Corrigés des exercices

Tableau des capacités exigibles par exercice

Capacité exigible	5 minutes chrono et QCM	Exercices résolus	Exercices rapides	Appliquer	S'entraîner	Objectif Première
• Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. • Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.	2, 3, 6, 7	14, 39	15	18, 19, 20, 21, 22, 31, 32, 40	43, 44, 46, 48	50, 51
Exploiter le principe des actions réciproques.	4, 8, 9		23, 24, 25	26, 27, 32, 36, 37, 38	41, 44, 48	
Distinguer actions à distance et actions de contact.	1		16	17, 22	44, 48	
Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues *a priori*.	10		29	31, 32	42, 43, 45, 46, 48	50, 51
Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle.	12	13, 39	28, 29	31, 33, 35, 40	46, 47	50, 51
Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète.	5		29	34	45, 46, 49	51
Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.	11			30		

Exercices 1 à 12

Corrigés dans le manuel.

13 Calculer la norme d'une force APPLICATION

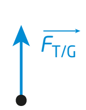
$$F_2 = G \times \frac{M \times m}{d^2}$$

soit $F_2 = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \dfrac{500 \times 10^{-3}\ \mathrm{kg} \times 10{,}0\ \mathrm{kg}}{(3{,}00 \times 10^{3})^2\ \mathrm{m^2}}$

$F_2 = 3{,}71 \times 10^{-17}$ N.

14 Représenter une force par un vecteur APPLICATION

Une solution :



15 ORAL *Si l'exercice donne lieu à une présentation orale, la grille suivante peut être utilisée pour évaluer le niveau de maîtrise de la compétence « communiquer à l'oral ».*

INDICATEURS POUR LA COMPÉTENCE « COMMUNIQUER À L'ORAL »	NIVEAU DE MAÎTRISE A	B	C	D
Expression convenable devant l'auditoire (articulation, niveau sonore suffisant, débit ni trop lent ni trop rapide).				
Regard porté sur l'auditoire et utilisation du support visuel (pas ou peu de lecture de notes).				
Exposé apportant les éléments de réponse attendus, utilisant un vocabulaire adapté et rigoureux.				
Si la contrainte de temps est imposée : respect du temps imparti et répartition équitable du temps de parole entre les différents orateurs.				

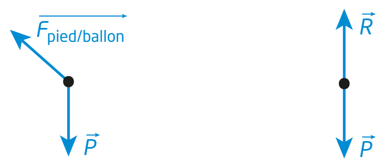
Parmi les éléments attendus, vérifier que l'acteur et le receveur sont convenablement identifiés, que les caractéristiques de la force sont cohérentes avec l'action qu'elle modélise et que la force est convenablement représentée.

16 L'action exercée par le fil sur la bille est une action de contact. Elle nécessite que l'acteur (le fil) touche le receveur (la bille) pour s'exercer. Au contraire, celle exercée par la Terre sur la bille est une action à distance.

17 Identifier des actions de contact ou à distance

Corrigé dans le manuel.

18 Représenter des forces



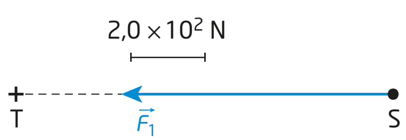
19 Utiliser une échelle de représentation

Longueur (en cm)	Norme (en N)
1,5	300
2,1	F_1

$F_1 = \dfrac{2{,}1 \text{ cm} \times 300 \text{ N}}{1{,}5 \text{ cm}} = 4{,}2 \times 10^2$ N.

20 Respecter une échelle de représentation

HISTOIRE DES SCIENCES



21 Comparer des forces

a. Sur le papier les tailles des vecteurs sont dans le rapport 1 pour 2.

Longueur (en cm)	Norme (en N)
0,6	350
1,2	F_2

$F_2 = \dfrac{1{,}2 \text{ cm} \times 350 \text{ N}}{0{,}6 \text{ cm}} = 7 \times 10^2$ N.

b. Les forces représentées ont la même direction, mais des sens opposés et des normes différentes.
Pour la troisième différence, on peut citer :

- la modélisation d'une action de contact pour l'une et d'une action à distance pour l'autre ;
- la dépendance à des paramètres différents : la vitesse du système pour l'une et pas pour l'autre ;
- l'évolution au cours du temps, en augmentation pour l'une et pas pour l'autre qui reste sensiblement constante ;
- les auteurs des actions qu'elles modélisent (acteurs) qui sont différents : l'air pour l'une et la Terre pour l'autre ; il s'agit bien d'une différence au même titre que le sens et la norme. Deux forces ne se distinguent pas forcément par l'auteur de l'action qu'elles modélisent. *Exemples* : portance et traînée, réaction normale d'un support et force de frottement de ce même support.

22 Analyser en termes de forces

HISTOIRE DES SCIENCES

a. Le système est le cosmonaute (A) en orbite autour de la Terre de centre (T), relié à la capsule (C) par un filin.
La force modélisant l'action exercée par la Terre a pour direction la droite (AT) et est orientée vers T.
La force modélisant l'action exercée par le filin tendu a pour direction le filin tendu et est orientée vers C.
Lorsque le filin est détendu, seule la force modélisant l'action exercée par la Terre est prise en considération.

Remarque : l'interaction gravitationnelle entre A et C est négligée devant les autres interactions.

b. L'action exercée par la Terre est une action à distance. L'action exercée par le filin est une action de contact.

23

ORAL Les éléments attendus dans le contenu sont les suivants :

- l'acteur et le receveur sont convenablement identifiés pour décrire les actions réciproques dans le bilan de l'**exemple concret** choisi ;
- les actions identifiées sont réciproques l'une de l'autre ;
- les caractéristiques des forces sont cohérentes avec les actions qu'elles modélisent ;
- les forces sont convenablement représentées sur le support visuel ;
- le principe des actions réciproques s'exprime à travers l'exemple choisi en terme de relation vectorielle ;
- le principe des actions réciproques s'exprime à travers l'exemple choisi en termes de caractéristiques : même direction, même norme, mais des sens opposés.

Une évaluation par curseur du contenu est possible :

Niveau de maîtrise	A	B	C	D
Nombre d'éléments présents	6	4 ou 5	2 ou 3	0 ou 1

24

Quel que soit leur état de mouvement ou de repos, deux systèmes A et B en interaction exercent l'un sur l'autre des forces vérifiant la relation vectorielle :

$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$	$\vec{F}_{A/B}$ est la force exercée par A sur B $\vec{F}_{B/A}$ est la force exercée par B sur A

25

D'après le principe des actions réciproques :

$$\vec{F}_{\text{poing/table}} = -\vec{F}_{\text{table/poing}}.$$

La force modélisant l'action exercée par le poing sur la table et celle modélisant l'action exercée par la table sur le point ont donc :

- même direction ;
- même norme : $F_{\text{poing/table}} = F_{\text{table/poing}}$;
- des sens opposés, la première $\vec{F}_{\text{poing/table}}$ étant vers le bas et la seconde $\vec{F}_{\text{table/poing}}$ vers le haut.

26 Expliquer la propulsion d'une fusée

a. L'énoncé permet d'identifier $\vec{F}_{B/A}$ comme étant la force modélisant l'action exercée par les gaz.
La figure conduit à dire que cette force est de direction verticale et de sens vers le haut.

b. D'après le principe des actions réciproques : $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$.
$\vec{F}_{A/B}$ a donc la même direction que $\vec{F}_{B/A}$, mais un sens opposé. $\vec{F}_{A/B}$ est donc de direction verticale et de sens vers le bas, ce que confirme la figure.

c. Le principe des actions réciproques implique que ces forces sont de même norme : $F_{A/B} = F_{B/A}$.
La détermination demandée implique des éléments de justification en appui de la figure et/ou du principe des actions réciproques.
Cet exercice donne l'occasion d'expliciter l'une des fonctions du modèle (celui des forces ici) couplé à une loi ou un principe (celui des actions réciproques) : expliquer une observation (la propulsion d'une fusée). Une autre fonction est de prévoir.

27 Expliquer une mise en mouvement ORAL

Les éléments attendus dans le contenu sont les suivants :

- l'acteur et le receveur sont convenablement identifiés pour décrire les actions modélisées ;
- les actions sont identifiées et sont réciproques l'une de l'autre ;
- les caractéristiques des forces sont cohérentes avec les actions qu'elles modélisent ;
- les forces sont convenablement représentées sur le support visuel ;
- le principe des actions réciproques s'exprime bien à travers l'exemple choisi en terme de relation vectorielle : même direction, même norme, mais des sens opposés.

Il s'agit dans cet exercice d'interpréter une observation : la mise en mouvement d'un système. Les trois qualités recherchées dans l'explication peuvent être le fait qu'elle soit complète, cohérente et rigoureuse pour évaluer ou commenter le support et la présentation orale qui l'accompagne éventuellement.

28 ORAL *Vérifier que :*

- *les trois caractéristiques (direction, sens et norme) de la force d'interaction gravitationnelle sont données en s'appuyant sur un schéma ;*
- *l'expression vectorielle est communiquée correctement, soit dans la présentation elle-même soit à la suite d'un questionnement à l'issue de la présentation.*

29

Les caractéristiques du poids d'une balle sont :

- direction : verticale par définition ;
- sens : de la balle vers la Terre car le poids est égal, en première approximation, à la force d'interaction gravitationnelle qui est une force attractive ;
- norme : $P = m \times g = 0{,}050\ \text{kg} \times 9{,}8\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 0{,}49\ \text{N}$.

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

Corrigé dans le manuel.

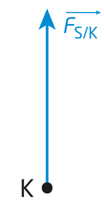
31 Apprendre à rédiger

Corrigé dans le manuel.

32 Retour sur l'ouverture du chapitre

a. $P = m \times g = 70\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 6{,}9 \times 10^2\ \text{N}$.

b. À l'échelle de 1 cm pour 300 N, la situation peut être modélisée ainsi :



c. Pour les forces modélisant les actions exercées sur le « slackeur » :

- le poids $\vec{P}$ du « slacker » est de direction verticale, de sens vers le bas et de norme $6{,}9 \times 10^2$ N ;
- $\vec{F}_{S/K}$ est opposée au poids, donc a même direction (verticale), même norme ($6{,}9 \times 10^2$ N), mais un sens opposé (vers le haut).

Pour les forces modélisant les actions exercées par le « slackeur » :

- $\vec{F}_{K/S}$ est opposée à $\vec{F}_{S/K}$ d'après le principe des actions réciproque, donc a même direction (verticale), même norme ($6{,}9 \times 10^2$ N), mais un sens opposé (vers le bas) ;
- $\vec{F}_{K/Terre}$, qui modélise l'action exercée par le « slackeur » sur la Terre, est opposée à $\vec{P}$ donc a même direction (verticale), même norme ($6{,}9 \times 10^2$ N), mais un sens opposé (vers le haut).

Il convient de distinguer le poids $\vec{P}$ modélisant l'action exercée par la Terre sur le « slackeur » de la force $\vec{F}_{K/S}$ modélisant l'action exercée par le « slackeur » sur la sangle. Bien que leurs caractéristiques soient identiques, ces forces ne modélisent pas les mêmes actions.
Cet exercice est l'occasion d'attirer l'attention sur le choix du système effectué qui change tout au long de l'exercice. C'est un élément important dans la perspective du prochain chapitre.
Si l'immobilité du « slackeur » s'explique par la compensation du poids et de $\vec{F}_{S/K}$ (prochain chapitre), la relation $\vec{F}_{S/K} = -\vec{P}$ n'est pas respectée lors de son déplacement, contrairement à $\vec{F}_{S/K} = -\vec{F}_{K/S}$.
*Il est utile de rappeler que deux forces impliquées dans la modélisation d'une interaction, qui s'exercent sur deux objets différents, sont toujours opposées (principe des actions réciproques vu dans l'**Activité 4**). Elle se distinguent des forces impliquées dans un bilan de forces qui concernent un seul objet, qui sont exercées seulement sur cet objet et qui peuvent se compenser (principe d'inertie vu au chapitre suivant). Les expressions « forces qui se compensent » et « forces opposées » constituent une confusion habituelle des élèves au niveau du langage.*

33 In english please

a. La norme de la force modélisant l'action exercée par le Soleil sur Voyager 1 est :

$$F = G \times \frac{m \times M}{d^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{800\ \text{kg} \times 1{,}99 \times 10^{30}\ \text{kg}}{(21 \times 10^9 \times 10^3)^2\ \text{m}^2}$$

$F = 2{,}4 \times 10^{-4}$ N.

b. D'après le texte, Voyager 1 ne subit plus l'influence du Soleil dans cet espace interstellaire.

34 Calculer la norme du poids d'un drone sur Titan DIFFÉRENCIATION ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE

Corrigé dans le manuel.
Aides en fin de manuel.

35 Exploiter la loi de gravitation universelle S'AUTOÉVALUER

Corrigé dans le manuel

36 à 38

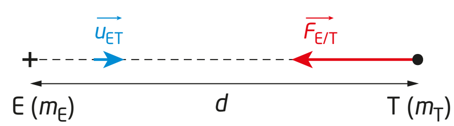
Corrigés dans le manuel.

39 Nouveau statut pour Pluton HISTOIRE DES SCIENCES

Exercice résolu, corrigé dans le manuel.

40 Stabilité d'une orbite APPLICATION

1.



2. La loi de gravitation universelle permet d'écrire :

$F_{E/T} = G \times \dfrac{m_T \times m_E}{d^2}$ soit $d = \sqrt{G \times \dfrac{m_T \times m_E}{F_{E/T}}}$.

A.N. : $d = \sqrt{6{,}67 \times 10^{-11}\ \cancel{N}\cdot m^2 \cdot \cancel{kg}^{-2} \times \dfrac{6{,}0 \times 10^{24}\ \cancel{kg} \times 9{,}5 \times 10^{31}\ \cancel{kg}}{9{,}5 \times 10^{23}\ \cancel{N}}}$

$d = \sqrt{6{,}67 \times 6{,}0 \times 10^{-21+24-23+31}\ m^2}$.

$d = \sqrt{6{,}67 \times 6{,}0 \times 10^{21}}\ m = 2{,}0 \times 10^{11}$ m.

3. $d_{Tatoo1-Tatoo2} = 10$ millions de km $= 1{,}0 \times 10^{10}$ m.

Ainsi $d > 4{,}0 \times 10^{10}$ m donc $d > 4 \times d_{Tatoo1-Tatoo2}$. Donc l'orbite de Tatooine serait stable.

41 Une expérience pour tester un principe

Corrigé dans le manuel.
Dans cet exercice, chaque dynamomètre dispose d'un fil, voire d'un crochet. Chacun de ces fils est donc inclus dans le système dynamomètre auquel il est lié habituellement. Si on excluait les fils des systèmes dynamomètres, les deux dynamomètres ne seraient pas en interaction. Ils seraient en interaction avec le fil. La relation entre les deux forces ne découlerait pas seulement du principe des actions réciproques.

42 Exploiter une simulation

a. D'après la relation $P = m \times g$, l'intensité de la pesanteur est le coefficient directeur de la droite représentative de la fonction linéaire $P = f(m)$.
En A, $m_A = 800$ g $= 0{,}800$ kg et $P_A = 20$ N.

$g = \dfrac{P_A - P_O}{m_A - m_O} = \dfrac{20\ \text{N}}{0{,}800\ \text{kg}} = 25\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$.

b. L'écart s'explique, par exemple, par les erreurs de lecture sur le dynamomètre, de pointage sur le graphe et la précision de la valeur de g indiquée dans le rabat avec trois chiffres significatifs.

c. Il s'agit d'une simulation, puisque l'intensité de la pesanteur n'a pas changé, mais ce sont les graduations qui ont simplement été modifiées pour étalonner la mesure à celle effectuable sur Jupiter sans s'y rendre en passant par une lecture fictive.

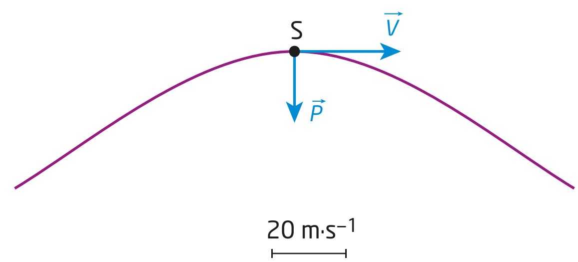
43 Saut à moto spectaculaire

a. et **b.** Allure de la trajectoire et vecteur vitesse au sommet S : voir schéma ci-dessous.

c. Action exercée : la pesanteur exercée par la Terre. La force qui la modélise est le poids du système {moto ; pilote} dont les caractéristiques sont :

- direction : verticale ;
- sens : vers le bas ;
- norme : $P = m \times g = 180\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1} = 1{,}77 \times 10^3$ N.

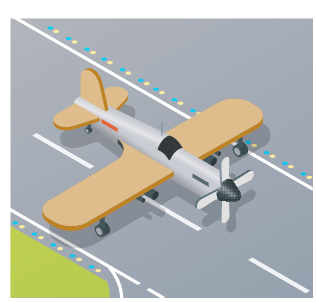
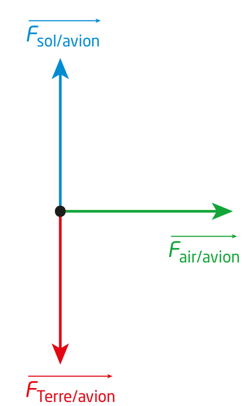
d. Représentation :



e. Force et vitesse se distinguent ici par leur direction et leur norme qui s'expriment dans des unités différentes. En outre, le vecteur vitesse modélise le déplacement du système par unité de temps, alors qu'une force modélise une action qui peut modifier la vitesse.

44 Mise en mouvement d'un avion à hélice ORAL

Exemple de support visuel :

Situation	Modélisation par des forces
	

Une évaluation par curseur est possible, par exemple :

INDICATEURS	NIVEAU DE MAÎTRISE A	B	C	D
ANALYSER-RAISONNER				
■ Le système {avion ; hélice} et les acteurs sont convenablement identifiés pour décrire les actions exercées sur le système : la Terre, le sol et l'air (par le biais d'un DOI éventuellement).				
■ Le principe des actions réciproques est appliqué pour expliquer la mise en mouvement de l'avion.				
■ L'action de l'avion (via son hélice) sur l'air est convenablement interprétée en terme de sens de la force qui la modélise.				
RÉALISER				
■ Le système est modélisé par un point.				
■ La force modélisant l'action exercée par l'air sur l'avion est orientée dans le sens de déplacement de l'avion.				
■ Les forces modélisant les autres actions sont également représentées sans souci d'échelle ni de comparaison des normes.				
COMMUNIQUER				
■ Expression convenable devant l'auditoire (articulation, niveau sonore suffisant, débit ni trop lent ou ni élevé)				
■ Regard porté sur l'auditoire et utilisation du support visuel (pas ou peu de lecture de notes).				
■ Exposé apportant les éléments de réponse attendus, utilisant un vocabulaire adapté et rigoureux.				
■ Respect du temps imparti (5 min).				
■ Exemple de support visuel ci-après.				

45 Une chute vertigineuse

a. $P = m \times g = 90{,}7\ \text{kg} \times 9{,}78\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 8{,}87 \times 10^2$ N au niveau de l'avion.
Au niveau du sol, la norme du poids d'Atkins peut être approchée par la norme de la force d'interaction gravitationnelle qui modélise l'action de la Terre sur Atkins au voisinage de sa surface.

$$P = F_{T/A} = G \times \frac{M_T \times m}{{R_T}^2}$$

$$P = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg} \times 90{,}7\ \text{kg}}{(6{,}38 \times 10^3 \times 10^3)^2\ \text{m}^2}$$

$P = 8{,}87 \times 10^2$ N.

b. Les valeurs sont identiques compte tenu de la précision des données. La norme du poids n'est pratiquement pas modifiée. Lors de la chute, l'intensité de la pesanteur est pratiquement constante.

c. En prenant 1 cm pour 300 N :

46 Callisto, satellite de Jupiter

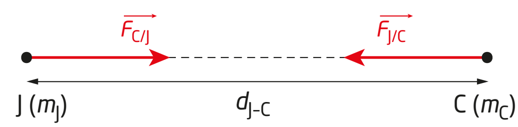
a. La loi de gravitation universelle permet d'écrire :

$$F_{C/J} = F_{J/C} = G \times \frac{m_C \times m_J}{{d_{JC}}^2}$$

$$F_{C/J} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{1{,}08 \times 10^{23}\ \text{kg} \times 1{,}90 \times 10^{27}\ \text{kg}}{(1{,}9 \times 10^6 \times 10^3\ \text{m})^2}$$

$F_{C/J} = 3{,}8 \times 10^{21}$ N.

b. Ces forces ont la même direction : la droite (JC). Elles ont la même norme : $3{,}8 \times 10^{21}$ N.
$\vec{F}_{C/J}$ est orientée de Jupiter vers Callisto et $\vec{F}_{J/C}$ de Callisto vers Jupiter.
En prenant 1 cm pour 2×10^{21} N :



c. La norme du poids d'un objet O peut être approchée par la norme de la force d'interaction gravitationnelle qui modélise l'action de Callisto sur cet objet au voisinage de sa surface.

$$P = F_{C/O} = G \times \frac{m_C \times m}{{R_C}^2} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \frac{1{,}08 \times 10^{23}\ \text{kg} \times 10\ \text{kg}}{(2\,410 \times 10^3\ \text{m})^2}$$

$P = 12$ N.

d. À la surface de la Terre, la masse de l'objet reste inchangée : 10 kg.

e. À la surface de la Terre, la norme du poids de cet objet est
$P = m \times g = 10\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1} = 98$ N.

47 ✸ Attraction solaire

La loi de gravitation universelle conduit à :

$$F_{\text{Soleil/Terre}} = G \times \frac{m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Terre}}}{{d_{\text{Soleil–Terre}}}^2}$$

$$F_{\text{Soleil/Jupiter}} = G \times \frac{m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Jupiter}}}{{d_{\text{Soleil–Jupiter}}}^2} = G \times \frac{m_{\text{Soleil}} \times 318 \times m_{\text{Terre}}}{(5{,}2 \times d_{\text{Soleil–Terre}})^2}$$

$$F_{\text{Soleil/Jupiter}} = \frac{318}{5{,}2^2}\, G\, \frac{m_{\text{Soleil}} \times m_{\text{Terre}}}{{d_{\text{Soleil–Terre}}}^2} \approx 12\, F_{\text{Soleil/Terre}}.$$

Jupiter est bien plus éloignée du Soleil que ne l'est la Terre. Pourtant, l'action exercée par le Soleil sur Jupiter peut être modélisée par une force dont la norme est 12 fois plus élevée que celle de la force modélisant l'action du Soleil sur la Terre.

48 ✸ De l'état de repos à celui de mouvement

a. Sur l'objet 1 dans le référentiel terrestre s'appliquent les actions :

- à distance exercée par la Terre, modélisée par le poids, dont l'expression mathématique est connue *a priori* ;
- à distance exercée par l'objet 2, qui est responsable de la mise en mouvement du système ;
- de contact exercée par l'eau, qui permet un déplacement horizontal du système.

b. Les forces sont donc : $\vec{P}_{\text{Objet1}}$ (ou $\vec{P}_1$), $\vec{F}_{\text{Objet2/Objet1}}$, $\vec{F}_{\text{Eau/Objet1}}$ (ou $\vec{R}_1$).

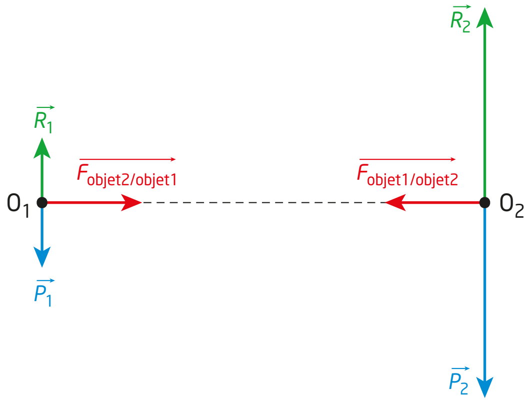
c. Sur l'objet 1, dans le référentiel terrestre et en l'absence d'objet 2, s'appliquent les actions :

- à distance exercée par la Terre modélisée par le poids ;
- de contact exercée par l'eau.

Les actions se compensent, donc les forces qui les modélisent ont même direction, même norme, mais des sens opposés.

d. D'après le principe des actions réciproques :

$\overrightarrow{F_{\text{Objet2/Objet1}}} = -\overrightarrow{F_{\text{Objet1/Objet2}}}$.



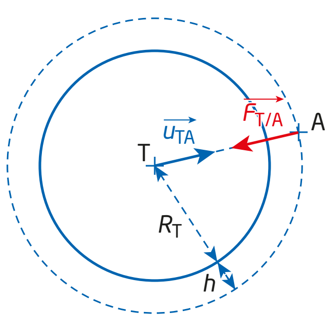
e. Les objets 1 et 2 se mettent en mouvement du fait des actions réciproques exercées l'un sur l'autre.

49 ✱✱ Avant l'espace, l'Everest

1. Au niveau de la mer, l'altitude est nulle. Graphiquement, on détermine : $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.
Au niveau de l'Everest, l'altitude est de 8 840 m, soit 8,840 km. Graphiquement, on détermine : $g = 9{,}782\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

2. $\dfrac{9{,}81 - 9{,}782}{9{,}81} = 0{,}00285$, soit 0,285 %. Ainsi, l'intensité de la pesanteur est en effet légèrement plus faible au sommet de l'Everest qu'au niveau de la mer (de moins de 0,3 %).

3. a.



b. La loi de gravitation universelle conduit à :

$\overrightarrow{F_{T/A}} = -G \times \dfrac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}\ \overrightarrow{u_{TA}}$ avec $\overrightarrow{u_{TA}}$ un vecteur de norme 1 de direction (TA) et orienté de T vers A.

c. De l'expression vectorielle, on déduit l'expression de la norme :

$F_{T/A} = G \times \dfrac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}$ et $P = m \times g$. En égalant les deux expressions, il vient : $m \times g = G \times \dfrac{M_T \times m}{(R_T + h)^2}$. Et comme m est non nulle, on peut diviser chaque membre de l'égalité par m. Ainsi :

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

d. Au niveau de la mer :

$g = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}38 \times 10^3 \times 10^3)^2\ \text{m}^2} = 9{,}78\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

On retrouve la valeur extraite du graphe.

Au niveau de l'Everest :

$g = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24}\ \text{kg}}{(6{,}38 \times 10^3 \times 10^3 + 8\,840)^2\ \text{m}^2}$
$= 9{,}76\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Les valeurs obtenues sont proches de celles extraites du graphe, mais inférieures. L'écart peut s'expliquer par l'erreur de pointage et de lecture sur le graphe, mais pas seulement. La Terre a été modélisée par une boule de rayon $6{,}38 \times 10^3$ km. Ce n'est pas le cas, celle-ci étant aplatie aux pôles. L'utilisation d'une valeur de $6{,}37 \times 10^3$ km pour rayon conduit respectivement à $9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$ et $9{,}79\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$, valeurs plus proches de celles du graphe.

50 BepiColombo à la conquête de Mercure

ACTUALITÉ SCIENTIFIQUE | DIFFÉRENCIATION

Aides en fin de manuel.

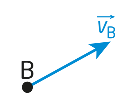
La loi de gravitation universelle conduit à :

$\overrightarrow{F_{V/B}} = -G \times \dfrac{M_L \times m}{D^2}\ \overrightarrow{u_{VB}}$ avec $\overrightarrow{u_{VB}}$ un vecteur de norme 1, de direction (VB) et orienté vers V.

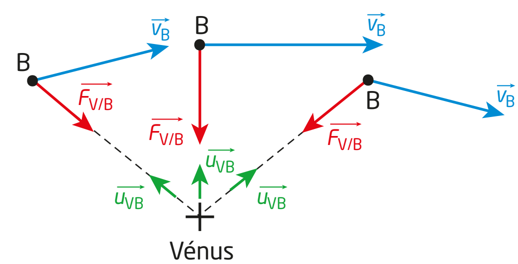
Cette force, qui modélise l'attraction de Vénus, a pour effet une variation du vecteur vitesse de BépiColombo.

Schéma de la situation dans le référentiel « vénusocentrique » :

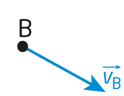
• Avant l'assistance gravitationnelle :



• Pendant l'assistance gravitationnelle :



• Après l'assistance gravitationnelle :

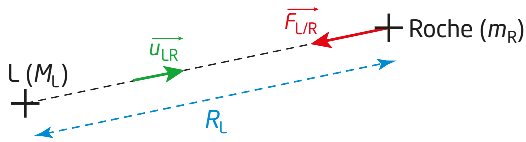


Dans le référentiel « vénusocentrique », la direction du vecteur vitesse de BépiColombo est modifiée par l'assistance gravitationnelle de Vénus, mais la valeur de la vitesse avant et après assistance gravitationnelle est inchangée. Durant la phase d'assistance, la valeur de la vitesse de Bépicolombo, mesurée dans le référentiel vénusocentrique, augmente à mesure que BepiColombo se rapproche de Vénus, puis diminue lorsqu'elle s'en éloigne.
En revanche, dans le référentiel héliocentrique, la valeur de la vitesse de BépiColombo est modifiée avant et après assistance gravitationnelle, autrement dit, contrairement à ce qui se produit dans le référentiel « vénusocentrique », BépiColombo n'a plus la même valeur de vitesse après l'assitance gravitationnelle par rapport à avant, dans le référentiel héliocentrique.
Il est ainsi possible, grâce à l'assistance gravitationnelle, de modifier la direction du mouvement d'une sonde, mais surtout la valeur de sa vitesse dans le référentiel héliocentrique sans utiliser les moteurs et donc d'économiser du carburant pour réaliser cette opération.

51 Football… sur la Lune ! TÂCHE COMPLEXE

Aides en fin de manuel.

1. a. Schéma de la situation :



b. La loi de gravitation universelle conduit à :

$\overrightarrow{F_{L/R}} = -G \times \dfrac{M_L \times m_R}{{R_L}^2}\ \overrightarrow{u_{LR}}$ avec $\overrightarrow{u_{LR}}$ un vecteur de norme 1, de direction (LR) et orienté vers R.

En première approximation, le poids de la roche sur la Lune est égal à la force d'interaction gravitationnelle modélisant l'action exercée par la Lune sur la roche (il a les mêmes caractéristiques, à savoir une direction voisine de la droite (LR), un sens de R vers L et une norme quasi-identique).

2. • **Problème** : est-il possible de jouer au football sur la Lune, avec un rocher lunaire de la taille d'un ballon de football, comme cela se pratique sur Terre ?

• **Calcul de la masse de la roche** : Si la roche, comme le ballon, a un rayon de 11 cm, la masse de la roche est :

$$m_{Roche} = \rho V = \rho \times \frac{4}{3}\pi \times (r_{Roche})^3.$$

A.N. : $m_{Roche} = 3{,}3\ \mathrm{g \cdot cm^{-3}} \times \dfrac{4}{3}\pi \times (11\ \mathrm{cm})^3 = 1{,}8 \times 10^4\ \mathrm{g} = 18\ \mathrm{kg}$.

• **Détermination de la norme du poids sur la Lune** : En supposant que le poids de la roche est égal à la force d'interaction gravitationnelle modélisant l'action exercée par la Lune sur la roche au voisinage de sa surface :

$$P_{Roche} = F_{Lune/Roche} = G \times \frac{M_L \times m_R}{{R_L}^2}.$$

A.N. : $P_{roche} = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}} \times \dfrac{7{,}36 \times 10^{22}\ \mathrm{kg} \times 18{,}4\ \mathrm{kg}}{(1\,737 \times 10^3)^2\ \mathrm{m^2}} =$ 29 N.

• **Comparaison avec le poids du ballon dans le référentiel terrestre :**

$$P_{Ballon} = m_{Ballon} \times g = 0{,}42381\ \mathrm{kg} \times 9{,}8\ \mathrm{N \cdot kg^{-1}} = 4{,}2\ \mathrm{N}.$$

$P_{Roche} > P_{Ballon}$ et même $P_{Roche} > 6{,}9 \times P_{Ballon}$: sur la Lune, le poids d'une roche de même taille qu'un ballon de football est près de 7 fois supérieur à celui d'un ballon sur Terre.

• **Conclusion** : Il n'est donc pas possible d'adopter les mêmes règles que sur Terre pour jouer au football, sans compter la nécessité d'une combinaison, l'absence de pelouse, etc. Les règles devront être modifiées : accepter une taille de la roche réduite pour modéliser un ballon ou accepter une masse plus importante à taille identique, autoriser la combinaison d'astronaute, l'absence de pelouse, etc.

Corrigés des exercices

Tableau des capacités exigibles par exercice

Capacité exigible	5 minutes chrono et QCM	Exercices résolus	Exercices rapides	Appliquer	S'entraîner	Objectif Première
Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces.	1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 10, 29, 30	31	11, 12, 13, 18, 19	14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 25, 26, 27, 28, 32	33, 34, 35, 36, 37, 38	39, 40
Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).	4, 7, 8, 10, 29		20	22, 23, 24, 27	36, 38	39, 40

Exercices 1 à 8

Corrigés dans le manuel.

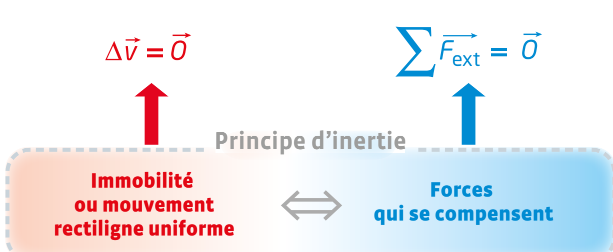
9 Utiliser le principe d'inertie APPLICATION

Dans le référentiel terrestre, le train est en mouvement rectiligne uniforme, donc les forces qui s'appliquent sur lui se compensent d'après le principe d'inertie.

10 Décrire la variation du vecteur vitesse APPLICATION

Si la balle de tennis n'est soumise qu'à son poids, alors elle est en chute libre. La variation $\Delta\vec{v}$ du vecteur vitesse du point matériel qui la modélise entre deux instants voisins a donc même direction et même sens que le poids de la balle, c'est-à-dire qu'elle est verticale vers le bas (la balle est en mouvement rectiligne ralenti car $\Delta\vec{v}$ a un sens opposé à celui du mouvement de la balle).

11 ORAL



12 Deux forces qui se compensent ont même norme, même direction, mais des sens opposés.

Ces deux forces sont représentées par des vecteurs opposés. Il faut aussi que ces forces s'exercent sur un même système.

13 La voiture est soumise à des forces qui se compensent, donc le point matériel qui la modélise est en mouvement rectiligne uniforme, d'après le principe d'inertie.

Un système soumis à des forces qui se compensent pourrait aussi être immobile, mais la situation suggère que le point matériel qui modélise la voiture possède une vitesse initiale non nulle au moment où le forces se compensent, donc la voiture est en mouvement (rectiligne uniforme).

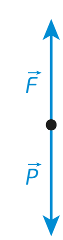
14 Utiliser le principe d'inertie

La chronophotographie montre que le point matériel modélisant le cycliste et son vélo est en mouvement rectiligne uniforme dans le référentiel terrestre, donc les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.

15 Représenter des forces

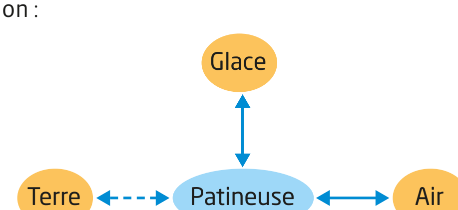
a. Le sous-marin est immobile dans le référentiel terrestre, donc les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.

b. Le sous-marin est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la force $\vec{F}$ de l'eau sur lui, et ces forces se compensent. Le poids est vertical vers le bas, donc la force $\vec{F}$ est verticale vers le haut, de même norme que $\vec{P}$.



16 Apprendre à rédiger

a. Il est possible d'établir un diagramme objets-interactions de la situation :



Les actions qui s'exercent sur la patineuse sont donc modélisées par les forces suivantes :

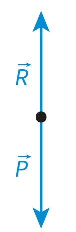
– son poids $\vec{P} = \vec{F}_{\text{Terre/patineuse}}$;

– la réaction de la glace sur la patineuse $\vec{R} = \vec{F}_{\text{glace/patineuse}}$;

– la force de frottement de l'air sur la patineuse $\vec{F} = \vec{F}_{\text{air/patineuse}}$.

b. Quand la patineuse, modélisée par un point matériel, est en mouvement rectiligne uniforme dans le référentiel terrestre, alors les forces qui s'exercent sur elle se compensent, d'après le principe d'inertie.

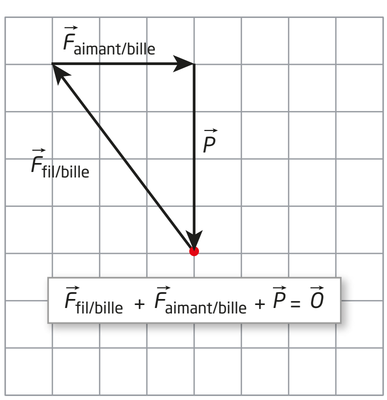
c. Pour une vitesse de la patineuse pas trop élevée, la force $\vec{F}$ est négligeable par rapport aux autres forces. Dans ce cas, puisque les deux forces qui s'exercent sur la patineuse se compensent, il faut les représenter par des vecteurs de même norme, de même direction mais de sens opposés. On connaît les caractéristiques du poids (direction verticale, sens vers le bas, norme de 500 N), donc on en déduit celles de la réaction de la glace (direction verticale, sens vers le haut, norme de 500 N). En choisissant l'échelle « 1 cm représente 200 N », les vecteurs mesurent 2,5 cm sur un schéma où la patineuse est modélisée par un point matériel :



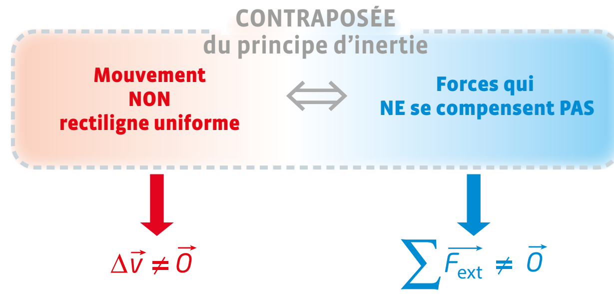
17 Analyser des forces DIFFÉRENCIATION

Aides en fin de manuel.

- Pour que la bille reste à l'équilibre, elle doit être immobile dans le référentiel terrestre.
- Si la bille est immobile, alors les forces qui s'exercent sur elle se compensent, d'après le principe d'inertie.
- Des forces se compensent si leur somme vectorielle est égale au vecteur nul, or le tracé ci-dessous montre que c'est bien le cas, donc la bille reste à l'équilibre.



18 ORAL



19 La Terre est en mouvement non rectiligne uniforme dans le référentiel héliocentrique, donc d'après la contraposée du principe d'inertie elle est soumise à des forces qui ne se compensent pas, d'après le principe d'inertie.

20 Pour un système en chute libre, la variation $\Delta\vec{v}$ entre deux instants voisins du vecteur vitesse du système est verticale vers le bas, comme son poids $\vec{P}$.

21 Utiliser la contraposée du principe d'inertie

La fusée, modélisée par un point matériel, a un mouvement rectiligne accéléré dans le référentiel terrestre. Ainsi, dans le référentiel terrestre, la fusée est en mouvement non rectiligne uniforme, donc les forces qui modélisent les actions qui s'exercent sur elle ne se compensent pas d'après la contraposée du principe d'inertie.

On peut se permettre de dire « d'après le principe d'inertie », même si ici c'est la contraposée qui est utilisée.

22 Relier la variation du vecteur vitesse aux forces

Corrigé dans le manuel.

23 Exploiter une chronophotographie

a. La chronophotographie présente un mouvement rectiligne ralenti pour l'avion dans le référentiel du porte-avions. Le vecteur vitesse de l'avion garde donc la même direction (horizontale), le même sens (vers la droite), mais sa norme diminue au cours du mouvement.

Le vecteur vitesse varie car sa norme change, donc la variation du vecteur vitesse de l'avion est non nulle : $\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$.

b. Dans le référentiel lié à la piste, le vecteur vitesse de l'avion varie ($\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$), donc l'avion est soumis à des forces qui ne se compensent pas ($\Sigma\vec{F}_{\text{ext}} \neq \vec{0}$) d'après la contraposée du principe d'inertie.

c. Puisque la norme du vecteur vitesse de l'avion diminue, alors la variation $\Delta\vec{v}$ de son vecteur vitesse a même direction mais un sens opposé à celui du mouvement. Donc la somme vectorielle des forces extérieures appliquées à l'avion est horizontale vers la gauche.

24 Relier la variation du vecteur vitesse au poids

Corrigé dans le manuel et en Vidéo *sur* **sirius.nathan.fr.**
Cet exercice va au-delà des capacités exigibles en seconde car un tracé de variation de vecteur vitesse est demandé, mais il préparera les futurs élèves choisissant l'enseignement de spécialité pour lequel une étude plus poussée sera nécessaire (prise en compte de la masse et du temps).

25 Distinguer norme et direction

a. Si on néglige les autres actions gravitationnelles, seule l'action de la Terre sur la Lune est à considérer. La seule force à s'exercer sur la Lune est donc $\vec{F}_{\text{Terre/Lune}}$.

b. Une seule force s'exerce sur la Lune, donc $\Sigma\overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \vec{F}_{\text{Terre/Lune}} \neq \vec{0}$: la Lune n'est pas soumise à des forces qui se compensent (il faut au moins deux forces sinon).
Dans le référentiel géocentrique, la Lune, modélisée par un point matériel, n'est pas soumise à des forces qui se compensent, donc elle n'est pas en mouvement rectiligne uniforme, d'après la contraposée du principe d'inertie. Ainsi, son vecteur vitesse varie : $\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$.

c. Bien que sa norme soit constante, le vecteur vitesse de la Lune varie car sa direction change.

26 Justifier avec le principe d'inertie ou sa contraposée S'AUTOÉVALUER

Corrigé dans le manuel.

27 Exploiter un graphique

a. D'après le graphique, la valeur de la vitesse du parachutiste augmente au cours de la phase 1.
Le parachutiste est ainsi en mouvement rectiligne accéléré.
Dans le référentiel terrestre, le parachutiste, modélisé par un point matériel, n'est pas en mouvement rectiligne uniforme, donc les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas, d'après la contraposée du principe d'inertie.

b. Pour la phase 2, le parachutiste est en mouvement rectiligne uniforme (car la valeur de la vitesse est constante), donc les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.
Pour la phase 3, le parachutiste n'est pas en mouvement rectiligne uniforme (il est en mouvement rectiligne ralenti car la valeur de la vitesse diminue), donc les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas, d'après la contraposée du principe d'inertie.
Pour la phase 4, le parachutiste est en mouvement rectiligne uniforme (car la valeur de la vitesse est constante), donc les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.

c. D'après la contraposée du principe d'inertie, le vecteur vitesse du parachutiste varie lorsqu'il est soumis à des forces qui ne se compensent pas. La variation du vecteur vitesse est donc non nulle pour les phases 1 et 3, ce qui est cohérent avec le fait que le mouvement du parachutiste n'est pas rectiligne uniforme pour ces phases (lorsque le mouvement est rectiligne uniforme, le vecteur vitesse est constant, il ne varie pas).

28 Retour sur l'ouverture du chapitre ORAL

Sur la photographie, la position du personnage et la tension de la ceinture de sécurité suggèrent que la voiture freine brutalement. On peut supposer la voiture et les frites initialement en mouvement rectiligne uniforme dans le référentiel terrestre, pour lequel le principe d'inertie s'applique. Les frites sont donc au départ soumises à des forces qui se compensent.
Lorsque la voiture commence à freiner, les frites restent soumises aux mêmes forces (contrairement à ce que l'on pourrait penser lorsqu'on voit les frites sortir de la boîte) et un observateur extérieur situé sur le trottoir (donc dans le référentiel terrestre) voit les frites poursuivre le mouvement rectiligne uniforme qui les animait avant le freinage : elles glissent dans la boîte vers l'avant de la voiture.
Si maintenant l'observateur est un passager assis dans la voiture et attaché par la ceinture de sécurité, les frites, initialement immobiles pour lui, sont vues en mouvement accéléré au moment du freinage, bien qu'elles soient toujours soumises à des forces qui se compensent, ce qui contredit le principe d'inertie. On peut en déduire que le principe d'inertie ne s'applique pas dans le référentiel de la voiture en train de freiner.

29 *Corrigé dans le manuel.*

30 *Corrigé dans le manuel.*

Pour mettre en mouvement un objet initialement immobile, il faut que les forces cessent de se compenser. Mais le mouvement du système ne sera alors pas un mouvement rectiligne uniforme d'après la contraposée du principe d'inertie. C'est pourquoi il faut que s'applique une nouvelle force (ou qu'une force initialement présente ne s'applique plus), mais de manière temporaire seulement, pour que le système puisse de nouveau être soumis à des forces qui se compensent afin d'avoir un mouvement rectiligne uniforme.

31 Parachutiste

Exercice résolu, corrigé dans le manuel.

32 Planeur APPLICATION

1. Le planeur est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la force de l'air $\vec{F} = \vec{F}_{\text{air/planeur}}$.

2. Dans le référentiel terrestre, le planeur, modélisé par un point matériel, a un mouvement rectiligne uniforme, donc les forces qui s'exercent sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.

3. La valeur de la vitesse du planeur vaut 20 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Lorsque la valeur v de la vitesse est constante, la longueur parcourue L, la durée du trajet Δt et v sont liées par la relation : $L = v \cdot \Delta t$.

On en déduit : $\Delta t = \dfrac{L}{v}$;

A.N. : $\Delta t = \dfrac{10 \times 10^3 \text{ m}}{20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}} = 5{,}0 \times 10^2$ s (soit 8 min 20 s).

33 Mouvements d'un container

1. a. Les forces s'exerçant sur le container sont :

– son poids $\vec{P}$;

– la force du câble sur le container $\vec{F} = \vec{F}_{\text{câble/container}}$;

– la force de l'air sur le container $\vec{F}_{\text{air/container}}$, mais on négligera par la suite cette force devant les deux autres.

b. Caractéristiques du poids :

– direction : la verticale ;

– sens : vers le bas ;

– norme : $P = m \cdot g$.

A.N. : $P = 5{,}0 \times 10^3 \text{ kg} \times 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1} = 5{,}0 \times 10^4 \text{ N}$.

c. Le container est immobile, donc les forces exercées sur lui se compensent, d'après le principe d'inertie.

d. Les deux forces se compensent, c'est-à-dire qu'elles ont même direction et même norme, mais des sens opposés. La force $\vec{F}$ exercée par le câble sur le container a donc pour caractéristiques :

– direction : la verticale ;

– sens : vers le haut ;

– norme : $F = 5{,}0 \times 10^4$ N.

e. Représentation des forces : voir le cas (1) sur le schéma plus bas.

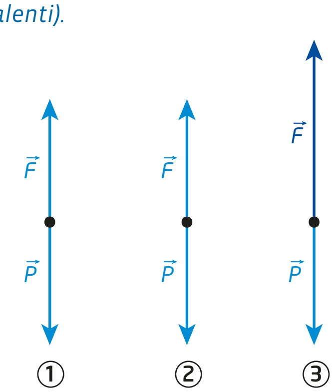
2. a. Le container est en mouvement rectiligne uniforme, donc les forces exercées sur lui se compensent d'après le principe d'inertie.

b. Représentation des forces : voir le cas (2) sur le schéma plus bas.

3. a. Le container n'est pas en mouvement rectiligne uniforme, donc les forces exercées sur lui ne se compensent pas, d'après la contraposée du principe d'inertie.

b. Représentation des forces : voir le cas (3) sur le schéma plus bas.

Dans ce dernier cas, la somme vectorielle des forces doit être dans le sens opposé au mouvement, car la variation du vecteur vitesse est également de sens opposé à celui du mouvement (mouvement ralenti).



34 In english please

a. L'action de l'air sur le skieur a été négligée.

b. Le skieur étant débutant (piste bleue), il ne descend certainement pas vite. Si la vitesse est faible, il en est de même de l'action de l'air car la norme d'une force de frottement augmente avec la vitesse de déplacement du système. On peut donc la négliger.

c. La représentation des forces montre que les deux forces se compensent. Le skieur descend donc en mouvement rectiligne uniforme.

d. Pour s'arrêter, le skieur doit modifier sa vitesse. Ceci n'est possible que si les forces ne se compensent plus. Il doit donc forcément en modifier une.

35 Le mouvement au cours des siècles

HISTOIRE DES SCIENCES

a. et **b.** Un texte possible :
Comment les notions de force et de mouvement sont-elles liées ? Les scientifiques de tous les temps ont cherché un lien entre ces deux grandeurs.

• Pour Aristote par exemple, il ne peut pas y avoir de mouvement sans force. Si un corps est en mouvement, c'est nécessairement qu'il y a une force motrice pour le faire avancer. C'était au IVe siècle avant J.-C. mais bien des gens le pensent encore actuellement car c'est ce que laissent penser les observations de nombreuses situations courantes. Lorsqu'on est en vélo sur une route horizontale, on s'arrête très rapidement si on cesse de pédaler : plus de force motrice donc plus de mouvement !
• Newton ne lie pas directement le mouvement aux forces. Pour lui, il peut y avoir un mouvement sans force (ou avec des forces qui se compensent) mais dans ce cas, ce mouvement ne peut être que rectiligne uniforme. Newton ne fait pas de distinction entre repos et mouvement rectiligne uniforme. Dans les ceux cas, les forces se compensent. Il faut une force pour modifier le mouvement, c'est-à-dire pour changer la valeur ou la direction de la vitesse mais pas pour se déplacer de façon rectiligne à vitesse constante. Pour Newton, le vélo s'arrête si on cesse de pédaler car les forces de frottement de l'air et du sol ne sont plus compensées par la force motrice. S'il n'y avait aucun frottement, rien n'arrêterait le vélo. Il faut essayer de prendre un virage sur une route verglacée pour bien comprendre que Newton a raison…
Les idées de Galilée sont très proches de celles de Newton car il dit qu'il faut une force pour mettre en mouvement un objet mais pas pour le maintenir en mouvement. Il ne parle pas, dans le texte fourni, de la modification du mouvement mais on peut dire que Galilée a déjà une idée du principe d'inertie même s'il ne le formule pas précisément comme le fait Newton.

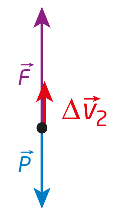
36 Chute d'une balle dans un liquide

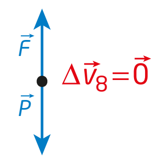
a. • Le système étudié est la bille.
• On étudie le mouvement de la bille dans le référentiel terrestre.

b. • Pour la première phase, la bille a un mouvement rectiligne ralenti car les positions sont alignées et la distance entre deux positions consécutives diminue.
• Pour la deuxième phase, la bille a un mouvement rectiligne uniforme car les positions sont alignées et la distance entre deux positions consécutives est constante.

c. • Lors de la première phase, le mouvement est rectiligne ralenti, donc la norme du vecteur vitesse de la bille diminue et la variation de son vecteur vitesse a même direction mais un sens opposé à celui du mouvement : $\Delta\vec{v}$ est vers le haut.
Ainsi $\Sigma\vec{F}_{\text{ext}}$ est vers le haut, donc $F > P$.
• Lors de la deuxième phase, le mouvement est rectiligne uniforme, donc le vecteur vitesse de la bille est constant et la variation de son vecteur vitesse est nulle : $\Delta\vec{v} = \vec{0}$.
Ainsi $\Sigma\vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ donc $F = P$.

• Représentation de vecteurs force et variations de vitesse pour la position A_2 et la position A_8 :





d. La norme de la force exercée par le liquide sur la bille augmente lorsque la valeur de la vitesse de la bille augmente (au cours du mouvement étudié, la vitesse est plus grande au départ, et la norme F est plus importante que lors de la deuxième phase).

37 Référentiel galiléen

a. Dans le référentiel terrestre, le mobile, modélisé par le point matériel confondu avec son centre, décrit un mouvement rectiligne uniforme car les positions successives sont alignées et la distance qui sépare deux positions successives est constante.

b. Le mobile est soumis à son poids et à la réaction du plateau. Dans le référentiel terrestre, le mobile est en mouvement rectiligne uniforme, donc les deux forces qui s'exercent sur le mobile se compensent, d'après le principe d'inertie.

c. Le fait de changer de caméra ne modifie en rien les forces qui s'exercent sur le mobile.
On ne peut pas appliquer le principe d'inertie dans le référentiel du plateau car le mobile, soumis à des forces qui se compensent, ne décrit pas un mouvement rectiligne uniforme.

d. Le référentiel lié au plateau n'est pas un référentiel galiléen car le principe d'inertie n'y est pas vérifié. Au contraire, le référentiel terrestre est galiléen.

38 Mouvement de la Terre

Cet exercice va au-delà des capacités exigibles en Seconde car un tracé de variation de vecteur vitesse est demandé, sans échelle précise, mais dans le cas d'un mouvement circulaire. Il pourra préparer les futurs élèves choisissant l'enseignement de spécialité.

1. Dans le référentiel héliocentrique, la Terre, modélisée par un point matériel, a un mouvement circulaire uniforme car les positions P du document sont placées sur un cercle de centre S et la distance entre deux positions successives est constante.

2. a. Lorsqu'elle effectue une révolution, la Terre parcourt la distance d correspondant au périmètre du cercle défini par la trajectoire de la Terre. Or, le périmètre d'un cercle s'exprime $2\pi \times r$, avec $r = SP = D$ le rayon de la trajectoire, donc : $d = 2\pi \times D$.

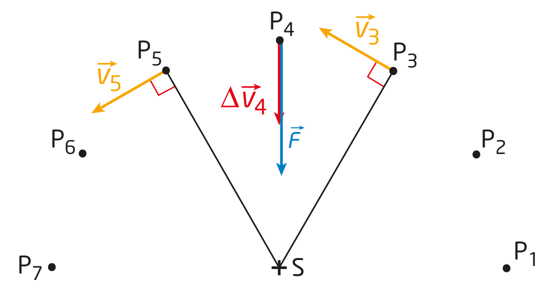
b. Puisque la valeur v de la Terre dans le référentiel héliocentrique est constante, alors elle s'apparente à la vitesse moyenne de la Terre lorsqu'elle décrit son orbite de longueur d. La durée pour effectuer une révolution est la période de révolution T, donc la valeur de la vitesse d'exprime : $v = \dfrac{d}{T}$;

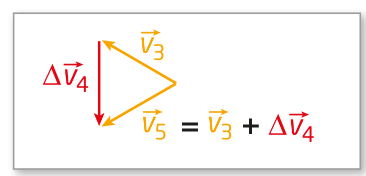
soit : $v = \dfrac{2\pi D}{T}$;

A.N. : $v = \dfrac{2\pi \times 1{,}496 \times 10^{11}\ \text{m}}{365 \times 24 \times 60 \times 60\ \text{s}} = 2{,}98 \times 10^4\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$.

3. Le vecteur vitesse de la Terre garde la même norme, mais change de direction.

4. Le vecteur variation de vitesse à la position P_4 est tel que : $\Delta\vec{v}_4 = \vec{v}_5 - \vec{v}_3$.
La somme du vecteur vitesse $\vec{v}_3$ et du vecteur variation de vitesse $\Delta\vec{v}_4$ est égale au vecteur vitesse $\vec{v}_5$, d'où le tracé dans l'encadré ci-dessous permettant de déterminer $\Delta\vec{v}_4$.

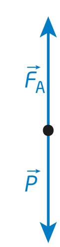




5. La force $\vec{F}$ a mêmes direction et sens que $\Delta\vec{v}_4$, donc elle est orientée de P_4 vers S, c'est-à-dire que sa direction est la droite centre du Soleil – centre de la Terre et son sens est de la Terre vers le Soleil. Compte tenu de sa direction et de son sens, la force $\vec{F}$ est la force $\vec{F}_{S/T}$ exercée par le Soleil sur la Terre.

39 Thermomètre de Galilée

1. Dans le référentiel terrestre, la boule orange, modélisée par un point matériel, est immobile, donc les forces exercées sur elle se compensent, d'après le principe d'inertie. La boule est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la poussée d'Archimède $\vec{F}_A$ exercée par le liquide sur la boule. Deux forces qui se compensent sont représentées par des vecteurs de même norme, de même direction mais de sens opposés, d'où la représentation des forces ci-contre :

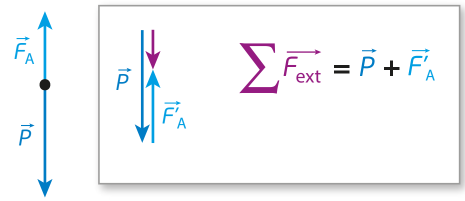


2. a. • Norme du poids de la boule : $P = m_b \cdot g$.
• Norme de la poussé d'Archimède exercée par le liquide sur la boule : $F_A = m_l \cdot g$; avec m_l le volume de liquide déplacé, à la température T, par la boule immergé, soit :
$m_l = \rho(T) \cdot V_b$;
d'où : $F_A = \rho(T) \cdot V_b \cdot g$.

b. Les normes des deux forces sont égales lorsque la boule est immobile, donc :
$F_A = P$
$\rho(T) \cdot V_b \cdot g = m_b \cdot g$
$\rho(T) \cdot V_b = m_b$
$\rho(T) = \dfrac{m_b}{V_b}$; la masse volumique du liquide à la température T doit donc être égale à la masse volumique de la boule pour que cette dernière soit immobile.

3. a. Si la température augmente, alors la condition précédente n'est plus vérifiée, c'est-à-dire que la masse volumique du liquide diffère de celle de la boule. Dans ce cas, la boule est soumise à des forces qui ne se compensent pas, leurs normes étant différentes, et donc la boule est en mouvement non rectiligne uniforme, d'après la contraposée du principe d'inertie. Le vecteur vitesse de la boule varie alors : $\Delta\vec{v} \neq \vec{0}$.

b. Si la température passe d'une valeur T à une valeur $T' > T$, alors la masse volumique du liquide diminue d'après le graphique des données.
Ainsi : $\rho(T') < \rho(T)$ donc : $F'_A < F_A$ et : $F'_A < P$.
La représentation des forces est du type suivant, pour lequel la somme vectorielle est verticale vers le bas :



On en déduit que la variation $\Delta\vec{v}$ du vecteur vitesse est verticale vers le bas, donc la boule, initialement immobile, descend si la température augmente.

c. La photographie est cohérente avec la réponse précédente, car on remarque que les boules sont marquées d'une valeur de température plus importante pour les boules placées plus haut : elles descendent donc plus tard lorsque la température augmente.

Lorsqu'une boule descend à cause de la température, elle finit par s'arrêter une fois qu'elle touche le fond du thermomètre ou une autre boule du dessous, car une nouvelle force s'exerce alors sur elle.

40 Mouvement d'une voiture

➔ **Fiches-guides disponibles sur** sirius.nathan.fr.

Exemple de résultat :