

Fiche de cours

Modéliser une action : forces

L'essentiel du chapitre en deux pages

définitions · lois · méthodes · à savoir par cœur

1 ACTIONS MÉCANIQUES

Définition. Une **action mécanique** exercée sur un système peut le mettre en mouvement, modifier son mouvement ou le déformer.

Propriété. On classe les actions mécaniques en actions **de contact** (l'objet qui agit touche le système : elles sont *localisées* ou *réparties*) et actions **à distance** (gravitation, aimant, électrisation : elles sont toujours réparties).

Méthode — diagramme objet-interaction. entourer le système étudié, placer autour de lui tous les objets qui agissent sur lui, puis relier chacun au système par un trait *plein* (contact) ou en *pointillés* (à distance).

2 MODÉLISER UNE ACTION PAR UNE FORCE

Définition. Une action mécanique exercée par un objet A sur un système B est modélisée par une **force**, notée $\vec{F}_{A/B}$ et représentée par une flèche. Ses **quatre caractéristiques** sont le **point d'application** (là où s'exerce l'action), la **direction** (la droite d'action : verticale, horizontale, droite des centres...), le **sens** (l'orientation de la flèche sur cette droite) et la **valeur** (ou norme), en **newtons** (N), mesurée avec un dynamomètre.

Méthode — représenter une force. choisir une *échelle des forces* (par exemple 1 cm pour 20 N), calculer la longueur de la flèche, puis la tracer à partir du point d'application. L'échelle doit être indiquée sur le schéma.

3 PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES

Théorème — troisième loi de Newton. Si un corps A exerce sur un corps B la force $\vec{F}_{A/B}$, alors B exerce sur A la force $\vec{F}_{B/A}$ telle que

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

Ces deux forces ont la *même droite d'action* et la *même valeur*, mais des *sens opposés*. Elles s'exercent sur *deux corps différents* : elles ne se compensent donc jamais et ne figurent jamais ensemble parmi les forces subies par un même système.

Remarque. Ce principe est vrai que les corps soient immobiles ou en mouvement, en contact ou à distance.

4 L'INTERACTION GRAVITATIONNELLE

Propriété — loi de la gravitation universelle. Deux corps A et B, de masses m_A et m_B , dont les centres sont séparés de la distance d , s'attirent mutuellement avec des forces de même valeur

$$F = G \frac{m_A m_B}{d^2} \quad \text{avec} \quad G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2},$$

m_A et m_B en kg, d en m, F en N. Cette force est *toujours attractive* et dirigée selon la **droite des centres** ; son point d'application est le centre du corps qui la subit. Écriture vectorielle : $\vec{F}_{A/B} = -G \frac{m_A m_B}{d^2} \vec{u}_{AB}$, où $\vec{u}_{AB}$ est le vecteur de valeur 1 dirigé de A vers B.

✖ ATTENTION — Distance entre les centres

Dans $F = G m_A m_B / d^2$, la distance d sépare les *centres* des deux corps : pour un objet posé au sol, d vaut le *rayon* de l'astre, et non zéro.

5 LE POIDS

Définition. Le **poids** $\vec{P}$ d'un corps est la force exercée sur lui par l'astre voisin, assimilée à la force d'attraction gravitationnelle de cet astre. Il est *vertical*, dirigé *vers le bas*, appliqué au **centre de gravité** du corps, et de valeur

$$P = m \times g \quad (m \text{ en kg, } g \text{ en } \text{N} \cdot \text{kg}^{-1}, P \text{ en N}).$$

Propriété. g est l'**intensité de la pesanteur** ; à la surface d'un astre de masse M et de rayon R , la comparaison avec la loi de la gravitation donne $g = \frac{G M}{R^2}$.

■ DONNÉES — Valeurs à connaître

- $g_{\text{Terre}} = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $g_{\text{Lune}} = 1,6 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $g_{\text{Mars}} = 3,7 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.
- Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$, $R_T = 6\,371 \text{ km}$ • Lune : $M_L = 7,35 \times 10^{22} \text{ kg}$, $R_L = 1\,737 \text{ km}$ • distance Terre-Lune : $3,84 \times 10^5 \text{ km}$.

Remarque. La **masse** se mesure en kilogrammes et ne change pas d'un lieu à l'autre ; le **poids** se mesure en newtons et dépend de l'astre.

6 AUTRES FORCES USUELLES

Définition. La **réaction du support** $\vec{R}$ modélise l'action du support sur l'objet posé. En l'absence de frottement, elle est *perpendiculaire* au support.

Définition. La **tension d'un fil** $\vec{T}$ modélise l'action du fil sur l'objet suspendu : elle est dirigée *selon le fil*, du corps vers le point d'attache.

Remarque. Un fluide exerce aussi des actions : frottements de l'air, poussée de l'eau. On les néglige lorsque l'énoncé le précise.

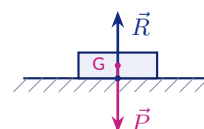


Figure 1 — Livre posé sur une table : diagramme objet-interaction ; $\vec{P}$ en G, $\vec{R}$ au contact.

7 SAVOIR-FAIRE DU CHAPITRE

► SAVOIR-FAIRE

- Recenser les actions mécaniques subies par un système, les classer et construire son diagramme objet-interaction.
- Donner les quatre caractéristiques d'une force et la représenter par une flèche à l'échelle.
- Appliquer le principe des actions réciproques et identifier les deux corps concernés.
- Calculer la valeur d'une force d'interaction gravitationnelle et la représenter sur un schéma.
- Calculer un poids, comparer les poids d'un même corps sur deux astres, et relier g à G , M et R .
- Représenter qualitativement la réaction d'un support ou la tension d'un fil.

8 EXEMPLES TYPES

★ EXEMPLE — poids sur la Terre et sur la Lune

Un astronaute de masse $m = 65 \text{ kg}$ a pour poids sur Terre $P = 65 \times 9,8 = 6,4 \times 10^2 \text{ N}$ et sur la Lune $P' = 65 \times 1,6 = 1,0 \times 10^2 \text{ N}$. Sa *masse* reste 65 kg : elle ne dépend pas de l'astre.

★ EXEMPLE — force gravitationnelle Terre-Lune

$$F = G \frac{M_T M_L}{d^2} = 6,67 \times 10^{-11} \times \frac{5,97 \times 10^{24} \times 7,35 \times 10^{22}}{(3,84 \times 10^8)^2} = 1,98 \times 10^{20} \text{ N}.$$
 La Lune attire la Terre avec une force de même valeur et de sens opposé.

★ EXEMPLE — retrouver l'intensité de la pesanteur

À la surface de la Terre, $g = \frac{G M_T}{R_T^2} = \frac{6,67 \times 10^{-11} \times 5,97 \times 10^{24}}{(6,371 \times 10^6)^2} = 9,81 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$, soit $9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ à 2 chiffres.

✗ PIÈGES

- Confondre masse et poids : la masse est en kilogrammes, le poids est une force, en newtons.
- Utiliser la distance entre les *surfaces* dans $F = G m_A m_B / d^2$: d sépare les *centres*, en mètres.
- Représenter $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ sur le même objet : elles s'appliquent à deux corps différents.
- Tracer une force sans indiquer l'échelle, ou en partant d'un point autre que le point d'application.