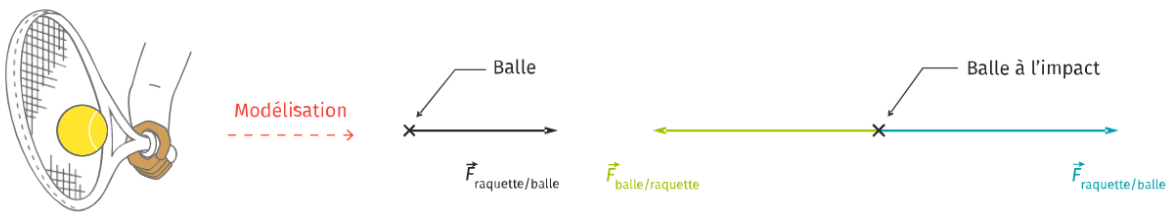
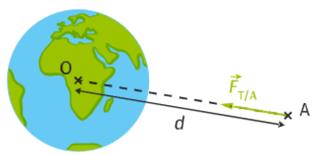
Force - Actions réciproques

Correction des exercices

Bilan

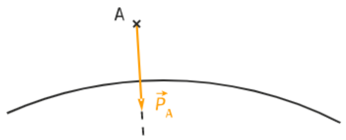
Voir les schémas de la page bilan, à retrouver page 225 du manuel élève : [LLS.fr/PC2P225](LLS.fr/PC2P225).





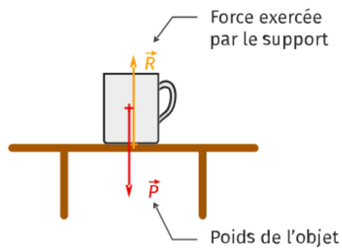
La force d'interaction gravitationnelle :

$$F_{\text{Terre/A}} = G \cdot \frac{m_T \cdot m_A}{d^2}$$



Le poids (près de la surface de la Terre) :

$$P_A = m_A \cdot g$$



Résultante des forces F exercées par un support :

$$R = P$$

pour un objet immobile, soumis à $\vec{R}$ et $\vec{P}$ uniquement.

QCM

1. Actions mécaniques et forces

1. Pour représenter une force, il suffit de connaître : **C.** tous ces éléments à la fois.
2. Une voiture tire une remorque. L'action que la voiture exerce sur la remorque : **B.** est une action de contact.
3. Un objet A exerce une force sur une objet B. La valeur de la force qu'exerce l'objet B sur l'objet A est : **B.** égale à celle qu'exerce l'objet A sur l'objet B.
4. Le principe des actions réciproques peut se formuler sous la forme :

   A. $\vec{F}_{\text{A/B}} = -\vec{F}_{\text{B/A}}$.

2. Exemples de forces caractéristiques

1. Le vecteur $\vec{P}$ d'un objet de masse m : **B.** est vertical et dirigé vers le bas.

2. La valeur de la force d'interaction gravitationnelle exercée par un objet A sur un objet B est

A. $F_{\mathrm{A/B}} = G \cdot \dfrac{m_{\mathrm{A}} \cdot m_{\mathrm{B}}}{d^2}$

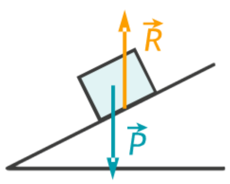
3. Quelle grandeur ne varie pas pour un corps quel que soit l'endroit où il se trouve ?

B. sa masse m.

4. Un *smartphone* est posé sur une table horizontale. La force qu'exerce la table sur celui-ci est appelée : **C.** réaction du support.

5. La force exercée par la table sur le téléphone de la question **4.** : **B.** compense exactement le poids.

6. Un objet est immobile dans une pente. Quel tracé des forces qui s'exercent sur celui-ci est le bon ?

B. 

10. Modéliser une force par un vecteur

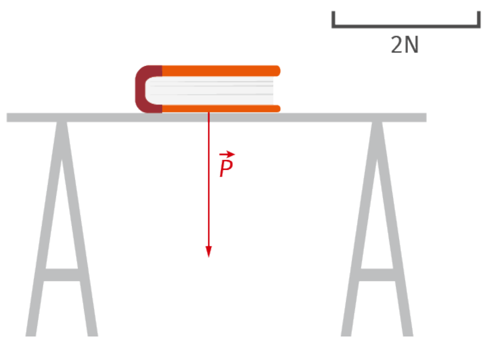
1. Deux forces s'exercent sur l'ouvrage de Léa : le poids $\overrightarrow{P}$ et la force $\overrightarrow{R}$ exercée par le support (ici, la table).

Le poids $\overrightarrow{P}$ a pour caractéristiques :

- ➔ valeur : $P = m \cdot g = 600 \times 10^{-3} \times 9,81 = 5,89$ N ;
- ➔ direction : verticale ;
- ➔ sens : du haut vers le bas.

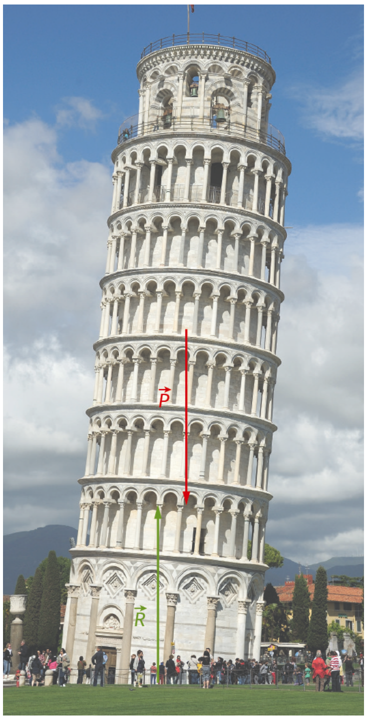
Comme le livre est immobile, $\overrightarrow{R}$ compense exactement $\overrightarrow{P}$. Ainsi, la force $\overrightarrow{R}$ a pour caractéristiques :

- ➔ valeur : $R = P = 5,89$ N ;
- ➔ direction : verticale ;
- ➔ sens : du bas vers le haut.

2. 

12. La tour de Pise

1. Deux forces s'exercent sur la tour de Pise : le poids $\overrightarrow{P}$ et la force $\overrightarrow{R}$ exercée par le support (ici, le sol).

2. 

3. Hormis les normes, le poids $\overrightarrow{P}$ admet les caractéristiques suivantes :

- ➔ direction : verticale ;
- ➔ sens : du haut vers le bas.

Quant à la force $\overrightarrow{R}$, ses caractéristiques sont :

- ➔ direction : verticale ;
- ➔ sens : du bas vers le haut.

13. Connaître la formule de la force d'interaction gravitationnelle

1. Entre deux objets A et B de masses respectives m_{A} et m_{B} distants de d, s'exerce une force F, exprimée en Newton (N) dont la valeur est : $F = G \cdot \dfrac{m_{\text{A}} \cdot m_{\text{B}}}{d^2}$, avec m_{A} et m_{B} exprimées en kilogramme (kg), d exprimée en mètre (m) et $G = 6,67 \times 10^{-11}$ N·m²·kg⁻².

2. Dans le cas du Soleil et de Jupiter, $F = G \cdot \dfrac{m_{\text{Jupiter}} \cdot m_{\text{Soleil}}}{d^2}$.

L'application numérique donne :

$$F = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{1,90 \times 10^{27} \times 1,99 \times 10^{30}}{(7,79 \times 10^8 \times 10^3)^2} = 4,16 \times 10^{23} \text{ N}.$$

14. Faire le lien entre poids et force d'interaction gravitationnelle

1. En première approximation, à la surface de la Terre, la force d'attraction gravitationnelle $\overrightarrow{F}$ exercée par la Terre sur le corps de masse m et le poids $\overrightarrow{P}$ de ce corps sont deux forces égales : $\overrightarrow{P} \simeq \overrightarrow{F}$.

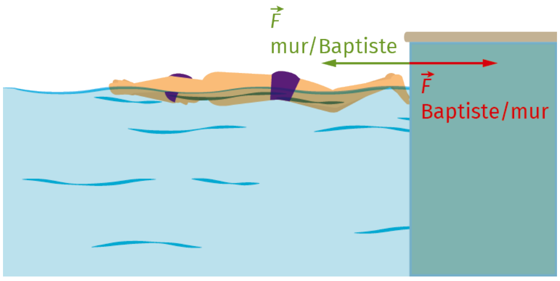
Ainsi, comme la distance entre le corps et le centre de la Terre est égale à $R_{\text{Terre}} + h$, on obtient : $m \cdot g = G \cdot \dfrac{m \cdot m_{\text{Terre}}}{(R_{\text{Terre}} + h)^2}$, soit $g = G \cdot \dfrac{m_{\text{Terre}}}{(R_{\text{Terre}} + h)^2}$.

2. On utilise l'expression littérale de g obtenue à la question précédente pour déterminer sa valeur numérique à 12 000 mètres d'altitude. L'application numérique donne :

$$g = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,97 \times 10^{24}}{(6,371 \times 10^3 \times 10^3 + 12000)^2} = 9,77 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

16. Utiliser le principe des actions réciproques

◆ La troisième loi de Newton (également appelée principe des actions réciproques) s'énonce comme suit : lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\overrightarrow{F}_{\text{A/B}}$, alors B exerce sur A une force $\overrightarrow{F}_{\text{B/A}}$ telle que : $\overrightarrow{F}_{\text{B/A}} = -\overrightarrow{F}_{\text{A/B}}$.
Dans la situation considérée, en poussant sur le mur avec ses pieds, Baptiste exerce une action (de contact) sur le mur, que l'on peut modéliser par une force $\overrightarrow{F}_{\text{Baptiste/mur}}$. D'après la troisième loi de Newton, le mur exerce sur Baptiste une force $\overrightarrow{F}_{\text{mur/Baptiste}}$ de même intensité. C'est cette force qui permet à Baptiste d'effectuer son demi-tour plus facilement.



17. Le poids sur Terre et sur la Lune

1. Par définition, $P = m \cdot g$.

2. En isolant m, on obtient $m = \dfrac{P}{g}$.

3. L'équipement de l'astronaute a un poids de 687 N sur Terre. Ainsi, on peut calculer m en utilisant la formule de l'expression précédente dans laquelle on remplace g par g_{T}.
L'application numérique donne : $m = \dfrac{687}{9,81} = 70,0 \text{ kg}$.

4. Pour calculer le poids de l'équipement sur la Lune, on utilise cette fois l'expression de la question 1 en remplaçant g par g_{L} : $P_{\text{L}} = m \cdot g_{\text{L}} = 70,0 \times 1,62 = 113$ N.
5. La force musculaire que peut développer l'astronaute étant inchangée sur la Lune et sur Terre, il lui sera plus facile de transporter son équipement là où le poids de ce dernier est le plus faible, à savoir sur la Lune (113 N $= P_{\text{L}} < P_{\text{L}} = 687$ N).

17. Le poids sur Terre et sur la Lune

1. Par définition, $P = m \cdot g$.

2. En isolant m, on obtient $m = \frac{P}{g}$.

3. L'équipement de l'astronaute a un poids de 687 N sur Terre. Ainsi, on peut calculer m en utilisant la formule de l'expression précédente dans laquelle on remplace g par g_{T}.

L'application numérique donne : $m = \frac{687}{9,81} = 70,0\,\mathrm{kg}$.

4. Pour calculer le poids de l'équipement sur la Lune, on utilise cette fois l'expression de la question 1 en remplaçant g par g_{L} : $P_{\mathrm{L}} = m \cdot g_{\mathrm{L}} = 70,0 \times 1,62 = 113$ N.

5. La force musculaire que peut développer l'astronaute étant inchangée sur la Lune et sur Terre, il lui sera plus facile de transporter son équipement là où le poids de ce dernier est le plus faible, à savoir sur la Lune (113 N $= P_{\mathrm{L}} < P_{\mathrm{L}} = 687$ N).

18. Le poids sur Terre et sur Mars

1. Le poids P_{M} du spationaute sur Mars est égal, par définition, au produit de la masse m du spationaute par l'intensité de pesanteur g_{M} à la surface de Mars : $P_{\mathrm{M}} = m \cdot g_{\mathrm{M}}$.
Or, la masse du spationaute peut être déterminée en utilisant la donnée de la valeur P_{T} de son poids sur Terre. Comme $P_{\mathrm{T}} = m \cdot g_{\mathrm{T}}$ (où g_{T} est l'intensité de la pesanteur à la surface terrestre), alors $m = \frac{P_{\mathrm{T}}}{g_{\mathrm{T}}}$.

Ainsi, on obtient : $P_{\mathrm{M}} = \frac{P_{\mathrm{T}}}{g_{\mathrm{T}}} \cdot g_{\mathrm{M}}$, soit $P_{\mathrm{M}} = P_{\mathrm{T}} \frac{g_{\mathrm{M}}}{g_{\mathrm{T}}}$. L'application numérique donne le poids sur Mars suivant : $P_{\mathrm{M}} = 736 \times \frac{3,71}{9,81} = 278\,\mathrm{N}$.

2. Le poids plus faible sur Mars que sur Terre s'explique par le fait que l'intensité de pesanteur sur Mars est plus faible que sur Terre. Le spationaute se sentira donc plus léger sur Mars.

22. De l'équateur au Népal

1. On suppose que la masse de la Terre est concentrée en son centre. Alors, pour un corps de masse m situé à une distance d du centre de la Terre (de masse m_{T}), la valeur de la force de gravitation $\vec{F}$ s'écrit : $F = G \cdot \frac{m \cdot m_{\mathrm{T}}}{d^2}$.

On peut ainsi exprimer la distance d en fonction des autres paramètres : $d = \sqrt{G \cdot \frac{m \cdot m_{\mathrm{T}}}{F}}$.

Or, à la surface de la Terre, $\vec{P} \simeq \vec{F}$. Ainsi :

$$d_{\mathrm{Ch}} = \sqrt{G \cdot \frac{m \cdot m_{\mathrm{T}}}{P_{\mathrm{Ch}}}} = \sqrt{6,6741 \times 10^{-11} \times \frac{1,000 \times 5,9736 \times 10^{24}}{9,778}}$$

$d_{\mathrm{Ch}} = 6,385 \times 10^6$ m.
De la même manière, l'application numérique donne $d_{\mathrm{Ev}} = 6,383 \times 10^6$ m.

2. On constate que le sommet qui est le plus haut en altitude (l'Everest) n'est pas celui qui est le plus distant du centre de la Terre.
Ce résultat est contre-intuitif et donne à voir le caractère non rigoureusement sphérique de la Terre. Son centre de masse ne coïncide pas avec celui de la sphère par laquelle on modélise souvent le globe terrestre.

25. Impesanteur

1. Un objet de masse m subit, à proximité de la Terre, une force dite « de pesanteur » exercée par la Terre. Cette force est également appelée poids et est dû à l'interaction gravitationnelle entre la Terre et l'objet considéré. À proximité de la surface terrestre, on peut approximer le poids $\overrightarrow{P}$ par la force d'attraction gravitationnelle $\overrightarrow{F}_{\mathrm{Terre/objet}}$ exercée par la terre sur l'objet considéré : $\overrightarrow{P} \simeq \overrightarrow{F}_{\mathrm{Terre/objet}}$.
Dans cette situation, la distance entre l'ISS et le centre de la Terre est égale à $R_{\mathrm{Terre}} + h$ et est trop grande devant R_{Terre} pour pouvoir considérer que l'on se situe à proximité de la surface terrestre. Le poids $\overrightarrow{P}$ a la valeur suivante : $P = m \cdot g_{\mathrm{ISS}}$, où g_{ISS} désigne le champ de pesanteur au sein de l'ISS. On obtient : $m \cdot g_{\mathrm{ISS}} = G \cdot \dfrac{m \cdot m_{\mathrm{Terre}}}{(R_{\mathrm{Terre}} + h)^2}$, soit $g_{\mathrm{ISS}} = G \cdot \dfrac{m_{\mathrm{Terre}}}{(R_{\mathrm{Terre}} + h)^2}$.

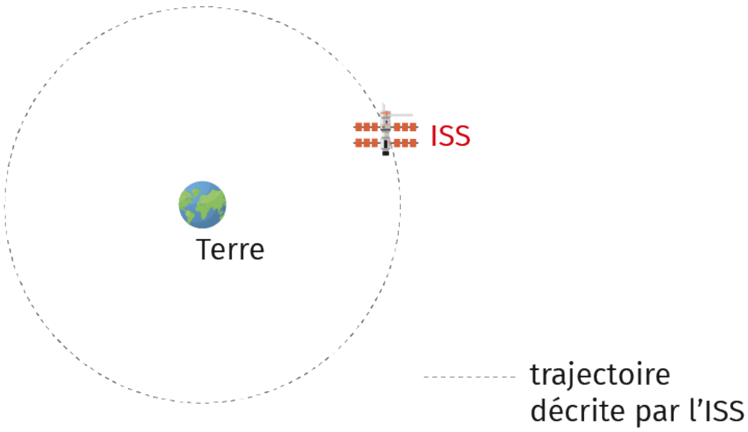
2. a. Application numérique :

$$g_{\mathrm{ISS}} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,97 \times 10^{24}}{(6,37 \times 10^3 \times 10^3 + 3,70 \times 10^2 \times 10^3)^2} = 8,77\,\mathrm{N \cdot kg^{-1}}.$$

On constate que cette valeur est plus faible que g. Cela est cohérent car la force d'attraction gravitationnelle diminue avec la distance entre les deux corps considérés, ce qui correspond à une diminution du poids lorsque la distance par rapport au centre de la Terre augmente.

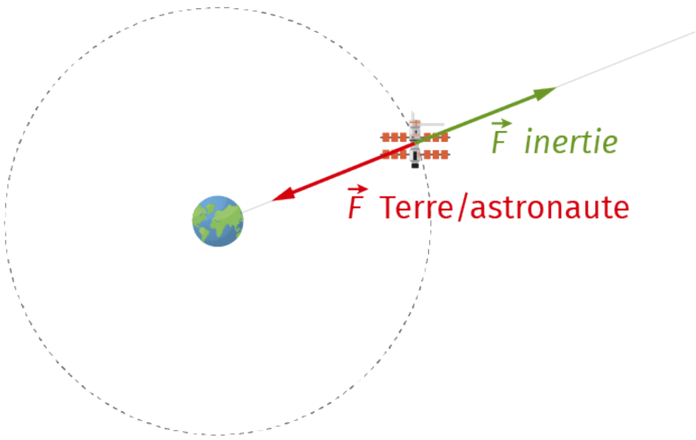
2. b. Il est tout à fait incorrect d'affirmer que les spationautes ne sont plus soumis à la force de gravité au sein de l'ISS, comme le montre le calcul précédent. Elle est d'ailleurs encore assez élevée en norme.

3. L'ISS étant « en orbite circulaire autour de la Terre à une vitesse constante », elle décrit un mouvement circulaire uniforme.



4. La force $\overrightarrow{F}$ qui s'exerce sur un spationaute de masse m dans l'ISS a pour caractéristiques :

➔ direction : la droite joignant le centre de la Terre au spationaute ;
➔ sens : de la Terre vers le spationaute ;
➔ valeur : $F = m \cdot \dfrac{v^2}{R_{\text{Terre}} + h}$.



5.

6. Application numérique :
➔ $P = m \cdot g_{\text{ISS}} = 80 \times 8,77 = 7,0 \times 10^2$ N.
➔ $F = 80 \times \dfrac{\left(2,76 \times 10^4 \times \dfrac{1000}{3600}\right)^2}{6,37 \times 10^3 \times 10^3 + 3,70 \times 10^2 \times 10^3} = 7,0 \times 10^2\ \text{N}.$

On constate que les valeurs de ces deux forces sont égales.

7. Dans le référentiel de l'ISS, les deux forces s'appliquant sur le spationaute ont la même direction, la même valeur mais des sens opposés. La force d'inertie d'entraînement $\overrightarrow{F}$ compense donc exactement le poids $\overrightarrow{P}$. C'est pour cette raison que le spationaute semble flotter dans l'ISS.

Remarque : ◆ La Lune est soumise à la force d'attraction gravitationnelle de la Terre. Dans le référentiel géocentrique, on peut considérer qu'il s'agit là de l'**unique force à laquelle la Lune est soumise**. On pourrait donc penser, dans un premier temps, que cette force devrait inexorablement provoquer l'écrasement de la Lune sur la Terre. Or, ce n'est pas le cas, la Lune est en orbite autour de la Terre.

Si la Lune ne s'écrase pas sur la Terre, cela est dû à sa vitesse. Ce paramètre physique a une valeur suffisamment élevée pour empêcher la Lune de se rapprocher de la Terre. À chaque instant, la Terre modifie la direction de la trajectoire de la Lune (elle la courbe) mais la norme de sa vitesse reste, elle, constante.