2nde - C10 - A02 : Forces s'exerçant sur un système

Documentaire

Objectifs : Modéliser l'action d'un système extérieur par une force. Identifier le poids, la réaction d'un support et la tension d'un fil. Utiliser l'expression de la force gravitationnelle et du poids.

Documents

Document 1 : Faire le bilan des forces s'exerçant sur un système

Dans l'activité 1, on a étudié *les deux actions* d'une interaction. Ici, on étudie *un seul système* et on ne s'intéresse qu'aux forces qui s'exercent **sur lui**.

1. Choisir et nommer le **système** étudié.
2. Faire son diagramme système-interactions : *chaque double flèche correspond à une force exercée sur le système*.
3. Modéliser le système par un **point** : toutes les forces s'exerçant sur lui ont ce point pour origine (quelle que soit leur nature). On ne représente **pas** les forces exercées *par* le système sur les autres.

La force exercée par le système extérieur E sur le système S se note $\overrightarrow{F_{E/S}}$.

Document 2 : Trois forces particulières

- Le **poids** $\vec{P}$: force exercée par la Terre sur un système situé près de sa surface.
- La **réaction d'un support** $\vec{R}$: force exercée par un support (table, tabouret, sol, neige…) sur le système qu'il porte.
- La **tension d'un fil** $\vec{T}$: force exercée par un fil ou une corde sur le système auquel il est accroché.

Document 3 : L'interaction gravitationnelle

Au XVIIe siècle, Isaac Newton énonce que *deux corps quelconques s'attirent mutuellement*. Pour deux corps A et B de masses m_A et m_B dont les centres sont séparés d'une distance d, la force exercée par A sur B est dirigée de B vers A et a pour valeur

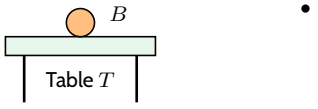
$$F_{A/B} = G \times \frac{m_A \times m_B}{d^2}$$

Pour un système proche de la surface d'un astre, la distance d est le rayon R de l'astre.
Données : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N{\cdot}m^2{\cdot}kg^{-2}}$; Terre : $m_T = 5{,}97 \times 10^{24}\ \mathrm{kg}$, $R_T = 6{,}38 \times 10^{6}\ \mathrm{m}$, $g_T = 9{,}81\ \mathrm{N{\cdot}kg^{-1}}$; Lune : $m_L = 7{,}35 \times 10^{22}\ \mathrm{kg}$, $R_L = 1{,}74 \times 10^{6}\ \mathrm{m}$, $g_L = 1{,}62\ \mathrm{N{\cdot}kg^{-1}}$.
Lors de la mission Apollo 11, les astronautes ont rapporté sur Terre une roche lunaire de masse $m = 22\ \mathrm{kg}$. Sur la Lune, cette roche avait un poids six fois plus faible que sur la Terre.

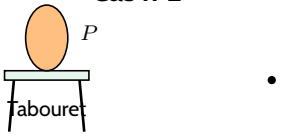
Partie A – Bilan des forces sur un système

Quatre situations sont étudiées. Dans chaque cas, le système est modélisé par le point de droite.

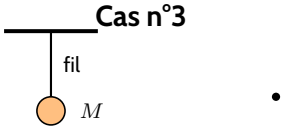
Cas n°1



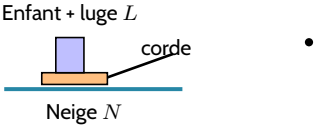
Cas n°2



Cas n°3



Cas n°4



A1. Pour chaque cas, **nommer** le système étudié et **lister** les systèmes extérieurs qui interagissent avec lui. *(doc. 1)*

A2. Pour chaque cas, **représenter** sur le point du schéma les forces s'exerçant sur le système, sans souci d'échelle, et **nommer** chacune sous la forme $\overrightarrow{F_{E/S}}$. *(doc. 1)*

A3. À l'aide du document 2, **compléter** le tableau avec les noms des forces de vos schémas (la case reste vide si la force n'existe pas).

Cas n°	**1**	**2**	**3**	**4**
Poids $\vec{P}$				
Réaction $\vec{R}$				
Tension $\vec{T}$				

A4. **Déduire** du tableau et des schémas la direction, le sens et, si possible, la valeur des trois forces particulières.

	Direction	**Sens**	**Valeur**
Poids $\vec{P}$			
Réaction $\vec{R}$			
Tension $\vec{T}$			

Partie B – Ne pas confondre !

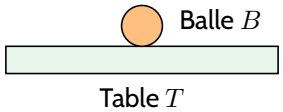
On reprend la balle B immobile posée sur la table T. Quatre forces interviennent dans cette situation : $\overrightarrow{F_{\text{Terre}/B}}$, $\overrightarrow{F_{B/\text{Terre}}}$, $\overrightarrow{F_{T/B}}$ et $\overrightarrow{F_{B/T}}$.

B1. Associer par paires les forces qui forment des **actions réciproques** (activité 1).

B2. Parmi ces quatre forces, lesquelles s'exercent *sur la balle* ? Ce sont celles que l'on représente dans le bilan des forces de la partie A.

B3. Le poids $\vec{P}$ et la réaction $\vec{R}$ de la balle forment-ils une paire d'actions réciproques ? Justifier à l'aide des systèmes sur lesquels ils s'exercent.

B4. La balle est immobile et n'est soumise qu'à $\vec{P}$ et $\vec{R}$. Comparer la direction, le sens et la valeur de $\vec{P}$ et de $\vec{R}$. Écrire la relation entre ces deux vecteurs.





Partie C – Poids et interaction gravitationnelle

On considère la roche lunaire de masse $m = 22\ \text{kg}$ située à la surface de la Terre. *(doc. 3)*

C1. **Calculer** la valeur $F_{T/r}$ de la force exercée par la Terre sur la roche, puis la valeur $F_{r/T}$ de la force exercée par la roche sur la Terre. **Justifier** la seconde valeur.

C2. **Représenter** ces deux forces sur un schéma (la roche étant posée sur le sol) sans souci d'échelle, puis **calculer** le poids $P = m \times g_T$ de la roche.

C3. **Comparer** P et $F_{T/r}$. **Conclure** : que représente le poids d'un objet ?

C4. **Calculer** de même la force $F_{L/r}$ exercée par la Lune sur la roche posée à sa surface, puis le poids $P_L = m \times g_L$. **Vérifier** l'affirmation du document 3 (poids six fois plus faible sur la Lune).

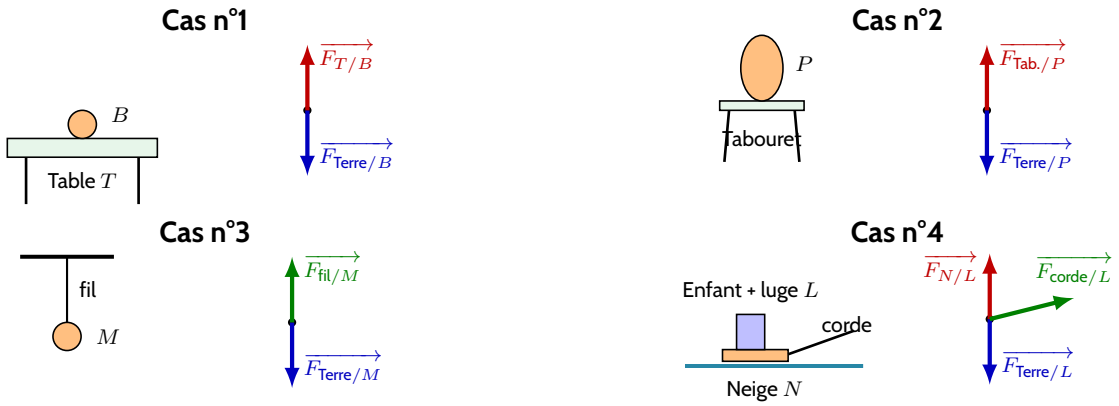
C5. **Rédiger** une explication : pourquoi le poids d'un objet dépend-il de l'astre sur lequel il se trouve alors que sa masse reste la même ?

Correction

Partie A

A1. Cas 1 : système balle B ; extérieurs : Terre (distance), table (contact). Cas 2 : système personne P ; extérieurs : Terre, tabouret. Cas 3 : système masse M ; extérieurs : Terre, fil. Cas 4 : système {enfant + luge} L ; extérieurs : Terre, neige, corde. *[1 pt]*

A2. Schémas attendus (flèches bleues : poids ; rouges : réaction ; vertes : tension) :



Pour les cas 1 à 3, le système est immobile : les deux forces ont la même longueur. Dans le cas 4 (enfant + luge tirés à vitesse constante), la corde tire vers l'avant avec une petite inclinaison.

A3.

Cas n°	1	2	3	4
Poids $\vec{P}$	$\overrightarrow{F_{\text{Terre}/B}}$	$\overrightarrow{F_{\text{Terre}/P}}$	$\overrightarrow{F_{\text{Terre}/M}}$	$\overrightarrow{F_{\text{Terre}/L}}$
Réaction $\vec{R}$	$\overrightarrow{F_{T/B}}$	$\overrightarrow{F_{\text{Tab.}/P}}$	—	$\overrightarrow{F_{N/L}}$
Tension $\vec{T}$	—	—	$\overrightarrow{F_{\text{fil}/M}}$	$\overrightarrow{F_{\text{corde}/L}}$

A4.

	Direction	Sens	Valeur
Poids $\vec{P}$	verticale	vers le bas (centre de la Terre)	$P = m \times g$
Réaction $\vec{R}$	perpendiculaire au support (verticale ici)	vers le haut (du support vers le système)	dépend des autres forces ; $R = P$ si système immobile soumis à $\vec{P}$ et $\vec{R}$ seulement
Tension $\vec{T}$	celle du fil	du système vers le fil	dépend des autres forces

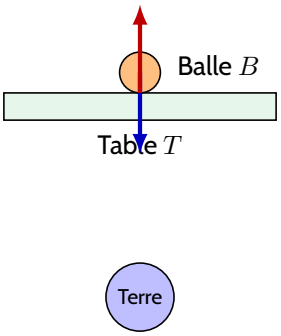
Partie B

B1. Paires : $\{\overrightarrow{F_{\text{Terre}/B}}\ ;\ \overrightarrow{F_{B/\text{Terre}}}\}$ et $\{\overrightarrow{F_{T/B}}\ ;\ \overrightarrow{F_{B/T}}\}$.

B2. Les forces s'exerçant *sur la balle* sont $\overrightarrow{F_{\text{Terre}/B}}$ (poids) et $\overrightarrow{F_{T/B}}$ (réaction) ; $\overrightarrow{F_{B/\text{Terre}}}$ et $\overrightarrow{F_{B/T}}$ s'exercent sur la Terre et la table.

B3. Non : le poids ($\overrightarrow{F_{\text{Terre}/B}}$) et la réaction ($\overrightarrow{F_{T/B}}$) s'exercent *tous deux sur la balle*, alors que deux actions réciproques s'exercent sur deux systèmes différents. Le partenaire du poids est $\overrightarrow{F_{B/\text{Terre}}}$ (exercée sur la Terre).

B4. Même direction (verticale), sens opposés, même valeur : $R = P$ et $\vec{R} = -\vec{P}$ (balle immobile soumise à ces deux forces seulement).



Seules les deux forces s'exerçant sur la balle sont représentées ; leurs partenaires s'exercent sur la Terre et la table.

Partie C

C1. $F_{T/r} = G \times \dfrac{m_T \times m}{R_T^2} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \dfrac{5{,}97 \times 10^{24} \times 22}{(6{,}38 \times 10^6)^2} = 2{,}2 \times 10^2$ N (0,5 pt). D'après le principe des actions réciproques, $F_{r/T} = F_{T/r} = 2{,}2 \times 10^2$ N (0,5 pt).

C2. La force $\overrightarrow{F_{T/r}}$ est verticale, dirigée vers le centre de la Terre ; $\overrightarrow{F_{r/T}}$ est de même direction, de sens opposé (vers la roche). $P = 22 \times 9{,}81 = 2{,}2 \times 10^2$ N.

C3. $P \approx F_{T/r}$: même direction, même sens, même valeur. Le poids est la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur l'objet.

C4. $F_{L/r} = 6{,}67 \times 10^{-11} \times \dfrac{7{,}35 \times 10^{22} \times 22}{(1{,}74 \times 10^6)^2} = 36$ N et $P_L = 22 \times 1{,}62 = 36$ N. Rapport : $\dfrac{2{,}2 \times 10^2}{36} \approx 6$: vérifié.

C5. La masse de l'objet est constante, mais la force gravitationnelle dépend de la masse M et du rayon R de l'astre ($g = GM/R^2$) : $g_T = 9{,}81$ N·kg^{-1} et $g_L = 1{,}62$ N·kg^{-1}, donc le poids est plus faible sur la Lune.