

P4 – Forces

Principe d'inertie

Livre p. 190

TP P8 - Forces et principe d'inertie

I. Forces

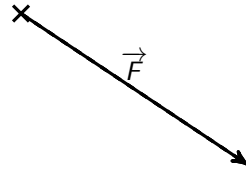
1. Vecteurs

Les corps interagissent entre eux par l'intermédiaire d'action mécaniques.

Les actions mécaniques sont modélisés par des forces qui sont représentées par des vecteurs.

Les forces ont quatre caractéristiques :

- un point d'application
- une direction
- un sens
- une valeur (norme).



Remarques

- Une force peut se mesurer avec un dynamomètre en Newton (N).
- On note F la valeur de la force : $F = \|\vec{F}\|$.
- Pour représenter un vecteur force, on utilise une échelle, ex : 1 cm pour 1 N.
- On note $F_{A/B}$ la force exercée par le corps A sur le corps B.

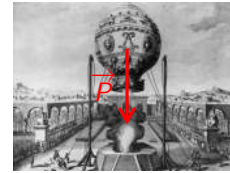
Ex. 19 p. 202 – Utiliser une échelle

2. Exemples de forces



Tension d'un fil

- point d'application : point d'attache
- direction : câble
- sens : mouvement
- valeur : T



Réaction d'un support

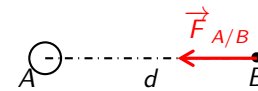
- point d'application : point de contact
- direction : verticale
- sens : vers le haut
- valeur : $R = P$ (opposée au poids)

Poids d'un corps

- point d'application : centre d'inertie
- direction : verticale
- sens : vers le bas
- valeur : $P = mg$

Force d'interaction gravitationnelle entre deux corps massif A et B

- point d'application : B
- direction : (AB)
- sens : de B vers A
- valeur : $F_{A/B} = \mathcal{G} \frac{m_A m_B}{d^2}$

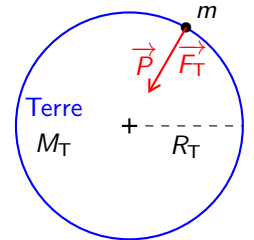


Remarque

Le poids est la force d'interaction gravitationnelle exercée par un astre sur un corps à sa surface. Soit un corps de masse m à la surface de la Terre :

$$P = F_T = \mathcal{G} \frac{M_T m}{R_T^2}$$

$$P = mg \quad \text{avec} \quad g = \mathcal{G} \frac{M_T}{R_T^2}$$



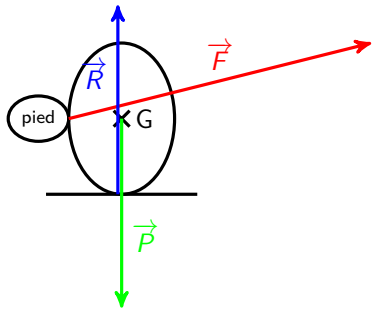
3. Bilan des forces

Pour étudier le mouvement d'un objet on fait le bilan des forces qui s'exercent sur lui :



- $\vec{F}_{\text{pied/ballon}}$: force exercée par le pied sur le ballon
- $\vec{P}_{\text{Terre/ballon}}$: poids du ballon
- $\vec{R}_{\text{sol/ballon}}$: réaction du sol

On schématise le système et on représente les vecteurs forces :



Remarques

- Le poids et la réaction du sol se compensent.
- Les vecteurs \vec{P} et \vec{R} ont la même direction, des sens opposés et la même valeur.

Ex. 17 p. 220 – Somme de forces

II. Force et inertie

1. Observation

Le curling : un sport qui exploite le principe d'inertie.



1. Décrire le mouvement de la pierre lancée par un joueur de curling.
Le mouvement est rectiligne et quasiment uniforme.
2. Quelles forces s'exercent sur la pierre ?
Le poids, la réaction de la glace et les frottements.

3. Quelles sont les caractéristiques du poids et de la réaction ?

Le poids et la réaction de la glace se compensent.

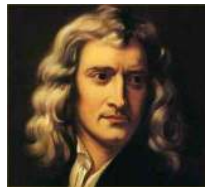
4. Quel serait le mouvement de la pierre si les frottements étaient éliminés et la piste infinie ?

La pierre ne s'arrêterait jamais, elle aurait un mouvement rectiligne uniforme.

2. Principe d'inertie : première loi de Newton

Newton (1686) :

« Tout corps persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent. »



Principe d'inertie

- Si la somme des forces qui s'exercent sur un objet est nulle, alors l'objet est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme.

- Réciproque : si un objet est immobile ou en mouvement rectiligne uniforme alors la somme des forces qui s'exercent sur l'objet est nulle.

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0} \iff \vec{v} \text{ constant}$$

Remarques

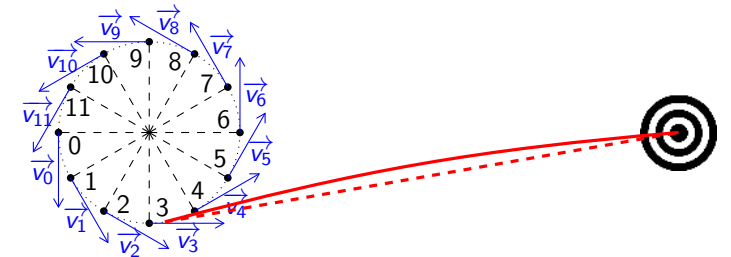
Les objets « résistent » aux changements de trajectoire ou de vitesse : c'est l'inertie. Plus la masse est importante, plus l'inertie est grande.

Ex. 14 p. 220 – Cycliste

3. La fronde



À quel moment faut-il lâcher la fronde pour que la balle atteigne la cible ?



- Avant le lâcher de la fronde, la fronde exerce une force sur la balle et la fait tourner.
- Après le lâcher de la fronde, si on néglige le poids de la balle, d'après le principe d'inertie, le vecteur vitesse de la balle est constant, le mouvement est rectiligne uniforme.
- Avant d'être lâchée, le vecteur vitesse de la balle est tangent à la trajectoire circulaire de la fronde.
- Il faut lâcher la fronde entre les positions 3 et 4.

III. Effets d'une force

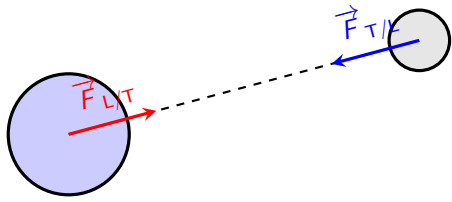
1. Principe des actions réciproques : troisième loi de Newton

Lorsqu'on appuie sur une table, on sent que la table résiste.

Lorsqu'on agit sur un objet, cet objet réagit également sur nous mais de manière opposée.

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

Exemple : forces d'interactions gravitationnelles



Les forces exercées par la Terre sur la Lune $\vec{F}_{T/L}$, et par la Lune sur la Terre $\vec{F}_{L/T}$ sont égales en valeur mais opposées.

Ex. 26 p. 203 – Fusée

2. Effet sur le mouvement

Une force peut avoir différents effets sur un système, elle peut faire varier :

1. le vecteur vitesse,
 - la trajectoire,
 - la vitesse,
2. la forme système.



Déviaton d'un filet d'eau



Paradoxe de l'archer

Ex. 27 p. 222 – Parachutiste

3. Influence de la masse

Exemple

Un automobiliste est en panne, il peut pousser sa voiture.

Un chauffeur de poids-lourd est en panne, il n'essaie pas de pousser son camion !

Conclusion

Plus la masse du système est importante, plus l'effet d'une force sur le système est faible.

Exercices

Ex. 8 p. 201

Deux objets A et B exercent l'un sur l'autre des actions modélisées par deux forces opposées : ▶ S2

- a. uniquement s'ils sont en contact.
- b. uniquement s'ils sont au repos.
- c. s'ils sont en interaction, sans aucune autre condition.

Deux systèmes A et B en interaction exercent l'un sur l'autre des forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ telles que : ▶ S2

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

Sur Terre, où l'intensité de la pesanteur est de $9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$, la masse d'une pierre dont la norme du poids est de $98,1 \text{ N}$ est : ▶ S3

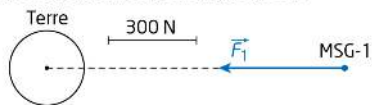
- a. 100 g.
- b. 10,0 kg.
- c. 1,00 kg.

La force modélisant l'action exercée par un mur vertical sur une main immobile en appui sur ce mur : ▶ S3

- a. a une norme égale à celle du poids de la main.
- b. peut être horizontale.
- c. est orientée vers le mur.

Ex. 19 p. 202

Exploiter l'échelle du schéma ci-dessous pour calculer la norme de la force d'interaction F_1 modélisant l'action exercée par la Terre sur le satellite météorologique MSG-1.

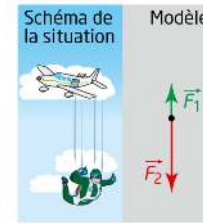


Aide méthodologique

- ▶ Mesurer la norme (en cm) du vecteur représentant la force.
- ▶ Mesurer la longueur (en cm) du segment correspondant à 300 N.
- ▶ Construire un tableau de proportionnalité pour calculer F_1 .

Ex. 21 p. 202

Lors d'un saut, le système constitué du parachutiste et de son équipement est soumis à la force \vec{F}_2 de pesanteur terrestre et à la force \vec{F}_1 exercée par l'air, dont la norme augmente au cours du temps sans dépasser la norme de la force de pesanteur. Le système peut par exemple se retrouver dans la situation schématisée ci-contre.

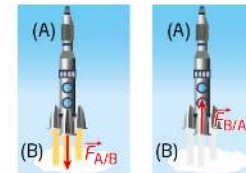


Donnée : $F_1 = 350 \text{ N}$.

- a. Déterminer la norme de la force \vec{F}_2 .
- b. Citer un point commun et trois différences entre les forces représentées sur la figure.

Ex. 26 p. 203

Pour mettre en orbite un satellite, une fusée décolle vers le ciel et des gaz sont projetés vers le bas. Les gaz expulsés par la fusée exercent une action sur la fusée et la fusée exerce aussi une action sur les gaz.



Si on modélise la fusée par un système (A) et les gaz par un système (B), on peut représenter avec la même échelle les forces qui modélisent ces actions (voir figure ci-dessus).

- a. Déterminer le sens et la direction de la force modélisant l'action exercée par les gaz sur la fusée.
- b. Déterminer le sens et la direction de la force modélisant l'action exercée par la fusée sur les gaz.
- c. Comparer les normes des deux forces.

Ex. 45 p. 206

Le 30 juillet 2016, l'Américain Luke Aikins s'est jeté d'un avion à 7 620 m d'altitude pour venir se réceptionner dans un filet de protection de 30 m par 30 m tendu 60 m au-dessus du sol californien, et tout cela sans parachute !



Données :

- constante de gravitation : $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^2$;
- masse d'Aikins avec son équipement $m = 90,7 \text{ kg}$;
- masse de la Terre : $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$;
- rayon de la Terre : $R_T = 6,38 \times 10^3 \text{ km}$;
- $g = 9,78 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ à l'altitude de l'avion.

a. Avec les seules informations ci-dessus, déterminer la norme du poids de Luke Aikins lorsqu'il se situe à l'altitude de son avion (départ du saut) puis au niveau du sol.

b. Comparer qualitativement les valeurs obtenues. L'intensité de la pesanteur a-t-elle varié sensiblement lors de la chute ?

c. Aikins est resté un moment immobile dans le filet de protection. Représenter la force \vec{R} exercée par le filet sur Aikins, sachant que cette force est verticale et que sa norme est égale à $8,9 \times 10^2 \text{ N}$.

Ex. 46 p. 206

Sur les 79 satellites naturels de Jupiter, quatre sont observables avec une simple lunette. Callisto en fait partie et c'est la lune la plus éloignée des quatre.



Données :

- masse de Callisto : $m_c = 1,08 \times 10^{23} \text{ kg}$;
- rayon de Callisto : $R_c = 2410 \text{ km}$;
- distance moyenne entre le centre de Jupiter et le centre de Callisto : $d_{J,c} = 1,9 \times 10^6 \text{ km}$.

a. En utilisant les données de l'exercice et des rabats du manuel, exprimer puis calculer la norme des forces d'interaction gravitationnelle entre Callisto et Jupiter.

b. Préciser les caractéristiques de ces forces puis représenter ces forces sur un schéma en précisant l'échelle utilisée.

c. Exprimer puis calculer la norme du poids d'un objet de masse $m = 10 \text{ kg}$ à la surface de Callisto.

d. Déterminer la masse de cet objet à la surface de la Terre.

e. Calculer la norme du poids de cet objet à la surface de la Terre.

Ex. 14 p. 220

Les points ci-dessous correspondent aux positions successives d'un point matériel modélisant un vélo avançant de la gauche vers la droite. Que peut-on dire des forces qui s'exercent sur le vélo au cours de cette partie de son mouvement ? Justifier la réponse.



Ex. 15 p. 220



Un sous-marin est immobile, en plongée dans l'eau et sans toucher le fond marin.

a. Que peut-on dire des forces modélisant les actions qui s'exercent sur le sous-marin ?

b. Représenter sur un schéma, sans souci d'échelle mais de manière cohérente, les forces qui s'exercent sur le sous-marin, modélisé par un point matériel.

Ex. 17 p. 220

Une bille métallique est accrochée à un fil relié à un support, et un aimant est placé à proximité, comme schématisé ci-dessous. On néglige l'action de l'air sur la bille et les forces modélisant les actions subies par la bille, modélisée par un point matériel, sont représentées ci-dessous avec l'échelle suivante : 1 carreau représente 0,10 N.

La bille peut-elle rester à l'équilibre ? Justifier la réponse.

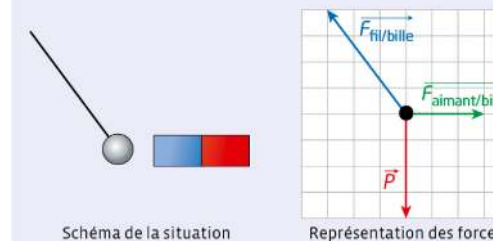


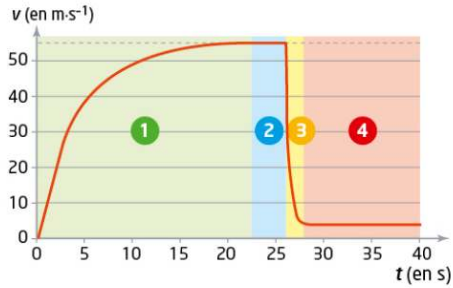
Schéma de la situation

Représentation des forces

Ex. 27 p. 222

On s'intéresse au mouvement d'un parachutiste et de son équipement au cours d'un saut, le parachute étant d'abord fermé, puis ouvert. La chute est supposée verticale, le parachutiste sautant d'un hélicoptère immobile, en vol stationnaire. L'étude se termine avant que le parachutiste n'atteigne le sol.

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la valeur v de la vitesse du parachutiste et on distingue plusieurs phases du mouvement du parachutiste, numérotées de 1 à 4.



a. D'après le graphique, comment évolue la valeur v de la vitesse du parachutiste au cours de la phase 1 ? Caractériser alors le mouvement du parachutiste au cours de cette phase. Est-il soumis à des forces qui se compensent ?

b. De la même manière, caractériser le mouvement du parachutiste au cours des phases 2, 3 et 4, et en déduire si le parachutiste est soumis à des forces qui se compensent.

c. Indiquer au cours de quelles phases la variation $\Delta\vec{v}$ du vecteur vitesse du point matériel qui modélise le parachutiste est non nulle. Justifier la réponse.

Ex. 36 p. 224

Le schéma ci-contre indique les positions successives d'une bille lancée dans une éprouvette contenant un liquide.

Les deux forces exercées sur la bille sont son poids \vec{P} et la force \vec{F} du liquide exercée sur la bille.

a. Indiquer le référentiel d'étude et le système étudié.

b. Caractériser le mouvement de la bille entre la position A_0 et la position A_5 (phase 1), puis entre la position A_5 et la position A_{13} (phase 2).

c. Pour une position de chacune des deux phases, représenter sur un schéma, sans souci d'échelle mais de manière cohérente, la variation $\Delta\vec{v}$ du vecteur vitesse du point matériel qui modélise la bille, puis les deux forces \vec{P} et \vec{F} exercées sur la bille sachant que la direction et le sens de leur somme vectorielle sont les mêmes que ceux du vecteur $\Delta\vec{v}$.

d. En déduire l'évolution de la norme F de la force exercée par le liquide sur la bille lorsque la valeur de sa vitesse augmente.

