

## CHAPITRE 7 : DYNAMIQUE DU POINT

Ce chapitre prend la suite logique du chapitre 5. Après avoir étudié le mouvement et ses caractéristiques à l'aide des outils de **cinématique**, nous allons chercher dans ce chapitre de **dynamique** à relier le mouvement à ses causes : les actions mécaniques.

### QUESTION

## I - Actions mécaniques

### A Rappels culturels sur les interactions

Lorsqu'un système agit sur un autre par le biais d'une **action mécanique**, on dit que ces systèmes sont en **interaction**.

Toute interaction entre deux systèmes peut être rapprochée de l'une des quatre interactions fondamentales :

- ▷ **L'interaction faible** : De faible intensité et de très faible portée ( $\simeq 10^{-18}$  m), elle affecte particulièrement les nucléons et est notamment responsable de la désintégration radioactive.
- ▷ **L'interaction forte** : De faible portée ( $\simeq 10^{-14}$  m), cette interaction est de plus forte intensité et intervient notamment dans la cohésion des nucléons au sein du noyau de l'atome malgré leurs charges électriques identiques.
- ▷ **L'interaction gravitationnelle** : Interaction de longue portée (théoriquement infinie) entre deux particules massives s'attirant mutuellement.
- ▷ **L'interaction électromagnétique** : Interaction de longue portée (théoriquement infinie) entre deux particules chargées. Les particules de même signe se repoussent tandis que celles de signe opposé s'attirent<sup>1</sup>.

### B Propriétés des actions mécaniques

#### PROPRIÉTÉS

### C Modélisation d'une action mécanique par une force

#### RAPPEL

Une force modélise une action mécanique. Mathématiquement, une force est un vecteur et sera caractérisée par :

1. Est-il utile de rappeler que c'est elle qui fait tenir les magnets ornant tous les réfrigérateurs de France ?

Remarques :

↪ Il est important d'insister sur le « Certaines » dans la mesure où d'autres actions ne sont pas modélisables par des forces : Imaginez-vous un instant sur votre Harley Davidson, le guidon en main. Pour accélérer, vous exercerez une action mécanique sur la poignée de gaz qui ne sera pas modélisable par une force mais par un **couple**. Vous voilà prêt-e à affronter les longues lignes droites de la route 66. Il en est de même pour une toupie que vous mettez en rotation à l'aide d'un couple.

↪

## FORCE ET RÉFÉRENTIEL

### D Exemples d'actions mécaniques

On classe généralement les actions mécaniques en deux catégories : les actions mécaniques à **distance** ou de **contact**.

#### ① Actions mécaniques à distance

Les actions les plus importantes et les forces les modélisant sont données ci-dessous.

## FORCE GRAVITATIONNELLE

## POIDS

## FORCE ÉLECTROSTATIQUE

Remarques :

↔ La force gravitationnelle et la force électrostatique permettent de modéliser respectivement les interactions fondamentales gravitationnelle et électrostatique entre deux particules.

Leurs expressions vectorielles sont très semblables :

Nous reviendrons sur cette similitude ultérieurement dans le chapitre sur les **forces centrales**.

## 2 Actions mécaniques de contact

Les forces en modélisant les plus importantes sont données ci-dessous.

## TENSION D'UN FIL

## FORCE DE RAPPEL ÉLASTIQUE : LOI DE HOOKE

Remarques :

**FORCES DE FROTTEMENT FLUIDE**

**POUSSÉE D'ARCHIMÈDE**

Remarque :

**RÉACTION DU SUPPORT**

Remarques :

## II - Quantité de mouvement d'un système matériel

### A Masse et inertie

Nous avons vu dans la partie précédente qu'une force a pour effet de modifier le mouvement d'un système ou de le déformer. Toutefois, vous reconnaîtrez tous qu'il est plus difficile de modifier mon mouvement que le vôtre<sup>2</sup>. Cette propriété d'un système matériel est appelée **inertie**.

Remarque :

### B Définition de la quantité de mouvement

#### DÉFINITION

**Vecteur quantité de mouvement** : On étudie un point matériel  $M$  de masse  $m$  dans un référentiel  $\mathcal{R}$ . Le vecteur vitesse de ce point matériel dans ce référentiel est noté  $\vec{v}$ .

Remarque :

### C Quantité de mouvement de deux points matériel

On considère un système constitué de 2 points étudiés dans un référentiel  $\mathcal{R}$  dans lequel on place un point fixe  $O$ .

#### DÉFINITION

**Centre de gravité** : Le centre de gravité  $G$  de 2 points de positions  $M_1$  et  $M_2$  et de masses  $m_1$  et  $m_2$  est repéré par le vecteur suivant :

Remarque :

---

2. On peut aussi se rendre compte qu'il est plus simple de modifier le mouvement d'une balle de ping-pong que celui d'une boule de pétanque. D'où l'utilisation de la première pour faire du tennis de table...

**QUANTITÉ DE MOUVEMENT D'UN SYSTÈME DE POINTS MATÉRIELS**

Le vecteur quantité de mouvement du système  $\mathcal{S}$  constitué de deux points matériels étudiés dans un référentiel  $\mathcal{R}$  est défini par la relation :

Remarques :

**III - Les trois lois de Newton**

Les trois lois de Newton définies ici sont la base de toute la mécanique classique. Elles ont été établies en 1687 et permettent toujours de décrire une grande partie des mouvements mécaniques.

**A 1<sup>ère</sup> loi de Newton****PRINCIPE D'INERTIE**

Remarque :

**B 2<sup>ème</sup> loi de Newton****PRINCIPE FONDAMENTAL DE LA DYNAMIQUE**

Remarques :

**C** 3<sup>ème</sup> loi de Newton**PRINCIPE DES ACTIONS RÉCIPROQUES**

Remarque : Principe à avoir toujours en tête lors du traitement d'un exercice de mécanique.

**D** Cas d'un système de points**THÉORÈME DE LA RÉSVLTANTE CINÉTIQUE**

Soit un système constitué de deux points matériels étudiés dans un référentiel  $\mathcal{R}$  supposé galiléen.

Remarque :

## IV - Applications

## ① Première application : Retour sur la loi de Hooke

## APPLICATION DIRECTE N°1

On suspend au bout d'un ressort plusieurs pesons de masses différentes les unes après les autres. On mesure ensuite l'élongation du ressort pour chaque peson une fois que celui-ci est immobile.

- 1/ Faire le bilan des forces s'exerçant sur le peson.
- 2/ On considère que le référentiel de la classe est galiléen, que peut-on dire sur l'expression de la force exercée par le ressort sur le peson ?
- 3/ D'après les résultats de l'expérience, que peut-on dire sur le lien mathématique entre l'élongation du ressort et la force exercée par le ressort sur le peson ?
- 4/ Représenter le système dans deux cas, le ressort est en compression ou bien le ressort est en élongation. Représenter alors la force exercée par le ressort sur le piston.

On utilisera, comme support de l'application, la vidéo suivante : <https://www.youtube.com/watch?v=fgDqP7cKEw0>

## MÉTHODE : RÉOLUTION D'UN EXERCICE DE MÉCANIQUE

- 1/ Définir le **système** étudié
- 2/ Choisir le référentiel **galiléen** d'étude
- 3/ Préciser le **repère** : *on précisera ici le système de coordonnées utilisé*
- 4/ Faire un **schéma** du système dans une situation **quelconque** : *si on choisit une situation particulière, certains vecteurs pourraient être parallèle ou orthogonaux, ce qui conduirait à des erreurs dans la suite du raisonnement*
- 5/ Réaliser un bilan des forces exercées sur le système
- 6/ Représenter les forces sur le schéma et **donner leurs expressions dans le repère choisi**
- 7/ Appliquer la deuxième loi de Newton au système (ou d'autres lois vues dans des chapitres ultérieurs)
- 8/ **Exprimer les vecteurs position, vitesse et accélération selon leurs coordonnées dans le repère choisi**
- 9/ **Projeter** les équations vectorielles sur les vecteurs de base du repère puis travailler sur les expressions scalaires selon les questions posées

## A Deuxième application : La chute libre

Un corps est dit en chute libre s'il n'est soumis qu'à son poids.

## APPLICATION DIRECTE N°2

On considère un point  $M$  de masse  $m$  en mouvement dans le seul champ de pesanteur terrestre. Ce point est lancé d'une position  $M_0$  au niveau du sol avec une vitesse  $\vec{v}_0$  faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale.

- 1/ Établir les lois horaires du mouvement donnant l'évolution de ses coordonnées au cours du temps.
- 2/ Quelle altitude maximale atteint-il ?
- 3/ Quelle distance parcourt-il ?
- 4/ Établir l'équation de sa trajectoire.

## ① Établissement des lois horaires

## ÉQUATIONS DU MOUVEMENT D'UN POINT MATÉRIEL EN CHUTE LIBRE

## LOIS HORAIRES

- ② Altitude maximale
- ③ Distance parcourue
- ④ Équation de la trajectoire



Remarque :

### B Troisième application : Prise en compte des frottements fluides

#### APPLICATION DIRECTE N°3

On considère un point  $M$  de masse  $m$  en mouvement dans le champ de pesanteur terrestre et subissant des frottements de l'air. Ce point est lancé d'une position  $M_0$  au niveau du sol avec une vitesse  $\vec{v}_0$  de composantes  $v_{0,x}$  et  $v_{0,z}$  dans le repère utilisé précédemment.

- 1/ Établir les équations du mouvement du point  $M$  pour les deux modèles de frottement fluide donnés dans le cours.
- 2/ Dans ces deux cas, quelle est la vitesse maximale atteinte par le point matériel ?

- ① Hypothèse de frottements linéaires avec la vitesse

On suppose que  $\vec{F}_f = -\lambda\vec{v}$ .

- ② Hypothèse de frottements quadratiques

On suppose que  $\vec{F}_f = -\kappa v\vec{v}$ .

**C** Quatrième application : le pendule simple**APPLICATION DIRECTE N°4**

On considère un pendule dont toute la masse  $m$  est localisée au point  $M$ . Le fil reliant  $O$  à  $M$  est supposé inextensible et de masse négligeable. On note  $L$  sa longueur. On néglige tout frottement. On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Le champ de pesanteur est  $\vec{g} = g\vec{e}_z$  avec  $z$  axe vers le bas et  $g \simeq 10 \text{ m/s}^2$  constante.

- 1/ Faire un bilan des forces appliquées au système et exprimer les vecteurs cinématiques associés au point  $M$ .
- 2/ À l'aide du PFD, en déduire une équation différentielle portant sur  $\theta(t)$  uniquement. Comment peut-on la qualifier ?
- 3/ Faire une hypothèse qui permettrait de résoudre simplement cette équation.