

Thème : Mouvement et interactions

Chapitre : Modéliser une action sur un système

Objectifs :

- 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.
- Exploiter le principe des actions réciproques.
- Distinguer actions à distance et actions de contact.
- Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues a priori.
- Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle.
- 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.
- Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.

Sommaire

1. Rappel	2	3. Activité 1 : Force est de constater	7
2. Cours	3	4. Activité 2 : La masse ne fait pas le poids	10
2.1 Actions et forces	3	5. Exercices	12
2.2 Principe des actions réciproques	4		
2.3 Exemple de forces	4		

1. Rappel

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

	A	B	C
<p>1. La force représentée ci-dessous est exercée :</p> 	par le chien sur la laisse.	par la laisse sur la maîtresse.	par la maîtresse sur la laisse.
<p>2. Dans la situation ci-dessous :</p> 	l'action de la Terre a mis en mouvement le ballon.	l'action du sol a mis en mouvement le ballon.	l'action de la footballeuse a mis en mouvement le ballon.
<p>3. La force exercée par la Terre sur la Lune est représentée par :</p>			

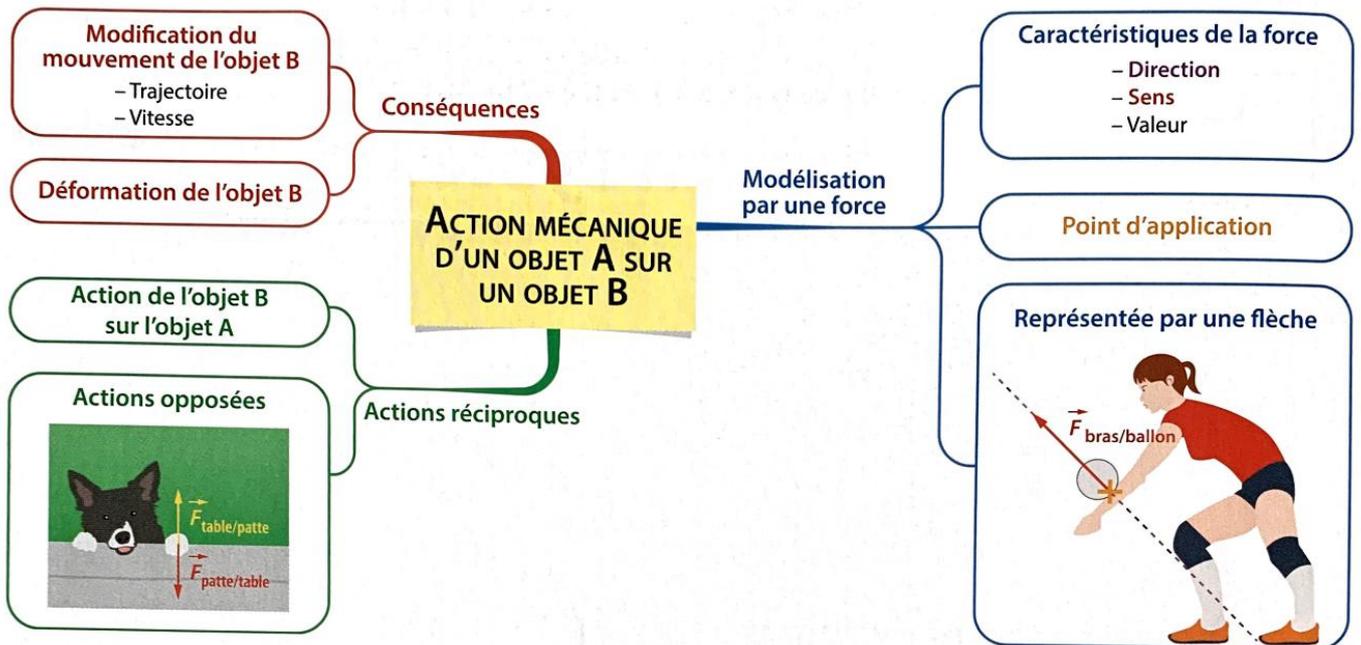


FIGURE 1 – Rappel de collègue

2. Cours

2.1 Actions et forces

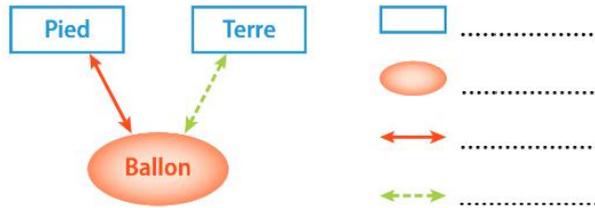
Actions

Lorsque qu'un système 1 agit sur un système 2, on dit qu'il exerce une
Réciproquement et simultanément le système 2 agit sur le système 1 et exerce une action.

Quels sont les types d'actions connue ?

.....

À partir du schéma suivant, **indiquer** le référentiel de l'étude et **compléter** la légende :



Modélisation d'une action par une force

Par quoi peut être modélisé une action exercée par un système extérieur sur le système étudié ? Quelles en sont les caractéristiques ?

.....

Cette force est notée $\vec{F}_{syst.\text{exterieur}/syst.\text{etudie}}$ et se lit « force exercée par le système extérieur sur le système étudié ».

Une force est représentée par **un vecteur** qui a une direction, un sens et une norme proportionnelle à la valeur de la force selon l'échelle choisi.

Exemple : Le poids \vec{P} du ballon modélise l'action exercée par la Terre sur le ballon. La force $\vec{F}_{pied/ballon}$ modélise l'action exercée par le pied sur le ballon.

Ces deux forces ont les caractéristiques suivantes :

	\vec{P}	$\vec{F}_{pied/ballon}$
Direction	Verticale	Horizontale
Sens	Vers le bas	Vers la droite
Valeur	$P = 4,0 \text{ N}$	$F = 20 \text{ N}$

Représenter par des vecteurs ces deux forces. On prendra comme échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 5,0 \text{ N}$.

2.2 Principe des actions réciproques

En 1687, le physicien anglais Isaac Newton énonce le **principe des actions réciproques**, aussi appelé troisième loi de Newton, **entre deux systèmes**.

Pour n'importe quel référentiel, on considère un système A exerçant une force $\vec{F}_{A/B}$ sur un système B. Le système B exerce alors **réciproquement** et **simultanément** une force $\vec{F}_{B/A}$ sur le système A.
 Comment sont caractérisées ces deux forces ?

.....

Représenter par des vecteurs ces deux forces pour le cas d'une action de contact (gauche) et pour le cas d'une action à distance (droite) :



2.3 Exemple de forces

Force d'interaction gravitationnelle

Deux systèmes qui ont **une masse** agissent **réciproquement** et **simultanément** l'un sur l'autre en s'attirant **mutuellement**.

Les **actions réciproques attractives** à distance qu'ils exercent l'un sur l'autre sont modélisées par deux forces appelées

Soit deux systèmes A et B de **masses respectives** m_A et m_B , dont les **centres sont séparés d'une distance** d , exercent l'un sur l'autre **des forces d'interaction gravitationnelle** $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ **attractives**.

Compléter le tableau suivant :

	$\vec{F}_{A/B}$	$\vec{F}_{B/A}$
Direction		
Sens		
Valeur	G : constante de gravitation universelle $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$	

Représenter ces deux forces d'interaction :

Exemple : Calculer la valeur de la force d'interaction gravitationnelle $F_{A/B}$ exercée par une balle A de masse $m_A = 60$ g sur une balle B de masse $m_b = 120$ g, dont les centres sont séparés d'une distance $d = 2,0$ m. Que vaut $F_{B/A}$?

.....

Le poids

Comment appelle-t-on la **force d'interaction exercée à distance par la Terre** ? Quelles en sont ses caractéristiques ?

.....

Comment appelle-t-on la grandeur g ? Quelle est sa valeur à la surface de la Terre ?

.....

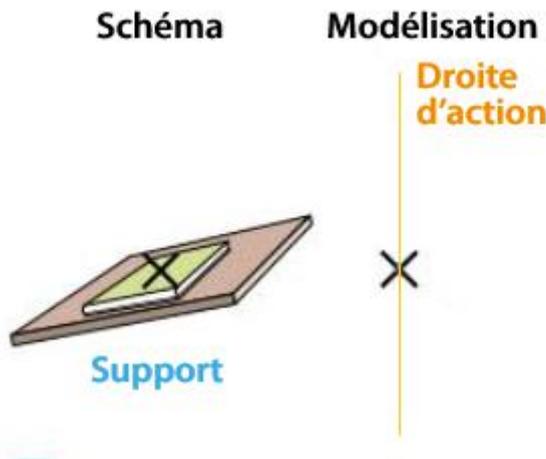
Le **poids** \vec{P} d'un système de masse m au voisinage d'une planète est assimilé à la **force d'interaction gravitationnelle exercée par la planète sur le système** : $\vec{P} = \vec{F}_{planete/systeme}$

Force exercée par un support

La **force exercée par un support** $\vec{F}_{support/systeme}$, aussi appelée du support, est la force de exercée par le support sur le système étudié.

Pour un système immobile ou en mouvement sans frottement sur une surface lisse, cette force a une **direction** Elle est orientée du support vers le système.

Indiquer les forces agissant le système {livre} immobile. **Représenter** par des vecteurs ces forces.



Force exercée par un fil

La **force exercée par un fil** $\vec{F}_{fil.sys.}$, aussi appelée ... d'un fil, est la force de ... exercée par le fil sur le système étudié. Cette force a la ... Elle est orientée du point d'accroche du système vers le fil.

Indiquer les forces agissant le système {bille} immobile. **Représenter** par des vecteurs ces forces.

Schéma



Modélisation



3. Activité 1 : Force est de constater

Objectif :

- 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.
- Exploiter le principe des actions réciproques.
- Distinguer actions à distance et actions de contact.
- Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues a priori.
- Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.

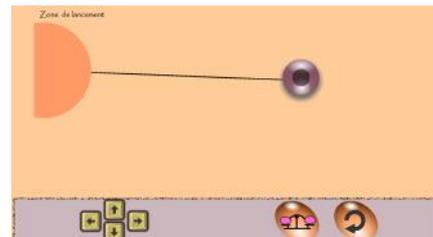
En physique, quand un **objet A** agit sur un autre **objet B**, on parle d'**action mécanique** par l'objet A sur l'objet B.

Modifications du mouvement d'un solide

Un **solide** est un corps qui ne peut subir aucune déformation. Les différents points d'un solide restent ainsi à des distances fixes les uns des autres. On peut alors ne s'intéresser qu'au mouvement de l'un de ses points.

Aller sur l'animation suivante : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/Palet.swf>.

- **Lancer** doucement le palet à partir de la zone de lancement. **Observer**.
- **Relancer** doucement le palet à partir de la zone de lancement puis le soumettre à différentes actions en cliquant sur les flèches.



1. Quel est le mouvement du palet obtenu par un simple lancé ?
2. À quelle condition le mouvement d'un solide peut-il être modifié ?
3. **Préciser** ce qui peut être modifié dans le mouvement.

Diagrammes d'interactions

Interactions

Le **système** étant défini, tout le reste est considéré comme **milieu extérieur**.
On fait l'inventaire des **corps en interaction avec le système**.

Aller sur l'animation suivante : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/interaction.swf>

Lire attentivement les consignes et aide pour chaque situation de l'animation proposée.

4. Comme pour le marteau, **représenter** sur votre feuille les noms des corps en interaction avec le système pour les **3 situations qui suivent**.
5. Quel corps trouve-t-on toujours en interaction avec les objets précédents ?

Deux types d'interactions

On distingue donc des **interactions de contacts** et des **interactions à distance**.

Poursuivre avec l'application précédente.



6. Schématiser selon les conventions proposées les interactions dans les 4 dernières situations.

7. Quels sont les deux types d'interactions pouvant exister entre les corps ?

Modélisation : la force

Vecteur force

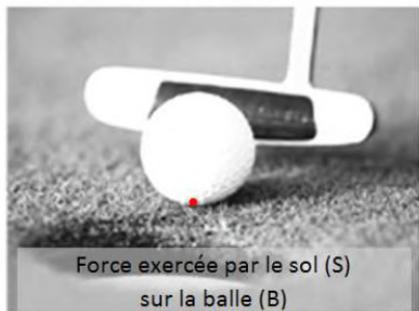
Une action mécanique est modélisée par **une force** d'abord caractérisée par une **direction** (définie par une droite) et un sens (orientation sur la droite). On représente alors la force par un segment fléché ou **vecteur force** dont l'**origine** est le point considéré comme étant le **point d'application** de l'action mécanique.

Remarque : si l'action mécanique n'est pas localisée mais répartie en surface ou en volume, on représente le vecteur à partir du centre de la surface ou du volume concerné.

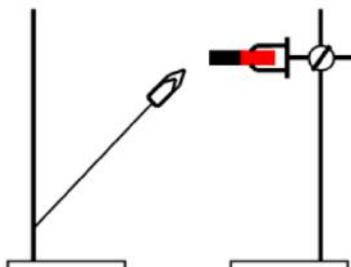
Aller sur l'animation suivante : http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/representation_force.swf

Lire les consignes pour représenter chaque force dans les situations proposées, chaque point d'application ayant été représenté ci-dessous.

8. Compléter les images ci-dessous en ajoutant les tracés des forces sur chaque images. Appeler le professeur.



Exemple d'un équilibre



On étudie l'équilibre d'un trombone en acier.

Réaliser si possible le montage correspondant au schéma.

9. Définir le système.

10. Représenter sur votre feuille, le diagramme d'interaction des "objets" agissant sur le système.

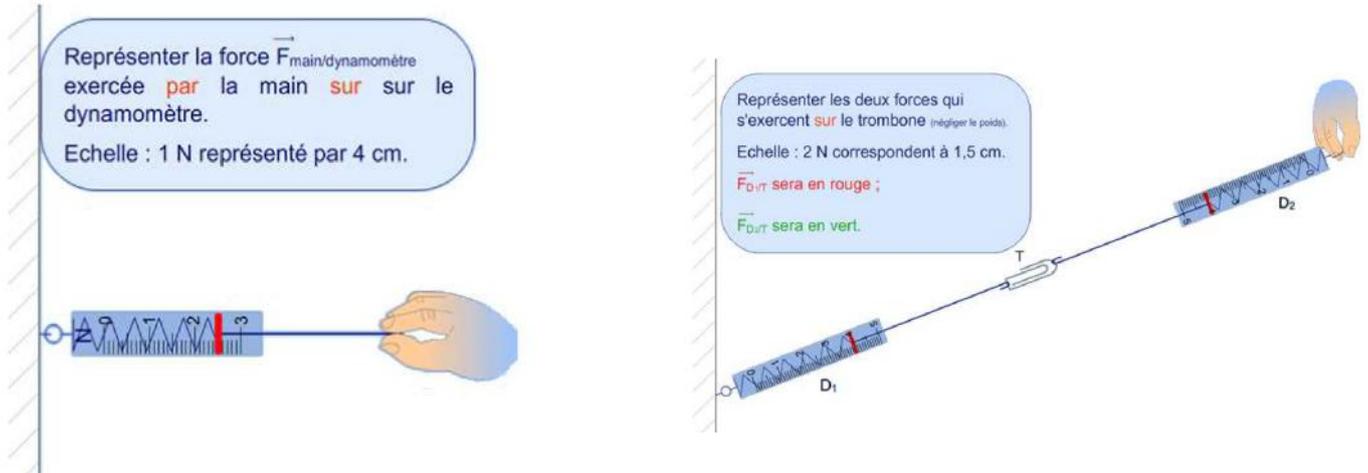
11. Le trombone étant identifié à un point matériel, représenter les forces qui agissent sur le trombone.

Intensité ou valeur

La troisième caractéristique de la force est son **intensité** dont la **valeur** est exprimée en newton (N) : la **longueur du vecteur force est alors proportionnelle à l'intensité de la force**. On mesure une force à l'aide d'un **dynamomètre**.

Aller sur l'animation suivante : <http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/traceforce.swf>

Lire les consignes et aide pour les deux situations de l'animation suivante :



Bien tenir compte de l'échelle de représentation pour chaque force.

12. Indiquer la valeur en cm de chaque des forces. **Représenter** ces forces sur votre copie. On remplacera le système étudié par une croix.

Principe des actions réciproques

Lorsque deux objets sont en interaction, ils exercent l'un sur l'autre des forces opposées. Ces forces ont même droit d'action, des sens opposés et la même valeur.

La droite passant par le point d'application de la force s'appelle la droite d'action.

Aller sur l'animation suivante : http://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/premiere_1S/troisieme_3_loi_newton_principe_interactions_actions_reciproques.htm

Vérifier ce principe avec différents dynamomètres.

13. Décrire l'expérience réalisée et les mesures obtenues avec des dynamomètres de calibres différents.

4. Activité 2 : La masse ne fait pas le poids

Objectif :

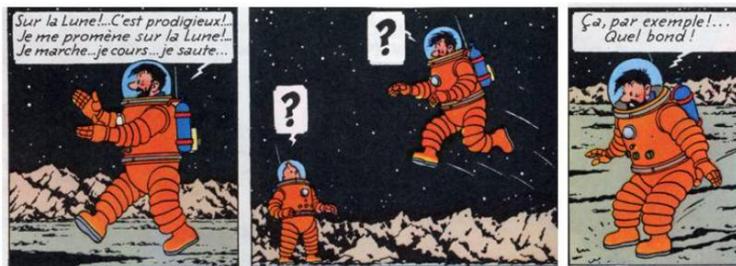
- Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues a priori.
- Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle.
- Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète.

Tintin, né en 1929, est un jeune journaliste Belge, reporter globe trotter. Son allure et sa jeunesse permettent d'estimer sa masse $m = 65$ kg.

Un jour durant l'une de ses missions dans les Alpes, à la surface de la Terre ...



Un autre jour sur la Lune avec son compagnon de route le capitaine Haddock ...



De telles situations permettent de se demander si les capacités physiques de Tintin sont très inférieures à celles du capitaine Haddock ou pourquoi Tintin retombe-t-il très vite après sa chute alors que le capitaine Haddock fait un bond quasi-prodigieux ?

Introduction

Visionner la vidéo suivante : https://www.francetvinfo.fr/sciences/espace/video-apollo-17-je-pose-le-dernier-pas-de-lhomme-sur-la-lune-declarait-l-astronaute-eugene-cernan-en-1972_3581265.html

1. **Proposer** une explication au bond réalisé par le capitaine Haddock sur la Lune.
2. Dans la vidéo, les astronautes ne pèsent que 30 kg sur la Lune. Est-ce leur masse réelle ? **Expliquer** en quelques mots.
3. La masse des pierres et poussières de Lune rapportées par les astronautes sur Terre :
 - (a) ont une masse plus grande ;
 - (b) ont toujours la même masse ;
 - (c) ont une masse plus petite

Sur la Terre

Poids d'un corps

4. Le poids et la masse sont elles des grandeurs équivalentes ou différentes ? **Préciser** ce qu'elles représentent.
5. **Rappeler** la relation mathématique entre le poids et la masse en précisant les unités ?

Manipulation :

- **Choisir** 5 masses marquées différentes entre 10 et 200 g.
- **Vérifier** les valeurs de ces masses à l'aide de la balance électronique.
- **Mesurer** le poids de ces masses avec les dynamomètres les plus adaptés pour chaque masse choisie.
- **Noter** les mesures dans un tableau en précisant le calibre du dynamomètre utilisé.

6. **En déduire** une valeur moyenne de "g" en N/kg sur Terre.

La valeur de "g" sur Terre est en général donnée égale à 9,8 N/kg.

7. Le résultat obtenu expérimentalement est-il cohérent avec la donnée? **Commenter**.

8. **Poser** le calcul et **donner** le poids de Tintin sur Terre.

Interaction gravitationnelle

Aller sur l'animation suivante : <http://scphysiques.free.fr/2nde/documents/gravity.swf>

9. Comment varie l'intensité de l'attraction quand la masse du satellite augmente? Même question pour la masse de la planète?

10. Comment varie l'intensité de l'attraction quand la distance augmente?

11. **Donner** la relation mathématique qui permet de calculer l'intensité de la force d'attraction gravitationnelle.

12. Un corps situé à la surface de la Terre se situe à une distance du centre de la Terre égale au rayon terrestre. À l'aide des données ci-après, **poser** le calcul puis **calculer** la valeur de la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur Tintin ($m = 65 \text{ kg}$), situé à la surface de la Terre.

Données : Constante de gravitation $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$; masse de la Terre $M_T = 5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$; rayon de la Terre $R_T \approx 6,378 \times 10^6 \text{ m}$.

13. **Comparer** cette dernière valeur avec celle du poids de Tintin à la question 8..

14. Que peut-on dire du poids d'un objet sur Terre?

Sur la Lune

On suppose que la masse du capitaine Haddock est 84 kg et celle de son équipement est 100 kg.

Aller sur l'animation suivante : http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/ESA-Poids_et_masse.swf

15. **Calculer** la masse et le poids du capitaine Haddock avec son équipement sur Terre.

16. **Noter** la valeur de l'intensité de pesanteur à la surface de la Lune.

17. **Calculer** le poids qu'aurait Tintin sans équipement sur la Lune.

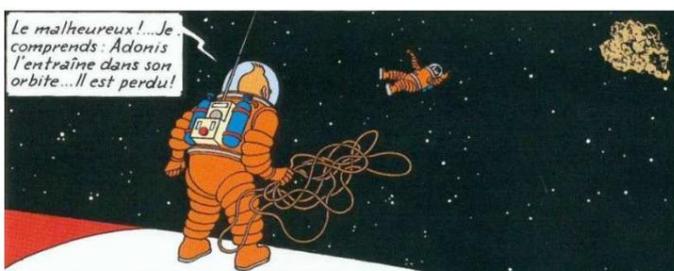
Sur d'autre planète

18. Sur quelle planète du système solaire le capitaine Haddock pourrait faire un bond encore plus impressionnant?

19. Sur quelle planète du système solaire le bond du capitaine Haddock s'apparenterait à un saut de puce sur Terre?

Dans l'espace

Proposer une explication argumentée à la situation périlleuse à laquelle le capitaine Haddock est confronté.



On pourra s'aider de l'animation suivante : http://bertrand.kieffer.pagesperso-orange.fr/Animations/ESA-Maitriser_la_gravite.swf

5. Exercices

Exercice 1

Parmi les actions suivantes, préciser celles qui sont de contact et celles qui s'exercent à distance :
 (a) aimant qui attire un clou ; (b) marteau qui frappe un clou ; (c) Terre qui attire un clou.

Exercice 2

Représenter les forces modélisant les actions réciproques qui s'exercent entre :

- le stylo et la feuille lorsque l'on écrit ;
- la balle et la raquette lors d'un service au tennis.

Exercice 3

La Lune est située à $3,84 \times 10^5$ km de la Terre. La masse de la Lune est $m_L = 7,3 \times 10^{22}$ kg. Celle de la Terre est $m_T = 6,0 \times 10^{24}$ kg. On considère que $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².

- Calculer** la valeur des forces d'interaction gravitationnelle entre la Terre et la Lune.
- Représenter** ces forces sur un schéma en utilisant pour échelle 1 cm $\leftrightarrow 1 \times 10^{20}$ N.

Exercice 4

Une patineuse de vitesse, de masse $m = 65$ kg, attend l'ordre du starter pour débiter sa course. On considère que $g = 9,8$ N.kg⁻¹.

- Proposer** un référentiel permettant l'étude du mouvement de la patineuse.
- Représenter** le diagramme objets-interactions correspondant à la situation.
- a) Donner** les caractéristiques du poids \vec{P} de la patineuse.
b) Déterminer les caractéristiques de la force \vec{R} exercé par la glace sur la patineuse.
- On modélise la patineuse par un point S . **Schématiser** les forces appliquées sur ce système.



Exercice 5

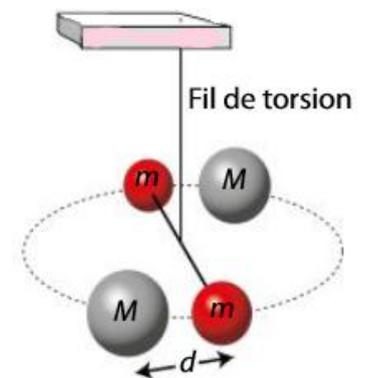
À la fin du XVII^e siècle, Henry Cavendish a pesé la Terre.

Deux petites sphères de masse $m = 730$ g sont maintenues par une tige horizontale. Cette tige est suspendue à un fil métallique appelé fil de torsion.

Deux grosses sphères de masse $M = 158$ kg sont approchées des petites sphères.

Les forces d'attraction exercées par les grosses sphères sur les petites provoquent la torsion du fil. L'angle dont le fil se tord permet de calculer la valeur des forces d'attraction entre les sphères.

Pour une distance $d = 22,5$ cm entre les centres d'une grosse sphère et d'une petite sphère, Cavendish a calculé la valeur de la force entre ces sphères et a obtenu $F = 1,54 \times 10^{-7}$ N.



- Reproduire** le schéma en vue de dessus et **représenter**, sans souci d'échelle, la force d'interaction gravitationnelle exercée par une grosse sphère sur la petite sphère la plus proche.
- Donner** l'expression de cette force, F .
- En déduire** l'expression de la constante universelle de gravitation G en fonction de m , M , d et F .
- Calculer** G et **comparer** sa valeur à celle retenue aujourd'hui : $6,674 \times 10^{-11}$ N.m².kg⁻².

- Une mesure de la valeur du poids de la sphère de masse m a donnée $P = 7,24 \text{ N}$. En utilisant la valeur de G déterminée précédemment, **calculer** la masse de la Terre.
- Comparer** cette valeur à celle actuellement admise : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Exercice 6

Un acrobate se tient en équilibre au sol en reposant sur une seule de ses mains.

- À quelles actions l'acrobate est-il soumis ? Les **représenter** sur un diagramme objets-interactions.
- Calculer** la valeur P du poids de cet acrobate et représenter \vec{P} en utilisant l'échelle $1 \text{ cm} \leftrightarrow 200 \text{ N}$.
- Donner** l'expression vectorielle de la force gravitationnelle $\vec{F}_{Terre/acrobate}$ exercée par la Terre sur l'acrobate.
- Calculer** sa valeur $F_{Terre/acrobate}$.
- Comparer** les deux valeurs P et $F_{Terre/acrobate}$.
- Quelle force l'acrobate exerce-t-il sur la Terre ?
- Quelle force le sol exerce-t-il sur l'acrobate ?
- Représenter** la force modélisant l'action du sol sur l'acrobate.



Données :

- Sur la Terre $g = 9,8 \text{ N.kg}^{-1}$
- $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$
- Masse de la Terre : $m_T = 6,0 \times 10^{24} \text{ kg}$

- Masse de l'acrobate $m_{acrobate} = 72 \text{ kg}$
- Rayon de la Terre : $R_T = 6,4 \times 10^3 \text{ km}$

Résolution de problème

Lundi 26 novembre 2018, l'atterrisseur InSight a pénétré dans l'atmosphère de Mars. Pour lui permettre de toucher le sol martien en douceur après une phase de ralentissement, sur les derniers mètres de descente, le propulseur doit compenser la force d'interaction gravitationnelle que Mars exerce sur lui. La masse de l'atterrisseur vide est égale à 358 kg. Il contient en outre 50 kg d'équipement embarqué.

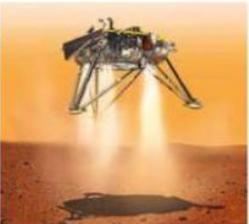


FIGURE 1 – Mission Insight

Masse m_M	$6,42 \times 10^{23} \text{ kg}$
Période de révolution autour du Soleil T_M	687 jours
Rayon R_M	$3,4 \times 10^3 \text{ km}$

FIGURE 2 – Planète Mars

À partir des documents **répondre** à la problématique suivante :

Quelles devaient être les caractéristiques de la force exercée par le propulseur d'InSight au moment de son atterrissage sur Mars ?

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