

CH P3 - Forces et mouvement

Programme officiel :

Mouvement et interactions

Lors des activités expérimentales, il est possible d'utiliser les outils courants de captation et de traitement d'images mais également les capteurs présents dans les smartphones. L'activité de simulation peut également être mise à profit pour étudier un système en mouvement, ce qui fournit l'occasion de développer des capacités de programmation.

Au-delà des finalités propres à la mécanique, ce domaine permet d'aborder l'évolution temporelle des systèmes, quels qu'ils soient. Ainsi, la mise en place des bilans est-elle un objectif important d'une formation pour et par la physique-chimie, en ce qu'elle construit des compétences directement réutilisables dans d'autres disciplines (économie, écologie, etc.).

Notions abordées au collège (cycle 4)

Vitesse (direction, sens, valeur), mouvements uniformes, rectilignes, circulaires, relativité des mouvements, ...

2. Modéliser une action sur un système

Notions et contenus	Capacités exigibles
Modélisation d'une action par une force.	Modéliser l'action d'un système extérieur sur le système étudié par une force. Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction, un sens.
Principe des actions réciproques (troisième loi de Newton).	Exploiter le principe des actions réciproques.
Caractéristiques d'une force.	Distinguer actions à distance et actions de contact.
Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.	Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues a priori. Utiliser l'expression vectorielle de la force d'interaction gravitationnelle. Utiliser l'expression vectorielle du poids d'un objet, approché par la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur cet objet à la surface d'une planète. Représenter qualitativement la force modélisant l'action d'un support dans des cas simples relevant de la statique.

3. Principe d'inertie

Notions et contenus	Capacités exigibles
Modèle du point matériel. Principe d'inertie. Cas de situations d'immobilité et de mouvements rectilignes uniformes. Cas de la chute libre à une dimension.	Exploiter le principe d'inertie ou sa contraposée pour en déduire des informations soit sur la nature du mouvement d'un système modélisé par un point matériel, soit sur les forces. Relier la variation entre deux instants voisins du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel à l'existence d'actions extérieures modélisées par des forces dont la somme est non nulle, en particulier dans le cas d'un mouvement de chute libre à une dimension (avec ou sans vitesse initiale).

CH P3 - Forces et mouvement

1. Notion de force

1.1. Action de contact et à distance

Une action peut être **de contact** (il y a contact entre l'acteur et le receveur) ou **à distance** (il n'y a pas forcément contact).

Une action peut :

- **déformer** un système,
- **modifier la trajectoire** d'un système,
- **modifier la vitesse** d'un système.

1.2. Caractéristiques d'une force

Une action est modélisée par une force. Une force est représentée par un segment fléché : le **vecteur force**.

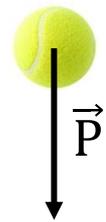
Les caractéristiques du vecteur force \vec{F} sont :

$$\vec{F} \left\{ \begin{array}{l} \text{point d'application : là où s'applique l'action} \\ \text{direction : droite qui "porte" l'action} \\ \text{sens : vers le ... sens du mouvement si cette force est seule à agir} \\ \text{valeur : F en Newton (symbole: N)} \end{array} \right.$$

1.3. Représentation d'une force

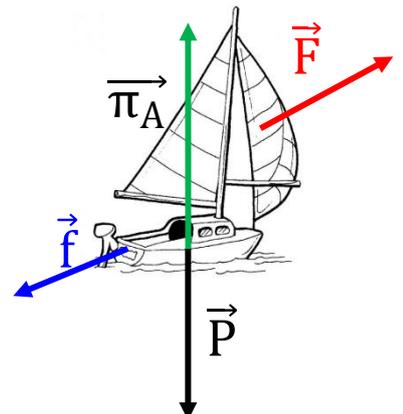
Le vecteur force doit **toujours** être représenté sur le système que l'on étudie.

Exemple : Système : balle
 Référentiel : terrestre
 Situation : la balle est lâchée, elle tombe
 Inventaire des forces : le poids \vec{P}



Si l'action est répartie sur plusieurs points, on simplifie en une force unique.

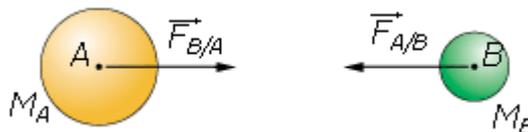
Exemple : Système : bateau
 Référentiel : terrestre
 Situation : le vent souffle sur la voile, le bateau avance
 Inventaire des forces : la force du vent \vec{F}
 le poids \vec{P}
 la poussée d'Archimède $\vec{\pi}_A$
 les forces de frottement \vec{f}



1.4. Principe des actions réciproques

Si un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$ alors le corps B exerce sur A une force $\vec{F}_{B/A}$ de même direction, de même intensité mais de sens opposé :

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



2. Exemples de forces

2.1. L'interaction gravitationnelle

La loi de gravitation énoncée par Isaac Newton en 1687 nous dit que :

Deux corps ponctuels, de masse m_A et m_B , séparés d'une distance d , exercent l'un sur l'autre des forces attractives $\vec{F}_{A \rightarrow B}$ et $\vec{F}_{B \rightarrow A}$, de même direction, de sens opposés et de même valeur :

$$F_{A \rightarrow B} = F_{B \rightarrow A} = G \frac{m_A \cdot m_B}{d^2}$$



Avec :

- $F_{A \rightarrow B}$: valeur de la force exercée par le corps A sur le corps B en **N** (Newton) ;
- $F_{B \rightarrow A}$: valeur de la force exercée par le corps B sur le corps A en **N** (Newton) ;
- G : constante de gravitation universelle : **$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$** ou **$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1}$** ;
- m_A : masse du corps A, en **kg** ;
- m_B : masse du corps B, en **kg** ;
- d : distance entre A et B, en **m**.

2.2. Le poids

Rappels de collège :

Le **poids P** d'un objet est l'attraction exercée par la Terre sur cet objet.

Cette attraction s'exerce **verticalement** et **vers le bas**.

Elle est proportionnelle à la masse de l'objet :

$$P = m \times g$$

P : poids en N m : masse en kg

g : intensité de pesanteur en N / kg

Sur Terre $g \approx 10 \text{ N / kg}$

On représentera donc le poids par une flèche verticale dirigée vers le bas depuis le centre de l'objet.



Lien entre le poids et l'interaction gravitationnelle :

Le poids est en fait le cas particulier de la force d'attraction gravitationnelle appliquée à la surface de la Terre sur un objet.

En effet, en considérant :

- m : la masse d'un objet posé sur la Terre
- $M_T = 5,97 \cdot 10^{24}$ kg : la masse de la Terre
- $R_T = 6\,370$ km : le rayon de la Terre

La force exercée par la Terre sur cet objet est :

$$F = G \frac{m \cdot M_T}{R_T^2} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{m \cdot 5,97 \cdot 10^{24}}{(6370 \cdot 10^3)^2} = 9,81 \cdot m$$

on retrouve l'expression de $P = m \cdot g$ avec $g = 9.81 \text{ N / kg}$ au lieu de 10 N / kg vu au collège.

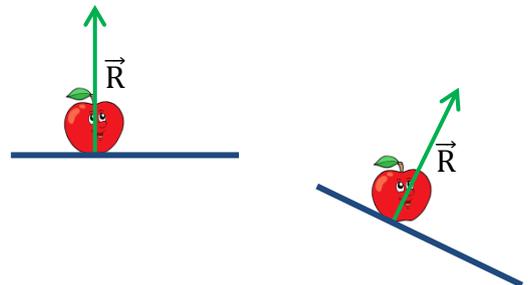
Cas général :

Le poids d'un objet peut donc être assimilé à la force d'interaction gravitationnelle s'exerçant sur l'objet à la surface d'une planète.

2.3. La réaction du support

La réaction d'un support modélise l'action de contact exercée par un support sur le système.

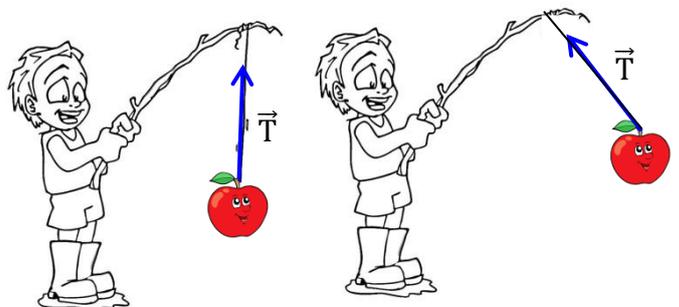
\vec{R} { point d'application : point de contact
direction : perpendiculaire à la surface
sens : du support vers l'objet
valeur : R



2.4. La tension d'un fil

La tension d'un fil modélise l'action de contact d'un fil (d'une corde, d'un câble, ...) sur le système.

\vec{T} { point d'application : point de contact
direction : celle du fil
sens : du point de contact vers le fil
valeur : T



2.5. Autres forces

Il existe encore bien d'autres forces modélisant des actions tels que les frottements, le rappel d'un ressort, l'attraction électrique ou magnétique, la poussée d'Archimède, la pression ...

3. Le principe d'inertie

3.1. Enoncé

« Dans un référentiel Galiléen, un point matériel persévère dans son état de repos ou de mouvement rectiligne uniforme si les forces qui s'exercent sur lui se compensent. »

Un **référentiel Galiléen** est un référentiel dans lequel le principe d'inertie s'applique. Un référentiel terrestre est Galiléen pour une durée assez courte.

Pour simplifier l'étude d'un système on le représente par un **point matériel** auquel on associe une masse m .

L'**état de repos** correspond au fait que le système est immobile.

Le **mouvement rectiligne uniforme** correspond à un mouvement à vitesse constante et en ligne droite.

Des **forces qui se compensent** signifie que la somme vectorielle des forces est égal au vecteur nul :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

3.2. Contraposée

« Dans un référentiel Galiléen, si un point matériel n'est pas au repos et s'il n'est pas en mouvement rectiligne uniforme alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas. »

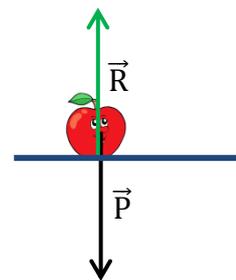
$$\sum \vec{F} \neq \vec{0}$$

3.3. Exemple d'un objet immobile

Considérons une pomme posée sur une table horizontale.

Les forces qui s'appliquent sur la pomme sont :

- le poids \vec{P}
- la réaction de la table \vec{R}



La pomme est immobile donc d'après le principe d'inertie les forces qui s'exercent sur elle se compensent :

$$\sum \vec{F} = \vec{0} \quad \vec{P} + \vec{R} = \vec{0} \quad \text{d'où : } \vec{R} = -\vec{P}$$

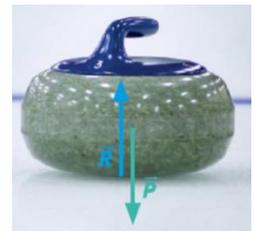
La réaction de la table est donc l'opposée du poids.

3.4. Exemple d'un objet en mouvement rectiligne uniforme

Considérons une pierre de curling lancée vers la cible.

Les forces qui s'appliquent sur la pierre sont :

- le poids \vec{P}
- la réaction de la piste \vec{R}
- les forces de frottements \vec{f} sont négligeables au début du mouvement



doc 2 p 214

La pierre est en mouvement rectiligne uniforme donc d'après le principe d'inertie les forces qui s'exercent sur elle se compensent :

$$\sum \vec{F} = \vec{0}$$

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

$$\text{d'où : } \vec{R} = -\vec{P}$$

La réaction de la piste est donc l'opposée du poids.

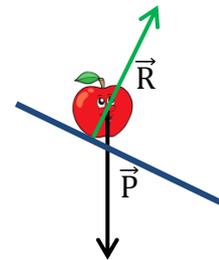
3.5. Exemple de forces qui ne se compensent pas

1^{er} cas :

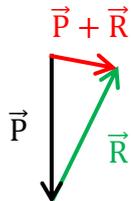
Considérons une pomme posée sur une table inclinée.

Les forces qui s'appliquent sur la pomme sont :

- le poids \vec{P}
- la réaction de la table \vec{R}



Si l'on fait la somme des forces on constate qu'on n'obtient pas un vecteur nul :



Donc d'après la contraposée du principe d'inertie, puisque les forces qui s'exercent sur la pomme ne se compensent pas, alors la pomme n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme.

En effet, dans cette situation, la pomme va se mettre en mouvement pour glisser/rouler le long de la table.

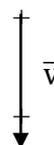
2^{ième} cas :

Considérons une pomme qui tombe d'un arbre.

En faisant une chronophotographie on constate que les points sont de plus en plus espacés. La pomme tombe donc de plus en plus vite.

Le vecteur vitesse varie, la pomme est donc soumise à des forces qui ne se compensent pas.

En effet la pomme est soumise à son poids, ce qui la fait tomber.



+