier lors d'une régate et préciser si s'agit d'actions de contact ou d'actions à distance.



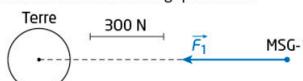
#### 18 Représenter des forces

Représenter par des vecteurs, sans souci d'échelle, les forces modélisant les actions qui s'exercent sur le ballon dans chacune des situations ci-dessous.



#### 19 Utiliser une échelle de représentation

Exploiter l'échelle du schéma ci-dessous pour calculer la norme de la force d'interaction  $\vec{F}_1$  modélisant l'action exercée par la Terre sur le satellite météorologique MSG-1.



##### Aide méthodologique

- Mesurer la norme (en cm) du vecteur représentant la force.
- Mesurer la longueur (en cm) du segment correspondant à 300 N.
- Construire un tableau de proportionnalité pour calculer  $F_1$ .

#### 20 Respecter une échelle de représentation

► HISTOIRE DES SCIENCES

Mis en orbite en 1957, Sputnik 1 est le premier satellite artificiel. sphère métallique de 58 cm de diamètre et de masse 83 kg, Sputnik 1 a transmis par radio des indications sur la température et la pression à bord pendant 22 jours, jusqu'à l'épuisement de ses batteries. À 227 km d'altitude, la Terre exerceait sur Sputnik 1 une action modélisée par une force de norme  $F = 7,6 \times 10^2 \text{ N}$ . Représenter le satellite et la Terre par des points matériels séparés de 5 cm puis la force  $\vec{F}$  qui modélise l'action exercée par la Terre sur Sputnik 1 à l'échelle de 1,0 cm pour  $2,0 \times 10^2 \text{ N}$ .

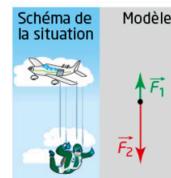


#### 21 Comparer des forces

Lors d'un saut, le système constitué du parachutiste et de son équipement est soumis à la force  $\vec{F}_2$  de pesanteur terrestre et à la force  $\vec{F}_1$  exercée par l'air, dont la norme augmente au cours du temps sans dépasser la norme de la force de pesanteur. Le système peut par exemple se retrouver dans la situation schématisée ci-contre.

Donnée :  $F_1 = 350 \text{ N}$ .

- Déterminer la norme de la force  $\vec{F}_2$ .
- Citer un point commun et trois différences entre les forces représentées sur la figure.



#### 22 Analyser en termes de forces

► HISTOIRE DES SCIENCES



Le film *The spacewalker*, réalisé par Dmitri Kiselev et sorti en 2018, raconte l'aventure de l'astronaute russe Alexei Leonov, premier homme à effectuer une sortie extra-véhiculaire dans l'espace le 18 mars 1965, relié à sa capsule spatiale par un filin de 4,5 m.

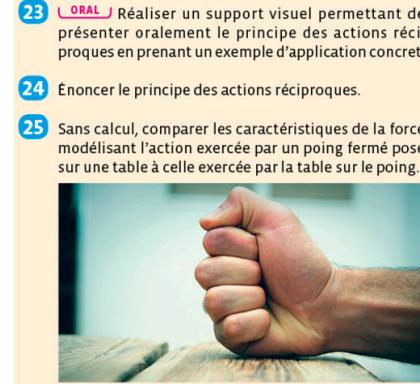
- Déterminer la direction et le sens des forces modélisant les actions qui s'exercent sur Alexei Leonov :
  - lorsqu'il est amarré à la capsule par le filin tendu ;
  - lorsqu'il se dirige vers sa station, le filin détendu.
- Préciser si ces forces modélisent des actions de contact ou des actions à distance.

#### Principe des actions réciproques

► § 2 de la synthèse des activités

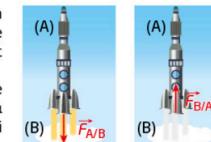
##### EXERCICES RAPIDES

- 23** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement le principe des actions réciproques en prenant un exemple d'application concrète.
- 24** Énoncer le principe des actions réciproques.
- 25** Sans calcul, comparer les caractéristiques de la force modélisant l'action exercée par un poing fermé posé sur une table à celle exercée par la table sur le poing.



#### 26 Expliquer la propulsion d'une fusée

Pour mettre en orbite un satellite, une fusée décolle vers le ciel et des gaz sont projetés vers le bas. Les gaz expulsés par la fusée exercent une action sur la fusée et la fusée exerce aussi une action sur les gaz. Si on modélise la fusée par un système (A) et les gaz par un système (B), on peut représenter avec la même échelle les forces qui modélisent ces actions (voir figure ci-dessous).

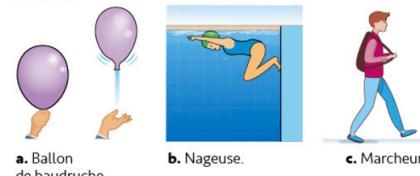


- Déterminer le sens et la direction de la force modélisant l'action exercée par les gaz sur la fusée.
- Déterminer le sens et la direction de la force modélisant l'action exercée par la fusée sur les gaz.
- Comparer les normes des deux forces.

#### 27 Expliquer une mise en mouvement

► ORAL

Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement l'explication de la mise en mouvement d'un des systèmes suivants.



## APPLIQUER

## Exercices

#### Caractéristiques de quelques forces

► § 3 de la synthèse des activités

##### EXERCICES RAPIDES

- 28** **ORAL** Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe les caractéristiques d'une force d'interaction gravitationnelle, en l'illustrant par un exemple.
- 29** Déterminer les caractéristiques du poids d'une balle de masse de 50 g.

#### 30 Représenter une force modélisant l'action d'un support

Représenter la force  $\vec{R}$  modélisant l'action exercée par une étagère sur un livre posé à plat sur elle.

#### 31 Apprendre à rédiger

Vénus décrit une trajectoire circulaire dans le référentiel héliocentrique. On admet que les interactions entre Vénus et les autres planètes du système solaire sont négligeables devant l'interaction entre Vénus et le Soleil.

Représenter, en détaillant le raisonnement, la force  $\vec{F}$  modélisant l'action attractive exercée sur Vénus sur un schéma où 1,0 cm correspond à  $2,0 \times 10^{22} \text{ N}$ .

##### Aide méthodologique

- Écrire l'expression littérale de la norme de  $\vec{F}$  dont l'expression mathématique est *a priori* connue.
- En utilisant les valeurs approchées (unités SI) des données inscrites dans les rabats, calculer cette norme.
- Construire un tableau de proportionnalité pour déterminer la longueur du vecteur  $\vec{F}$  à l'échelle du schéma.
- Modéliser Vénus et le Soleil par des points matériels et représenter  $\vec{F}$ .

#### 32 Retour sur l'ouverture de chapitre



La slackline est une pratique sportive s'apparentant au funambulisme. Le « slackeur » peut se tenir pratiquement immobile, debout sur une sangle appelée « slack », à plus de 100 m au-dessus du sol.

- Exprimer puis calculer la norme  $P$  du poids du « slackeur » en supposant que sa masse est  $m = 70 \text{ kg}$ .
- Lorsque le « slackeur », noté K, est pratiquement immobile, la sangle exerce sur lui une action modélisée par une force  $\vec{F}_{S/K}$  opposée à son poids. Représenter sur un schéma la force  $\vec{F}_{S/K}$  en précisant l'échelle utilisée.
- Déterminer les caractéristiques des forces modélisant les actions exercées sur et par le « slackeur ».

## Exercices

### APPLIQUER

#### 33 In english please

##### DOCUMENT

NASA's Voyager twin probes - Voyager 1 and Voyager 2 - were launched in 1977 to explore the outer planets of our solar system. Voyager 1 weighs about 800 kg.

Traveling has left the sphere of influence of our sun since 2012 to penetrate the interstellar space - the space between the stars. In February 2018, Voyager was about 21 billion kilometers.

From space.com

- Utiliser les valeurs numériques des rabats pour calculer la norme de la force modélisant l'action exercée par le Soleil sur Voyager 1 en février 2018.
- Préciser, en le justifiant, si cette action a eu une influence sur le mouvement de Voyager 1.

#### 34 Calculer la norme du poids d'un drone sur Titan

##### ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE

L'agence spatiale américaine (NASA) a sélectionné des missions robotiques qu'elle envisage de soutenir ces prochaines années.



Au programme notamment : envoyer un drone sur Titan, le plus gros satellite de Saturne, de rayon  $R_T = 2576$  km et de masse  $m_T = 1,3 \times 10^{23}$  kg.

Ce drone, appelé Dragonfly, a une masse  $m_D = 320$  kg. Pour se poser sur Titan, son poids sur la planète jouera un rôle déterminant.

En utilisant les informations ci-dessus et la valeur de la constante de gravitation  $G$  donnée au début des exercices, déterminer une valeur approchée de la norme du poids de Dragonfly au voisinage de la surface de Titan et la comparer à celle de son poids sur Terre.

##### DIFFÉRENCIATION

■ Aides à la fin du manuel.

#### 35 Exploiter la loi de gravitation universelle

Dans le référentiel géocentrique, la Lune tourne autour de la Terre. Dans le référentiel héliocentrique, le mouvement de la Lune est plus complexe. La norme de la force modélisant l'action exercée par la Terre sur la Lune est  $F = 2 \times 10^{20}$  N, celle de la force modélisant l'action exercée par le Soleil sur la Lune est environ 2,2 fois plus grande. Les interactions de la Lune avec les autres astres sont négligeables.

- Dresser un inventaire des forces modélisant les actions exercées sur la Lune.
- Écrire l'expression vectorielle de l'une de ces forces en précisant la signification de chaque terme de la relation.
- Sur un schéma à l'échelle de 1 cm pour  $10^{20}$  N, représenter la Lune et les forces modélisant les actions exercées sur elle lors d'une éclipse totale du Soleil, c'est-à-dire lorsque la Lune se situe entre le Soleil et la Terre sur la droite joignant leurs centres.

La représentation de la force dont l'expression vectorielle a été écrite en b. sera justifiée à partir de son expression vectorielle.

Les astres pourront être modélisés par des points matériels.

#### INDICATEURS DE RÉUSSITE

##### NIVEAU

##### A B C D

##### ANALYSER-RAISONNER

- L'inventaire effectué retient les forces modélisant les actions exercées par le Soleil et par la Terre.
- L'expression vectorielle, du type  $\vec{F} = k \vec{u}$ , est appliquée correctement à la force choisie.
- La direction et le sens de la force  $\vec{F}$  sont justifiés par la colinéarité de  $\vec{F}$  et de  $\vec{u}$  et par l'étude du signe de  $k$ .

##### RÉALISER

- Les vecteurs représentant les forces et celui de norme 1 sont convenablement dirigés et orientés.
- La norme des vecteurs (2,0 cm et 4,4 cm) est en adéquation avec chacune des forces.

## QCM pour faire le point

Pour chaque question, indiquer la ou les réponse(s) exacte(s).

- 36** Le principe des actions réciproques permet d'interpréter :
- le décollage d'une fusée par la poussée qu'elle exerce sur le sol.
  - le décollage d'une fusée par l'action qu'elle exerce sur les gaz qu'elle éjecte.
  - à lui seul l'attraction mutuelle entre deux astres.

- 37** La Terre exerce une action sur la Station spatiale Internationale (ISS) modélisée par une force d'interaction gravitationnelle  $F_{T/ISS}$ . Alors :

- $F_{T/ISS} = F_{ISS/T}$
- $F_{T/ISS}$  est approximativement égale au poids de l'ISS.
- $F_{T/ISS}$  est divisée par 4 si l'altitude de l'ISS doublait.

- 38** La perche ci-contre :

- est déformée par l'action à distance de la Terre modélisée par une force verticale vers le bas.
- propulse en l'air la perchiste par action de contact réciproque de celle de la perchiste sur la perche.
- exerce une action sur le sol.

Corrigés p. 360



## Exercices

### APPLIQUER

#### EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

##### 39 Nouveau statut pour Pluton

HISTOIRE DES SCIENCES

##### ÉNONCÉ

Pluton orbite autour du Soleil à une distance variant entre 30 et 49 unités astronomiques sous l'effet d'une action exercée par le Soleil, modélisée par une force dont la norme atteint au maximum  $8,6 \times 10^{16}$  N.

En 2006, 2500 astronomes de l'Union astronomique internationale ont décidé de déclasser Pluton du rang de « planète » à celui de « planète naine » en compagnie d'Eris de masse  $m_E = 1,66 \times 10^{22}$  kg et Cérès (astéroïde situé entre Mars et Jupiter), plus léger qu'Eris.

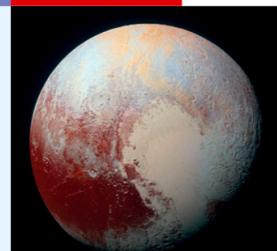
Les valeurs approchées des données inscrites dans les rabats du manuel pourront être utilisées si besoin pour les calculs.

1. Sur un schéma modélisant Pluton et le Soleil par des points matériels de masses  $m_p$  et  $m_s$ , représenter sans souci d'échelle la force de gravitation  $F_{S/p}$  exercée par le Soleil sur Pluton.

2. En utilisant un vecteur unitaire  $\vec{u}_{sp}$  de direction (SP) et orienté de S vers P, écrire l'expression de  $\vec{F}_{S/p}$  déduite de la loi de gravitation universelle appliquée à Pluton située à une distance  $d$  du Soleil.

3. Déduire de la norme de  $\vec{F}_{S/p}$ , l'expression de  $m_p$  en fonction de  $F_{S/p}$ ,  $m_s$ ,  $d$  et de la constante de gravitation  $G$  puis calculer  $m_p$ .

4. En comparant la masse de Pluton à celle d'Eris, expliquer le déclassement de Pluton.



Pluton photographiée par la sonde New Horizons en juillet 2015.

**S'APPROPRIER**  
Recopier et compléter le schéma en y plaçant toutes les données utiles, telles que le vecteur unitaire  $\vec{u}_{sp}$  ou la distance  $d$ , utiles à partir de la question 2.

**CONNAITRE**  
Ne pas oublier les flèches sur  $\vec{F}_{S/p}$  et  $\vec{u}_{sp}$ , synonymes de caractère vectoriel.

**RÉALISER**  
 $\|\vec{F}_{S/p}\| = |k| \|\vec{u}_{sp}\| = |k| \times 1$ .

**RÉALISER**  
Ecrire les unités dans les calculs peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est par contre indispensable dans l'écriture du résultat final. Faire attention aux chiffres significatifs.

**VALIDER**  
Exploiter les informations de l'énoncé et faire preuve d'esprit critique.

#### UNE SOLUTION

1.

2. 
$$\vec{F}_{S/p} = -G \frac{m_p m_s}{d^2} \vec{u}_{sp}$$

3. 
$$F_{S/p} = G \frac{m_p m_s}{d^2}$$
 donc pour que  $F_{S/p}$  soit maximale,  $d$  doit être minimale.

Soit  $m_p = \frac{d^2 F_{S/p}}{G m_s} = \frac{(30 \times 1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 \times 8,6 \times 10^{16} \text{ N}}{6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2} \times 1,99 \times 10^{33} \text{ kg}} = 1,3 \times 10^{22} \text{ kg}$

4. La masse d'Eris est un peu plus grande que celle de Pluton. Si Eris n'est pas considérée comme une planète, alors Pluton qui a une masse moins importante que celle d'Eris ne l'est pas non plus.

#### APPLICATION Sur le modèle de l'exercice résolu



#### 40 Stabilité d'une orbite

Une planète dont l'orbite englobe deux étoiles peut exister mais, pour que l'orbite soit stable, il faut que la distance qui sépare la planète des étoiles soit au moins 4 fois plus grande que celle qui sépare les étoiles entre elles. Du point de vue de la planète, tout se passe alors comme si les étoiles ne faisaient qu'une.

Pour sa célèbre saga Star Wars, George Lucas a imaginé la planète Tatooine avec deux soleils, Tatoo<sub>1</sub> et Tatoo<sub>2</sub>. La distance entre Tatoo<sub>1</sub> et Tatoo<sub>2</sub> est estimée à environ 10 millions de km.

1. Sur un schéma modélisant Tatooine et l'étoile unique équivalente à Tatoo<sub>1</sub> et Tatoo<sub>2</sub> par des points matériels T et E de masses  $m_T$  et  $m_E$ , représenter la force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_{E/T}$  modélisant l'action exercée par l'étoile sur Tatooine.

2. En supposant que  $m_T = 6,0 \times 10^{24}$  kg,  $m_E = 9,5 \times 10^{31}$  kg et que  $F_{E/T} = 9,5 \times 10^{23}$  N, exprimer puis calculer la distance  $d$  entre E et T.

3. L'orbite de Tatooine serait-elle stable dans ces conditions ?

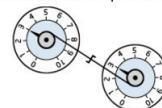
## Exercices

### S'ENTRAINER

#### 41 Une expérience pour tester un principe

S'APPROPRIER VALIDER

Deux dynamomètres sont attachés l'un à l'autre. L'expérience est schématisée ci-contre. Décrire les observations compatibles avec les résultats prévus par l'application du principe des actions réciproques.

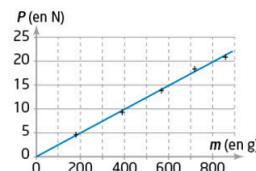


#### 42 Exploiter une simulation

RÉALISER VALIDER

Un fournisseur de matériel de laboratoire propose de simuler la mesure de la norme  $P$  (en N) du poids d'un objet sur Jupiter en modifiant les graduations de son dynamomètre.

$m$ (en g)	180	390	570	720	870
$P$ (en N)	4,6	9,2	13,8	18,4	20,7



- Déterminer graphiquement l'intensité de la pesanteur que l'on peut déduire de cette simulation.
- Comparer qualitativement le résultat à la valeur inscrite dans les rabats du manuel. Expliquer l'éventuel écart observé.
- Expliquer en quoi il s'agit d'une simulation.

#### 43 Saut à moto spectaculaire

S'APPROPRIER CONNAÎTRE RÉALISER VALIDER COMMUNIQUER

La moto se pratique sur route, sur circuit, sur piste. Certains événements sont réservés à des pilotes chevronnés.

L'Australien Robbie Maddison a réalisé un exploit incroyable en sautant au-dessus du Canal de Corinthe en Grèce : un saut de 85 m de long en passant à près de  $100 \text{ km.h}^{-1}$  au sommet de sa trajectoire !



Le système étudié {pilote ; moto} peut être modélisé par un point matériel de masse  $m = 180 \text{ kg}$ .

- Compte tenu de la chronophotographie ci-dessus, représenter sur un schéma l'allure de la trajectoire décrite par le système dans le référentiel terrestre.
- Représenter le vecteur vitesse du système au sommet S de la trajectoire en précisant l'échelle utilisée.
- Identifier l'action exercée sur le système étudié. Donner toutes les caractéristiques de la force qui la modélise au sommet S.
- Représenter cette force lorsque le système passe en S.
- Vitesse et force sont représentées par des vecteurs. En quoi ces deux grandeurs sont-elles néanmoins différentes ?

#### 44 Mise en mouvement d'un avion à hélice ORAL

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER COMMUNIQUER

Contrairement à une voiture, le moteur d'un avion à hélice ne fait pas tourner les roues de l'avion mais son hélice, qui est placée sur l'axe du moteur et grâce à laquelle l'avion avance. Réaliser un support visuel permettant d'expliquer oralement, en cinq minutes maximum, comment un avion à hélice est mis en mouvement.

#### 45 Une chute vertigineuse

S'APPROPRIER CONNAÎTRE ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Le 30 juillet 2016, l'Américain Luke Aikins s'est jeté d'un avion à 7 620 m d'altitude pour venir se réceptionner dans un filet de protection de 30 m par 30 m tendu 60 m au-dessus du sol californien, et tout cela sans parachute !



Données :

- constante de gravitation :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$ ;
- masse d'Aikins avec son équipement  $m = 90,7 \text{ kg}$ ;
- masse de la Terre :  $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ ;
- rayon de la Terre :  $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$ ;
- $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$  à l'altitude de l'avion.

- Avec les seules informations ci-dessus, déterminer la norme du poids de Luke Aikins lorsqu'il se situe à l'altitude de son avion (départ du saut) puis au niveau du sol.
- Comparer qualitativement les valeurs obtenues. L'intensité de la pesanteur a-t-elle varié sensiblement lors de la chute ?
- Aikins est resté un moment immobile dans le filet de protection. Représenter la force  $\vec{R}$  exercée par le filet sur Aikins, sachant que cette force est verticale et que sa norme est égale à  $8,9 \times 10^2 \text{ N}$ .

#### 46 Callisto, satellite de Jupiter

CONNATIRE ANALYSER-RAISONNER RÉALISER

Sur les 79 satellites naturels de Jupiter, quatre sont observables avec une simple lunette. Callisto en fait partie et c'est la lune la plus éloignée des quatre.



Données :

- masse de Callisto :  $m_C = 1,08 \times 10^{23} \text{ kg}$ ;
- rayon de Callisto :  $R_C = 2410 \text{ km}$ ;
- distance moyenne entre le centre de Jupiter et le centre de Callisto :  $d_{JC} = 1,9 \times 10^6 \text{ km}$ .

- En utilisant les données de l'exercice et des rabats du manuel, exprimer puis calculer la norme des forces d'interaction gravitationnelle entre Callisto et Jupiter.
- Préciser les caractéristiques de ces forces puis représenter ces forces sur un schéma en précisant l'échelle utilisée.
- Exprimer puis calculer la norme du poids d'un objet de masse  $m = 10 \text{ kg}$  à la surface de Callisto.
- Déterminer la masse de cet objet à la surface de la Terre.
- Calculer la norme du poids de cet objet à la surface de la Terre.

#### 47 \* Attraction solaire

ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER



Avec les seules données suivantes, comparer la norme de la force d'interaction gravitationnelle exercée par le Soleil sur la Terre à celle exercée par le Soleil sur la planète géante Jupiter. Commenter cette comparaison.

Données :

- $d_{\text{Terre-Soleil}} = 1 \text{ unité astronomique (ua)}$  et  $d_{\text{Jupiter-Soleil}} = 5,2 \text{ ua}$ ;
- comparaison des masses des planètes :  $m_{\text{Jupiter}} = 318 \times m_{\text{Terre}}$

#### 48 \* De l'état de repos à celui de mouvement



S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER

Des lois expliquent des faits d'observation.

Télécharger le dossier sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr) qui comprend l'enregistrement vidéo de la mise en mouvement de deux objets. On modélisera ces objets par des points matériels  $O_1$  et  $O_2$  de masses respectives  $m_1 = 10 \text{ g}$  et  $m_2 = 30 \text{ g}$ . A l'aide de l'enregistrement et des questions posées ci-dessous, expliquer la mise en mouvement de chacun de ces deux objets. Visionner la vidéo sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr).

- On choisit tout d'abord l'objet 1 comme système étudié. En prenant soin de préciser s'il s'agit d'actions de contact ou d'actions à distance, identifier :
  - l'action qui s'exerce sur le système étudié dont l'expression mathématique est connue *a priori*;
  - l'action responsable de la mise en mouvement du système;
  - l'action qui maintient le système à la surface.
- Faire l'inventaire des forces exercées sur l'objet 1.
- En l'absence de l'objet 2, l'objet 1 reste immobile car deux des actions précédemment citées se compensent. Quelles sont ces actions et que peut-on en déduire concernant les forces qui les modélisent ?
- En première approximation, on admet que les forces étudiées dans la question précédente restent inchangées lors de la mise en mouvement. Exploiter le principe des actions réciproques et la réponse à la question précédente pour représenter sur un schéma les forces modélisant les actions exercées sur les objets 1 et 2.
- Conclure en rédigeant l'explication attendue avec le vocabulaire adapté.

### S'ENTRAINER

## Exercices

#### 49 \* Avant l'espace, l'Everest...

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER COMMUNIQUER

Les projets ne manquent pas pour rendre la conquête spatiale accessible à tous, mais les défis à relever sont nombreux.

##### DOC. 1 Grimpons, grimpons, grimpons...

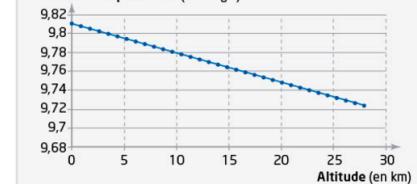


Aller dans l'espace est difficile parce que la gravité terrestre nous attire vers le centre de la Terre. C'est d'elle que résulte la sensation de poids qui nous plaque au sol. La gravité diminue avec l'altitude car la force d'interaction gravitationnelle entre deux corps varie comme l'inverse du carré de leur distance : une distance deux fois plus grande donne une force quatre fois moins intense. Ainsi, au sommet du mont Everest, qui culmine à 8 848 mètres, l'attraction terrestre est légèrement plus faible qu'au niveau de la mer d'à peine environ 0,3 % puisque la distance au centre de la Terre y est (un peu) plus grande.

D'après Roland Le Houcq, *SF : la science mène l'enquête*, éditions Le Pommier, 2007.

##### DOC. 2 Variation de l'intensité de la pesanteur avec l'altitude

Intensité de la pesanteur (en  $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$ )



- Déterminer graphiquement (doc.2) l'intensité de la pesanteur au niveau de la mer puis au sommet de l'Everest.

- Montrer que ces valeurs sont compatibles avec l'affirmation soulignée dans le doc. 1.

- On cherche à retrouver ces valeurs à partir de paramètres du globe qui caractérisent l'attraction gravitationnelle de la Terre tels que la masse  $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$  de la Terre ou son rayon  $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$ .

- Représenter sur un schéma la Terre par un cercle de centre T de rayon  $R_T$  et modéliser un alpiniste par un point matériel A de masse  $m$  situé à une altitude  $h$ .

- Exprimer la force d'interaction gravitationnelle  $F_{T/A}$  modélisant l'action exercée par la Terre sur l'alpiniste en fonction de  $m$ ,  $M_T$ ,  $R_T$ ,  $h$ , de la constante de gravitation  $G$  et d'un vecteur  $u_{T/A}$  de norme 1, de direction (TA) et orienté de T vers A.

- En première approximation, le poids de A est égal à  $F_{T/A}$ . En déduire l'expression de la norme du poids de A et vérifier que celle de l'intensité de la pesanteur qui en découle est :

$$g = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2}$$

- Calculer les valeurs de  $g$  au niveau de la mer et au niveau de l'Everest. Retrouve-t-on les valeurs obtenues en 1.?



## Exercices

### OBJECTIF PREMIÈRE

#### 50 BepiColombo à la conquête de Mercure

ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE

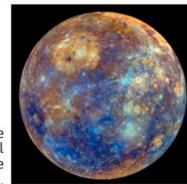
DIFFÉRENCIATION

30 min

**COMPÉTENCES** S'APPROPRIER CONNAÎTRE ANALYSER-RAISONNER VALIDER COMMUNIQUER

Quand une sonde spatiale voyage dans le Système solaire, elle n'est quasiment soumise qu'à l'attraction gravitationnelle du Soleil, sauf lorsqu'elle passe à proximité d'une planète qui lui fournit une « assistance gravitationnelle » pour modifier la direction et la valeur de sa vitesse dans le référentiel héliocentrique, ce qui lui permet d'économiser du carburant.

Mercure est la planète la plus proche du Soleil et la moins massive du Système solaire.



##### DOC. 1 La mission BepiColombo

C'est un long voyage qui attend BepiColombo. Lancé en octobre 2018, l'engin spatial européen-japonais ne va commencer ses expériences scientifiques autour de Mercure qu'en 2025, après un périple de 7 années et 18 fois le tour du Soleil ! Mercure n'est pas loin de la Terre (à l'échelle du Système solaire) mais atteindre cette petite planète, puis se faire capturer par sa gravité, minuscule en comparaison avec celle du Soleil toute proche, demande une énergie considérable. Imaginez : une fois libérée par la fusée, BepiColombo devra « perdre » autant de vitesse qu'une fusée Ariane 5 doit en gagner pour envoyer un satellite dans l'espace : 8 km/s, c'est considérable. Pour cela, les ingénieries utilisent l'assistance gravitationnelle, c'est-à-dire la gravité d'autres planètes pour freiner BepiColombo. « Bepi », pour les intimes, va être « assistée » neuf fois - une fois par la Terre, deux fois par Vénus et six fois par Mercure - avant de pouvoir s'y mettre en orbite. Cette stratégie, qui permet d'économiser du carburant, va faire diminuer la valeur de la vitesse du vaisseau de 3 km/s. Les moteurs électriques du module de croisière assureront aussi une diminution complémentaire de la valeur de la vitesse de 4 km/s avant le début de la manœuvre finale d'insertion autour de la planète.



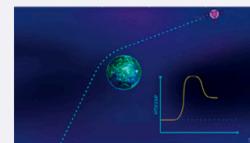
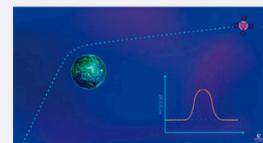
BepiColombo lors de la finalisation de son assemblage, en septembre 2018.

D'après jeunes.cnrs.fr.

##### DOC. 2 Principe de l'assistance gravitationnelle

Visionner la vidéo sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr).

Vidéo



### Questions

A l'aide des documents et de l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle :

- réaliser un schéma permettant d'expliquer l'influence de l'assistance gravitationnelle de Vénus sur les caractéristiques de la vitesse de BepiColombo dans le référentiel « vénusocentrique » ;
- en utilisant un vocabulaire adapté, rédiger un court paragraphe pour expliquer l'intérêt de l'assistance gravitationnelle en prenant comme exemple BepiColombo.

→ Aides à la fin du manuel

### OBJECTIF PREMIÈRE

## Exercices

#### 51 Football... sur la Lune !

TACHE COMPLEXE

50 min

**COMPÉTENCES** S'APPROPRIER CONNAÎTRE ANALYSER-RAISONNER RÉALISER VALIDER COMMUNIQUER

Apollo 17 (7 décembre 1972 - 19 décembre 1972) est la dernière mission du programme spatial Apollo à avoir emmené des hommes à la surface de la Lune. À cette occasion, les deux astronautes américains Harrison Schmitt et Gene Cernan se sont livrés à une petite partie de football ... avec un rocher lunaire.

##### DOC. 1 "Soccer on the moon", 14/12/1972

Vidéo



Visionner la vidéo sur le site [sirius.nathan.fr](http://sirius.nathan.fr).

##### DOC. 2 Ballon de football



##### DOC. 3 Pierre de Lune et pierre de Terre

Sans entrer dans des comparaisons complexes, retenons que les roches lunaires ressemblent aux roches terrestres, mais leur diversité est nettement moindre, du fait de l'absence de minéraux hydratés et d'oxydes due à une chimie moins complexe. Sur la Lune, comme sur la Terre, l'oxygène, constitutif des silicates, domine. La composition chimique de la Lune est proche de celle du manteau terrestre dont elle possède la masse volumique ( $3,3 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Aucune roche sédimentaire n'a été trouvée sur la Lune.

D'après [reseau-canopee.fr](http://reseau-canopee.fr)

##### DONNÉES

- Intensité de la pesanteur sur le sol terrestre :  $g = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ .
- Masse de la Lune :  $M_L = 7,36 \times 10^{22} \text{ kg}$ .
- Rayon de la Lune :  $R_L = 1\,737 \text{ km}$ .
- constante de gravitation :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$ .
- Volume d'une boule de rayon  $R$  :  $V = \left(\frac{4}{3}\right)\pi R^3$ .

### Questions

#### 1 Questions préliminaires

- En modélisant la Lune et le rocher par des points matériels, réaliser un schéma de la situation en précisant la distance qui sépare les deux points.
- En première approximation, comparer le poids  $\bar{P}$  du rocher sur la Lune à la force d'interaction gravitationnelle  $\bar{F}_{L,R}$  modélisant l'action exercée sur elle par la Lune.

#### 2 Problème

En utilisant des connaissances et les seules informations extraites des documents et des données fournis ci-dessus, déterminer si il est possible de jouer au football sur la Lune, avec un rocher lunaire de la taille d'un ballon de football, comme ce sport se pratique sur Terre.

L'analyse des données, ainsi que la démarche suivie nécessitent d'être correctement présentées. Les calculs numériques seront menés en veillant à respecter la précision des données.

Il est aussi nécessaire d'apporter un regard critique sur le résultat et de discuter des modifications à apporter aux règles du football si besoin.

→ Aides à la fin du manuel

Fiche-guide