

Chapitre 10 : Modéliser une action mécanique sur un système

Cours

1. Les forces

a. Action mécanique

Sur la figure 1, un individu tire un chariot avec une corde. L'action mécanique peut être modélisée par un vecteur force $\vec{F}_{\text{fil/chariot}}$:

- point d'application : I
- direction : droite contenant le fil tendu
- sens : du chariot vers l'individu
- valeur : $F_{\text{fil/chariot}}$ en newtons (N)

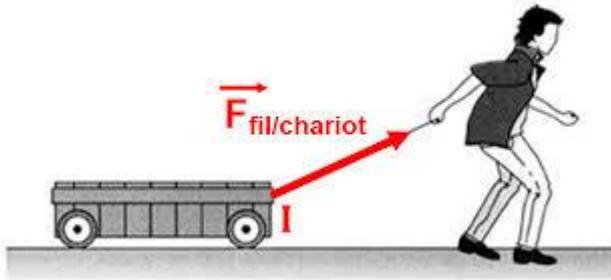


Figure 1

Ci-dessous (figure 2) le cas général.

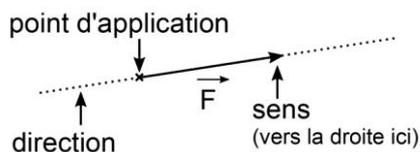


Figure 2

Remarques

-Le newton correspond à 100 g avec le sens suivant : Pour empêcher une masse de 100 g de tomber, il faut lui opposer une force \vec{F} verticale, vers le haut et dont la valeur est $F \cong 1,0 \text{ N}$.

-La valeur d'une force se mesure avec un dynamomètre représenté sur la figure 3.



Figure 3

Ci-dessous une vidéo sur la modélisation d'une force par un vecteur :

<https://youtu.be/9f6Py5Dhgxl>

b. Diagramme objets-interactions

Sur la figure 4 ci-dessous, une bille est posée sur le sol.

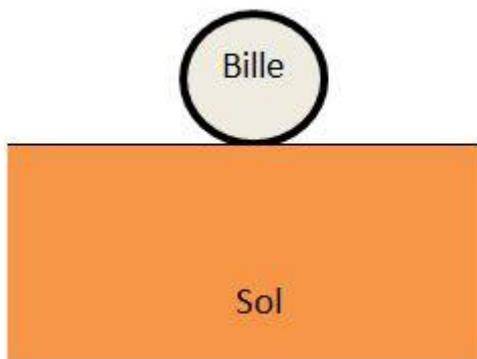


Figure 4

Le système {bille} est en interaction de contact avec le sol et en interaction à distance avec la Terre, responsable du poids de la bille. Le diagramme objets-interactions de la situation est représenté sur la figure 5 ci-dessous.

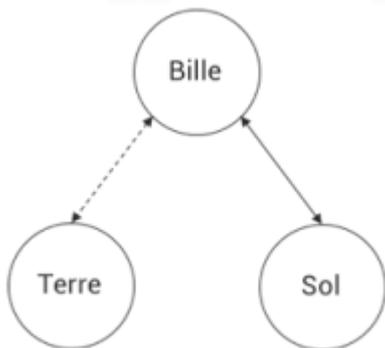


Figure 5

Application

Faire le diagramme objets-interactions correspondant à la situation suivante (figure 6).

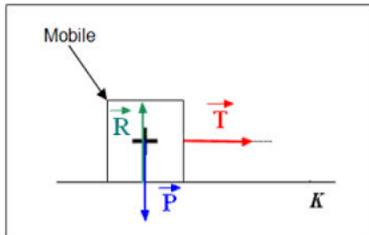


Figure 6

La réponse se trouve sur la figure 7.

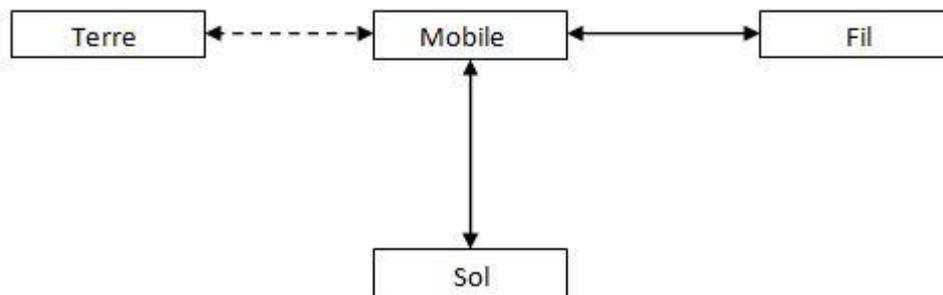


Figure 7

Ci-dessous deux vidéos sur le diagramme objet-interactions :

<https://youtu.be/YyiUr2p6rNE>

<https://youtu.be/MAasyzKnS5w>

c. Principe de l'action et de la réaction

Si un système {A} exerce la force $\vec{F}_{A/B}$ sur le système {B} alors le système {B} exerce la force $\vec{F}_{B/A}$ sur le système {A}. Les deux forces sont opposées :

$$\vec{F}_{B/A} = - \vec{F}_{A/B} \text{ ou bien } \vec{F}_{A/B} + \vec{F}_{B/A} = \vec{0}.$$

Voir quelques exemples sur la figure 8.

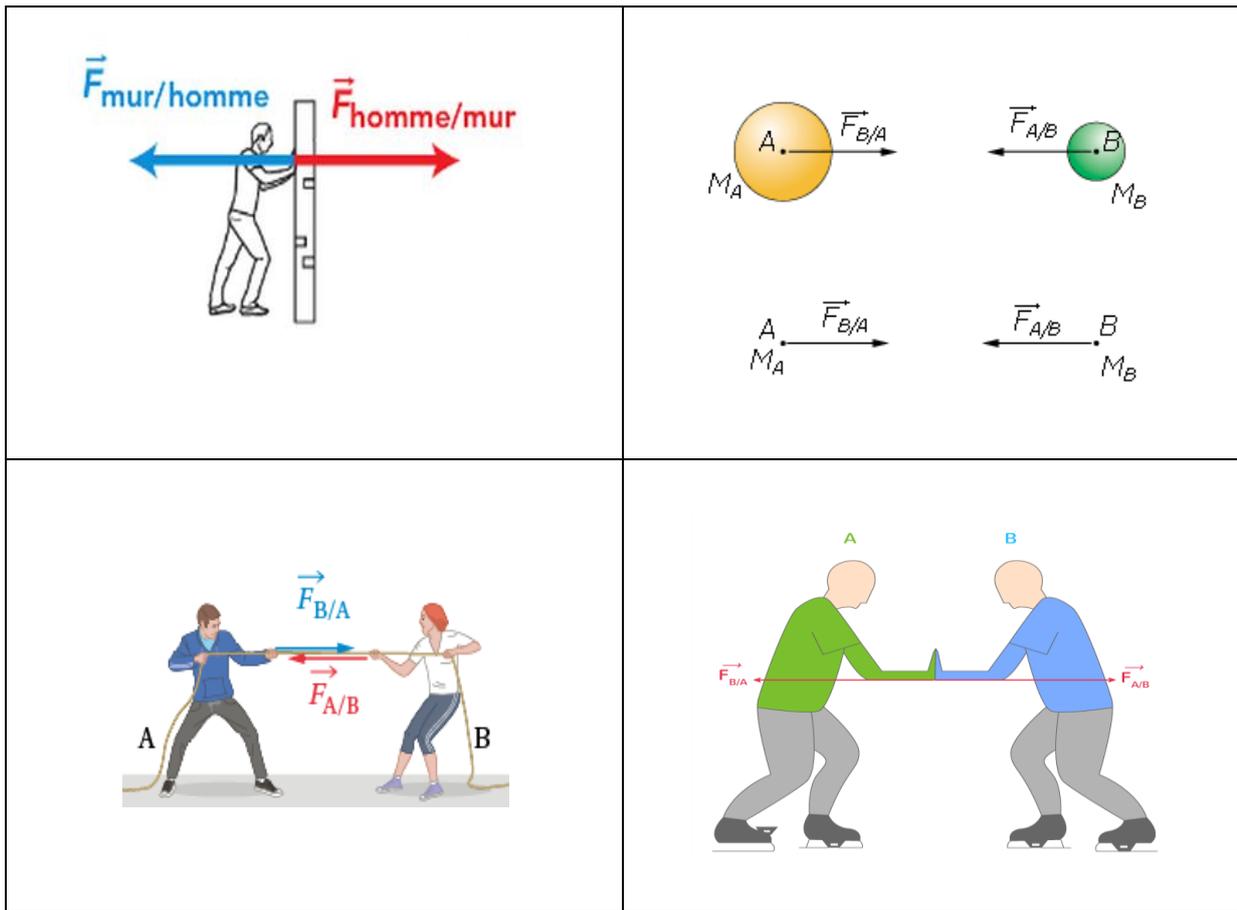


Figure 8

Remarque

Le principe de l'action et de la réaction est aussi appelé principe des actions réciproques.

d. Addition de forces

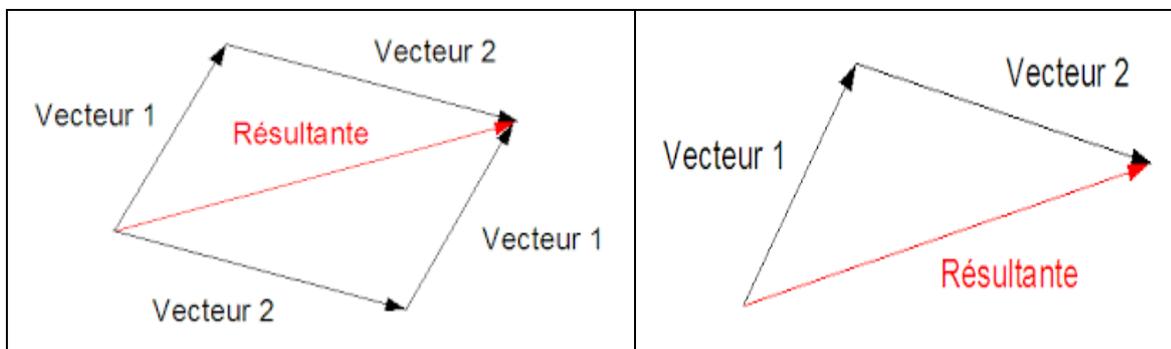


Figure 9

Application

On considère deux forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 , perpendiculaires, appliquées à un même système. Quelle est la valeur de la force \vec{F} remplaçant ces deux forces ?

Données

$$F_1 = 3,0 \text{ N} \quad F_2 = 4,0 \text{ N}$$

Par définition $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$, sachant que les deux forces sont perpendiculaires, on peut utiliser le théorème de Pythagore :

$$\begin{aligned} F &= \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \\ &= \sqrt{3,0^2 + 4,0^2} \end{aligned}$$

$$F = \underline{5,0 \text{ N}}$$

2. Les différentes forces au programme

a. Force gravitationnelle de Newton

Pour expliquer le mouvement de la lune autour de la Terre ainsi que le mouvement des planètes autour du soleil, Isaac Newton postule l'existence (en 1687) d'une force d'attraction entre tous les corps massifs. Il formule cette loi d'attraction sous la forme suivante :

Tous les corps matériels s'attirent mutuellement avec une force inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare, et proportionnelle à leurs masses respectives. La situation est représentée sur la figure 10.

La loi de Newton s'écrit avec les notations modernes :

$$F_g = \frac{G m_A m_B}{d^2}$$

F_g : valeur de la force de gravitation (N)

G : constante de gravitation universelle ($\text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$)

m_A, m_B : masses (kg)

d : distance entre les masses (m)

La constante de la gravitation universelle est $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$.

F_g est une notation simplifiée pour la valeur des forces de gravitation $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ soit

$$F_g = F_{A/B} = F_{B/A} .$$

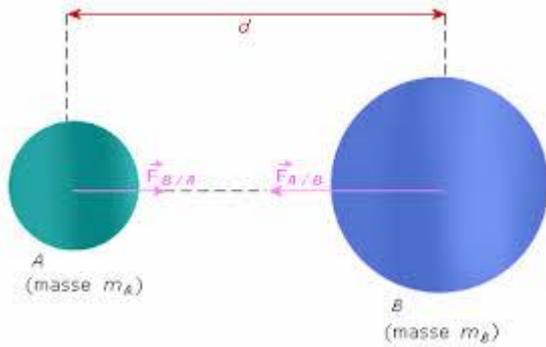


Figure 10

Sur la figure 10, on observe une masse m_A au point A et une masse m_B au point B, séparées par la distance d , alors la force exercée par m_A sur m_B , notée \vec{F}_g ou $\vec{F}_{A/B}$ est donnée par l'expression vectorielle :

$$\vec{F}_g = - G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB} .$$

Le vecteur $\vec{u}_{A \rightarrow B}$ est colinéaire et de même sens que \vec{AB} , il est unitaire (valeur 1). En permutant A et B dans l'expression de $\vec{F}_{A/B}$, on retrouve bien le principe de l'action et de la réaction :

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

Application

Jupiter est la plus grosse et la plus massive des planètes du système solaire. Sa masse est $M_J = 1,90.10^{27}$ kg. Exprimer puis calculer la valeur de la force F_g exercée par le soleil sur Jupiter.

Données

$$G = 6,67.10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{kg}^{-2}$$

$$M_S = 1,99.10^{30} \text{ kg}$$

$$d_{JS} = 7,79.10^8 \text{ km}$$

Appliquons la loi de gravitation de Newton

$$\begin{aligned} F_g &= \frac{G M_S M_J}{d_{JS}^2} \\ &= \frac{6,67.10^{-11} \times 1,99.10^{30} \times 1,90.10^{27}}{(7,79.10^8.10^3)^2} \end{aligned}$$

$$F_g = \underline{4,16.10^{23} \text{ N.}}$$

b. Poids d'un objet

Au voisinage du sol (figure 11) on peut assimiler la valeur de la force de gravitation exercée par la Terre sur un objet de masse m à la valeur du poids de l'objet défini par

$$P = m g$$

P : valeur du poids (N)

m : masse (kg)

g : intensité de la pesanteur (N/kg)

L'égalité des deux valeurs des forces citées permet d'écrire

$$m g = \frac{G M_T m}{R_T^2}$$

Par simplification par la masse m on obtient l'intensité de la pesanteur au niveau du sol :

$$g = \frac{G M_T}{R_T^2}$$

Application

Sachant que $M_T = 6,0 \cdot 10^{24}$ kg et $R_T = 6,4 \cdot 10^6$ m déterminer l'intensité de la pesanteur au niveau du sol.

$$g = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \times 6,0 \cdot 10^{24}}{(6,4 \cdot 10^6)^2}$$

$$g = \underline{9,8 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}}.$$

Il ne faut pas oublier que le poids est une force \vec{P} ; la relation de proportionnalité entre le vecteur poids et la masse s'écrit donc :

$$\vec{P} = m \vec{g}$$

\vec{P} : poids

m : masse

\vec{g} : champ de pesanteur

Remarque

- La valeur du champ de pesanteur est notée g ; Il s'agit de l'intensité de la pesanteur.
- Le mot valeur s'impose par rapport au mot intensité dans le contexte des vecteurs.
- $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$ au niveau du sol.
- g diminue si l'altitude augmente.

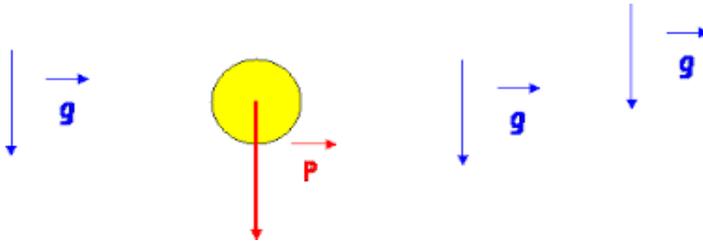


Figure 11

c. Force exercée par un support ou un fil

Support horizontal sans frottements

Un objet est posé sur une table horizontale (voir figure 12). La table exerce une force de réaction \vec{R}_n opposée au poids \vec{P}

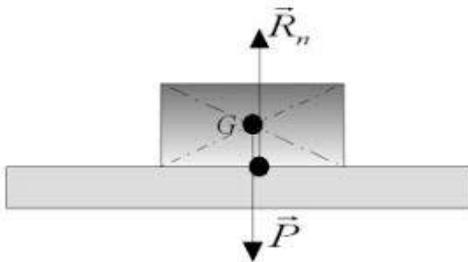


Figure 12

Support horizontal avec frottements

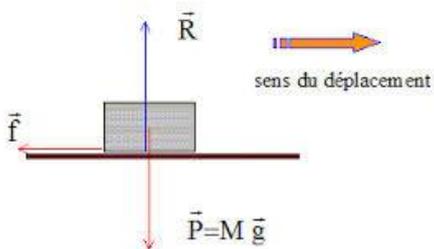


Figure 13

Support incliné sans frottements

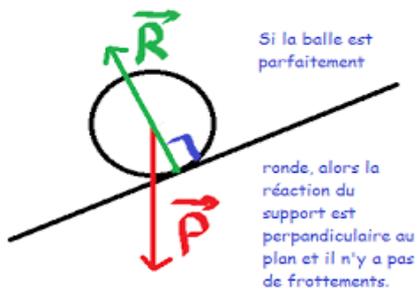


Figure 14

Support incliné avec frottements

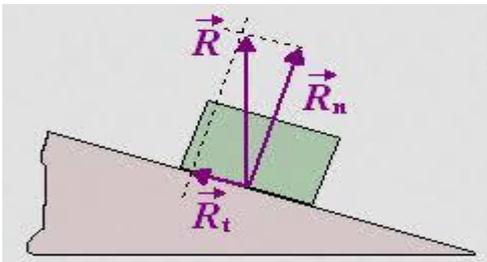


Figure 15

Fil tendu

Sur les trois situations de la figure ci-après un fil tendu exerce une force \vec{T} (comme tension) sur un objet.

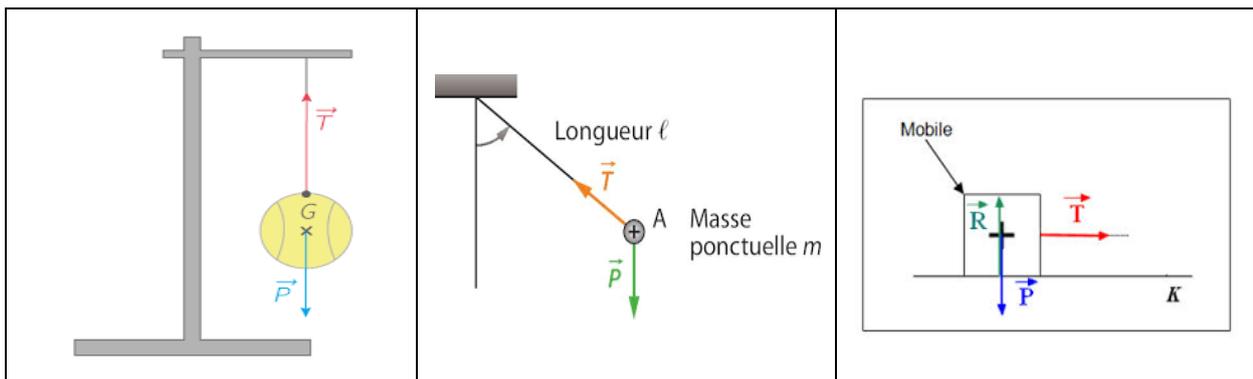


Figure 16

Exercices

N°	8	page	178
N°	10	page	179
N°	12	page	179
N°	14	page	179
N°	16	page	179
N°	18	page	179
N°	19	page	180
N°	22	page	180
N°	24	page	181
N°	25	page	181
N°	26	page	181