

Chapitre 11 : Les forces et le principe d'inertie

Document 1 - Bulletin officiel

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. Exemples de forces : - force d'interaction gravitationnelle ; - poids ; - force exercée par un support et par un fil.	Distinguer actions à distance et actions de contact. Identifier les actions modélisées par des forces dont les expressions mathématiques sont connues <i>a priori</i> . 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.
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).

Document 2 - Exercices dans le livre scolaire

1. Actions et forces : exercices 6, 15 et 16 pages 227-228 ;
2. Bilan des forces : exercices 7, 9, 10, 13, 14, et 17 pages 227-228 ;
3. Principe d'inertie : exercices 5, 6, 11, 13 et 22 pages 242-243.

Quiz sur les forces et principe d'inertie



Quiz 1 - Les actions et forces :
<https://forms.office.com/r/4hdbcEFLBv?origin=lprLink>



Quiz 2 - Bilan des forces :
<https://forms.office.com/r/6AtyTFtMWv?origin=lprLink>



Quiz 3 - Le principe d'inertie :
<https://forms.office.com/r/ChjQWVmWCT?origin=lprLink>

Introduction

La Terre exerce une action mécanique sur la Lune, c'est ce qui explique que la Lune orbite autour de la Terre à la manière d'une fronde mise en rotation par un humain. Dans ce chapitre nous allons nous intéresser à comment peut-on modéliser les actions qu'exerce un système extérieur sur un objet.

1 Actions mécaniques et forces

ref : le livre scolaire page 223

1.1 La force, un modèle de l'action d'un système extérieur sur un objet

Un corps A exerce une action mécanique sur un corps B s'il est capable de provoquer ou de modifier un mouvement du corps B ou encore de le déformer. On modélise ces actions par une force.

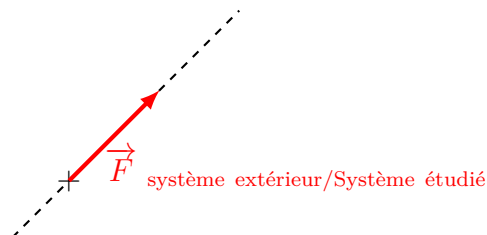
Définition 1 - Force

Une action exercée par un système extérieur sur le système étudié est modélisée par une force notée $\vec{F}_{A/B}$. Cette force est caractérisée par :

- une **norme** notée $F_{A/B} = ||\vec{F}_{A/B}||$. Il s'agit de la **valeur** ou de la **norme** de la force. La valeur de la force s'exprime en newton (N) ;
- une **direction** ;
- un **sens**.

Définition 2 - Le point matériel

En mécanique du point, le système étudié est modélisé par un unique point correspondant au centre de masse du système, c'est le modèle du point matériel.

**Exercice 1 - Modéliser le système Terre - ISS**

R On souhaite étudier le mouvement de la station spatiale internationale autour de la Terre. Proposez une modélisation pour étudier le système en mécanique du point.

1.2 Deux types de forces**Proposition 1 - Deux types de force**

On classe les actions en deux catégories :

- **Les actions de contact ;**
- **Les actions à distance.**

Exercice 2 - Différents types d'actions

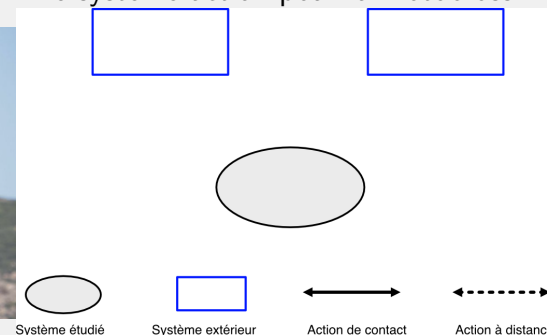
M Donner un exemple d'action à distance et un exemple d'action de contact.

1.3 Les diagrammes système-action

Un diagramme système action permet d'inventorier les actions entre le système étudié et les systèmes extérieurs.

Exercice 3 - Dessiner un diagramme système-action

R Compléter le diagramme système action pour la motocross.



2 Le principe des actions réciproques

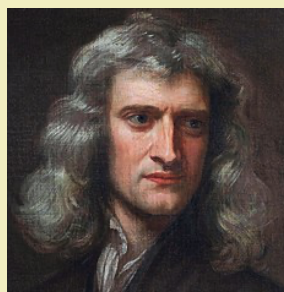
ref : le livre scolaire page 223

En 1687, le physicien Isaac Newton énonce le principe des actions réciproques entre deux systèmes, aussi appelé 3^{ème} **loi de Newton** :

Principe des actions réciproques - 3^{ème} loi de Newton :

Lorsqu'un corps A exerce sur un corps B une force $\vec{F}_{A/B}$ alors B exerce sur A une force $\vec{F}_{B/A}$ telle que :

Isaac Newton

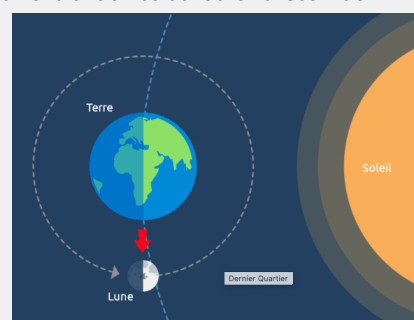


(1642-1727), Il fonde la mécanique classique pour sa théorie de la gravitation universelle.

Le principe des actions réciproques s'applique pour des actions de contact ou à distance, que les systèmes soient immobiles ou en mouvement dans le référentiel d'étude.

Exercice 4 - Principe des actions réciproques

R Dessiner les vecteurs des actions de contact et à distance :



3 Exemples de forces caractéristiques

ref : le livre scolaire page 223

3.1 Les caractéristiques du poids

Définition 3 - Le poids \vec{P}

Au point de l'espace où se trouve le corps, le poids peut être modélisé par un vecteur \vec{P} ayant pour caractéristiques :

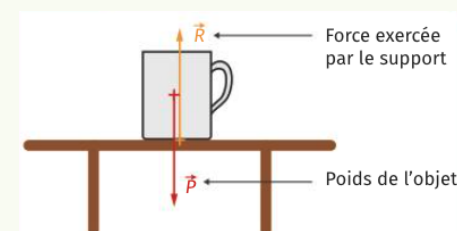
- une **norme** notée $P = \|\vec{P}\| = m \times g$ et s'exprime en newton (N). La masse m du corps s'exprime en kilogrammes (kg) et g est l'intensité de la pesanteur en $N \cdot kg^{-1}$.
- une **direction** : verticale du lieu considéré
- un **sens** : du haut vers le bas.

3.2 La force exercée par un support

Définition 4 - La réaction du support \vec{R}

Dans le cas d'un corps **immobile** sur lequel ne s'exerce que le poids et la force exercée par le support, la force \vec{R} compense exactement le poids de ce corps :

$$\vec{R} = -\vec{P}$$



3.3 La force d'interaction gravitationnelle

Définition 5 - Force d'interaction gravitationnelle $\vec{F}_{A/B}$

Au point de l'espace où se trouve un corps B, on modélise l'attraction exercée par un corps A sur ce corps B par un vecteur $\vec{F}_{A/B}$ ayant pour caractéristiques :

- une **norme** notée $F_{A/B} = \|\vec{F}_{A/B}\| = \mathcal{G} \times \frac{m_A m_B}{d^2}$ et s'exprime en newton (N). Les masses m_A et m_B des corps s'expriment en kilogrammes (kg) et d la distance séparant A et B en mètres (m) et \mathcal{G} est la **constante universelle de gravitation**, ayant pour valeur $\mathcal{G} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$;
- une **direction** : droite passant par les centres des corps A et B ;
- un **sens** : de B vers A (car il s'agit d'une force attractive).

Exercice 5 - Quel est le lien entre g et \mathcal{G}

R Comparer la valeur de $g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$ à $\mathcal{G} \times \frac{M_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2}$, sachant que $\mathcal{G} = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$, $M_{\text{Terre}} = 5,972 \times 10^{24} \text{ kg}$ et $R_{\text{Terre}} = 6371 \text{ km}$.

Solution : $\mathcal{G} \times \frac{M_{\text{Terre}}}{R_{\text{Terre}}^2} = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$. À la surface de la Terre, la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre et le poids de ce corps sont deux forces égales.

4 Le principe d'inertie et sa contraposée

ref : le livre scolaire page 238

4.1 Qu'est-il nécessaire de préciser avant toute étude en mécanique ?

- **Le système étudié** : Quelles que soient la taille, la forme de l'objet d'étude, celui-ci sera modélisé par un point matériel par souci de **simplification**.
- **Le référentiel d'étude** : La plupart des études de trajectoires sur Terre se font dans un référentiel terrestre, c'est à dire par rapport à un point lié au sol.

4.2 L'énoncé du principe d'inertie

En s'appuyant sur les travaux de plusieurs physiciens et mathématiciens, dont ceux de GALILÉE et DESCARTES, NEWTON publie en 1687 *Principia Mathematica*, un ouvrage dans lequel il énonce le principe d'inertie, appelé aussi parfois la « **première loi de Newton** »

Principe d'inertie - Première loi de Newton

Si les forces qui s'exercent sur un système se compensent, ce système est soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme.

Remarque : La réciproque est vraie : si le système est soit immobile soit en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui se compensent.

4.3 Quel est l'énoncé de la contraposée du principe d'inertie

Principe d'inertie - Contraposée de la première loi de Newton

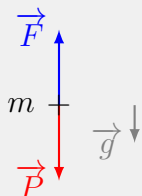
Si un système n'est ni immobile ni en mouvement rectiligne uniforme, alors les forces qui s'exercent sur lui ne se compensent pas.

Remarque : La réciproque est également vraie.

Exercice 6 - Le simulateur de chute libre

Le simulateur permet de maintenir une personne en l'air grâce à un flux d'air provenant du sol. On souhaite déterminer la force de poussée de l'air nécessaire pour maintenir immobile une personne ayant une masse $m = 65 \text{ kg}$.

- **R** Faire un schéma de la situation.



- **R** Faire un bilan des forces appliqué à la personne en chute libre.
 - Le poids (\vec{P}) est dirigé vers le bas et est égal au poids de la personne ($m \vec{g}$);
 - La force de poussée de l'air (\vec{F}).

- **R** En utilisant le principe d'inertie montrer que vous pouvez déterminer la valeur de la force $\vec{F}_{\text{air/personne}}$
 D'après le principe d'inertie si l'objet d'étude est immobile alors les forces extérieures appliquées au système se compensent donc :
 $F_{\text{air/personne}} = P$

- **C** Quel sens et direction à cette force $\vec{F}_{\text{air/personne}}$
 La force de poussée de l'air est dirigée vers le haut.

5 La variation du vecteur vitesse

ref : le livre scolaire page 239

5.1 Que permet de déduire l'étude des vecteurs vitesse ?

Au cours de la trajectoire, si l'une des trois caractéristiques du vecteur vitesse change (sa valeur, sa direction, son sens), la contraposée du principe d'inertie permet de déduire que les forces exercées sur l'objet ne se compensent pas.

5.2 Que constate-t-on dans l'étude des vecteurs vitesse d'une chute libre à une dimension ?

Définition 6 - La chute libre

Lorsqu'un système est soumis uniquement à son poids, on dit que le système est en chute libre.

Document 1 - Simulation d'une chute libre en python

Simulation d'une chute libre à l'aide d'un langage informatique Python.

<https://capytale2.ac-paris.fr/web/c/b463-3132481>



Exercice 7 - Étude d'une chute libre d'un objet de masse m à l'aide d'une simulation

- Qu'observe-t-on sur la trajectoire de la balle lorsque l'objet est lâché sans vitesse initiale sur la trajectoire ?

La trajectoire de la balle est rectiligne dirigée vers le bas.

- Et sur l'évolution de la vitesse au cours du temps ?

La vitesse augmente au cours de la chute.

- On lance cette fois l'objet vers le haut initialement. On modifier " $v_{y0} = 0 \text{ m/s}$ " en " $v_{y0} = 10 \text{ m/s}$ " et " $v_{x0} = 1 \text{ m/s}$ ". Qu'observe-t-on sur la trajectoire de la balle ? sur l'évolution de la vitesse au cours du temps ?

La trajectoire de la balle devient curviligne. La vitesse au départ diminue jusqu'à ce que la balle atteigne l'altitude maximale. Puis la vitesse augmente pendant la chute.