THÈME 2 : MOUVEMENT ET INTERACTIONS

CHAPITRE 2.2 :

MODÉLISATION D'UNE ACTION SUR UN SYSTÈME

Pierre-André LABOLLE

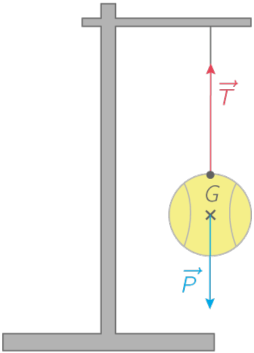
Lycée International des Pontonniers

Mai 2022

I. Interactions et forces

❶ Actions et forces

- Lorsque le système étudié est impliqué dans une interaction avec un autre système, il subit une **action** de la part de ce système.
- Cette action peut, par exemple, déformer le système, mettre en mouvement le système initialement immobile, modifier le mouvement du système (modification de la valeur de la vitesse, de la direction du vecteur vitesse ou des deux à la fois).
- Cette action est modélisée par une **force**, représentée par un **vecteur** qui a : une **direction**, un **sens**, une **norme** (exprimée en newtons de symbole N) et un **point d'application**.



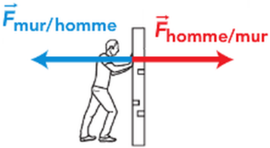
Dans cet exemple, $\overrightarrow{T}$ est la tension du fil : c'est la force exercée par le fil sur la balle de tennis. Sa direction est verticale, son sens vers le haut, sa norme vaut $0,57\ \mathrm{N}$ (nous verrons plus tard comment la calculer) et son point d'application est le point d'attache du fil sur la balle (c'est l'endroit où s'exerce l'action mécanique du fil).

$\overrightarrow{P}$ est le poids de la balle, c'est-à-dire la force exercée par la Terre sur la balle. Sa direction est verticale, son sens vers le bas, son point d'application est le centre de gravité de la balle et sa norme vaut $P = m \times g = 0,57\ \mathrm{N}$.

I. Interactions et forces

❷ Principe des actions réciproques

- À toute interaction entre deux systèmes correspondent deux actions et donc deux forces.
- Les vecteurs représentant ces forces ont la **même direction**, la **même norme** mais des **sens opposés**.
- C'est ce que l'on appelle le **principe des actions réciproques**.



Dans cet exemple, l'homme s'appuie sur le mur. Il exerce donc une force horizontale **sur le mur**, orientée de gauche à droite et de norme F. En "réponse" à cette action de la part de l'homme, le mur exerce **sur l'homme** une force horizontale, orientée de droite à gauche et de même norme F.

II. Poids et force d'attraction gravitationnelle

❶ Différence entre poids et masse

- La **masse** m d'un objet est liée à la quantité de matière que contient cet objet. Cette masse a donc la **même valeur** quel que soit l'endroit où se situe l'objet (sur Terre, sur la Lune, dans l'espace, etc).
- Le **poids** $\overrightarrow{P}$, quant à lui, correspond à la force qu'un astre (planète par exemple) exerce sur les objets se trouvant à sa surface. Ainsi, le poids d'un objet **dépend de l'endroit** où l'on se trouve.
- Le poids et la masse sont **proportionnels** et liés, à la surface d'un astre, par la relation $\boxed{P = m \times g_{\text{astre}}}$
- g_{astre} est appelée **intensité de la pesanteur** à la surface de l'astre.
- Les caractéristiques du poids sont : direction verticale, sens vers le bas, point d'application au centre de gravité du système et norme $P = m \times g$.

- Exemple :

  Calcul du poids sur Terre d'une boule de bowling de masse $m = 3,1$ kg sachant que l'intensité de la pesanteur sur Terre vaut $g_{\text{Terre}} = 9,81\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$:
  $P_{\text{Terre}} = m \times g_{\text{Terre}} = 3,1 \times 9,81 = 30\ \text{N}$

  Calcul du poids sur la Lune de la même boule de bowling sachant que l'intensité de la pesanteur sur la Lune vaut $g_{\text{Lune}} = 1,62\ \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$:
  $P_{\text{Lune}} = m \times g_{\text{Lune}} = 3,1 \times 1,62 = 5,0\ \text{N}$

II. Poids et force d'attraction gravitationnelle

❷ Force d'interaction gravitationnelle

- Soient deux corps A et B de masses respectives m_A et m_B, dont les centres sont séparés par une distance d.
- D'après les lois de la gravitation, ces deux corps exercent l'un sur l'autre des actions mécaniques réciproques attractives modélisées par des forces appelées **forces d'attraction gravitationnelles**.
- Ces forces ont la même direction et la même intensité (ou norme) telle que

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

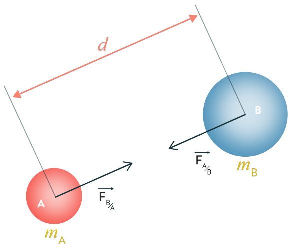
➠ G est la constante de gravitation universelle et vaut $G = 6,67 \times 10^{-11}\ \mathrm{N} \cdot \mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{kg}^{-2}$

➠ Les masses m_A et m_B sont exprimées en kg

➠ La distance d est exprimée en m

➠ L'intensité de la force F s'exprime en newtons (N)

	$\overrightarrow{F_{A/B}}$	$\overrightarrow{F_{B/A}}$
Direction	Droite (AB)	Droite (AB)
Sens	De B vers A	De A vers B
Valeur	$F_{A/B} = F$	$F_{B/A} = F$



II. Poids et force d'attraction gravitationnelle

❸ Poids d'un objet au voisinage d'un astre

- En première approximation, le poids $\overrightarrow{P}$ est assimilé à la force d'interaction gravitationnelle qui s'exerce sur un objet de masse m situé à la surface de l'astre.
- Soit M_{astre} la masse de l'astre. Comme l'objet est à sa surface, la distance d est égale au rayon de l'astre que nous noterons R_{astre}.
- On obtient ainsi $P_{\text{astre}} = G \times \dfrac{m \times M_{\text{astre}}}{R^2_{\text{astre}}} = m \times \left(G \times \dfrac{M_{\text{astre}}}{R^2_{\text{astre}}} \right)$
- Par analogie avec la relation $P_{\text{astre}} = m \times g_{\text{astre}}$, on voit que $g_{\text{astre}} = G \times \dfrac{M_{\text{astre}}}{R^2_{\text{astre}}}$
- Les caractéristiques du vecteur poids $\overrightarrow{P}$ sont : direction verticale, sens vers le bas, point d'application au centre de gravité du système et norme $P = m \times g$.

- Exemple :

  Calcul de l'intensité de la pesanteur sur Terre :

  $$g_T = G \times \frac{M_T}{R_T^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,98 \times 10^{24}}{(6380 \times 10^3)^2} = 9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

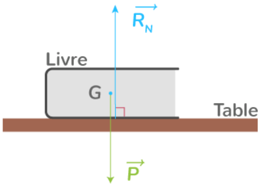
  Calcul de l'intensité de la pesanteur sur la Lune :

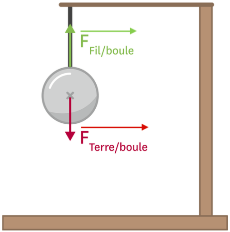
  $$g_L = G \times \frac{M_L}{R_L^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{7,24 \times 10^{22}}{(1740 \times 10^3)^2} = 1,6 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

III. Principe d'inertie

❶ Forces qui se compensent

- Des **forces qui se compensent** sont des actions mécaniques dont les effets s'annulent les uns les autres.
- Quelques exemples de forces qui se compensent :

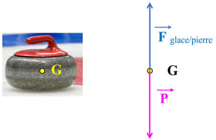




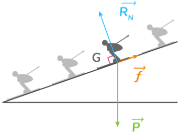
III. Principe d'inertie

❷ Principe d'inertie

- **Si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, alors le système est immobile <u>ou</u> en mouvement rectiligne uniforme.**
- **Inversement, si un système est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces auxquelles il est soumis se compensent.**
- **Ceci peut se résumer par** $\boxed{\Sigma\overrightarrow{F_{\text{ext}}} = \overrightarrow{0} \Leftrightarrow \overrightarrow{v} \text{ est un vecteur constant}}$, **autrement dit, il n'y a pas de variation du vecteur vitesse**
- <u>Exemples</u> :



Une pierre de curling qui glisse sur la glace est soumise à son poids qui est compensé par la réaction normale de la glace. La pierre avance donc en ligne droite et à vitesse constante sur la glace.



Un skieur descend une pente enneigée en ligne droite à vitesse constante. On en déduit que les forces auxquelles le skieur est soumis (poids, réaction normale de la neige, frottements) se compensent.

EXERCICES :

Tester les connaissances : P201 et P219

S'exercer : PP202-209 n°21, 26, 32, 46, 49

S'entraîner : PP220-227 n°17, 27, 33