

# LP 16 : Mouvements, interactions et notion de champ

**Eléments imposés :** champ gravitationnel/électrostatique

**Niveau :** 1ere enseignement de spécialité

**Pré-requis :** - Notion de force (2<sup>nd</sup>)

- Position, vitesse (2<sup>nd</sup>)
- Référentiel galiléen (2<sup>nd</sup>)
- électrons, protons (2<sup>nd</sup>)
- vecteur (2<sup>nd</sup>)

**Biblio :** - Hachette, 1ere enseignement de spécialité, 2019

- Hatier, 1ere enseignement de spécialité, 2019
- Dictionnaire de physique, Taillet

## **Intro péda :**

Lecon au niveau 1ere, enseignement de spécialité dans le thème mouvement et interaction.

Choix de ce niveau car c'est la qu'est introduite la notion de champ.

On s'intéressera uniquement aux champs gravitationnel et électrostatique (ce qui est au programme) et on verra l'influence de ces champs et des forces sur les mouvements des systèmes on aura donc besoin de pré-requis de mécanique de 2<sup>nd</sup>.

Le champ électrostatique concernant les particules chargés, on fera des applications numériques sur les protons et les électrons qui doivent donc être connus par les élèves.

**Obj :** - Comprendre la notion de champ

- Connaître les forces gravitationnelles et électrostatiques ainsi que les champs associés

**Difficultés :** - ne pas échanger force et interaction (on définira bien les 2 à chaque fois)

- la notion de champ est très abstraite, on essayera de leur montrer que c'est vraiment présent partout et qu'ils en ont déjà vu (carte de champ météo)

**TD :** exercice manipulation des formules (force gravitationnelle/électrostatique, PFD), exercice sur l'influence de la masse sur les mouvements (+ étude de doc sur spectro de masse), étude de carte de champ et ligne de champ

**TP :** étude de la chute libre

## **Intro :**

L'année dernière vous avez commencé à voir des notions de mécanique avec la notion de force, position et vitesse. Aujourd'hui, on va s'intéresser à des forces plus précises dont vous avez certainement déjà entendu parlées et comment ces forces modifient le mouvement des systèmes sur lesquels elles s'exercent.

On va tout d'abord rappeler les définitions de force et interaction (cf diapo) :

**Force** = action exercée par un système extérieur sur le système étudié

Elle est caractérisée par une direction, un sens et une valeur en Newton.

**Interaction** = deux objets interagissent quand ils exercent une influence l'un sur l'autre

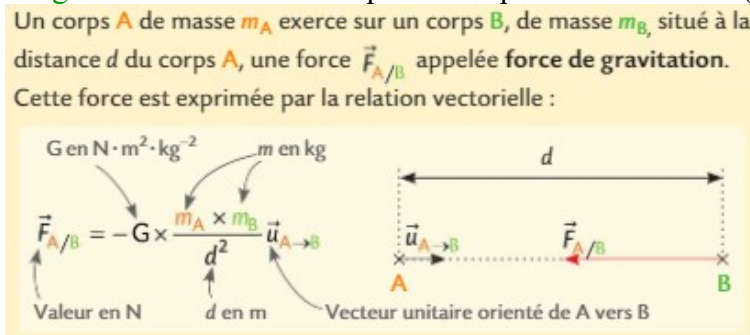
## I) Forces gravitationnelle et électrostatique

### A) Force gravitationnelle

Comme vous le savez certainement déjà, la Terre applique une force sur nous qui nous permet de rester sur Terre, c'est la force gravitationnelle.

Plus précisément, on définit l'**interaction gravitationnelle** comme l'interaction attractive de 2 corps sous l'effet de leur masse.

On définit alors la **force gravitationnelle** exercée par les corps l'un sur l'autre : (Hachette)



(AN : force gravitationnelle entre proton et électron p.202 Hatier)

Tr : On a donc vu que on a une interaction attractive entre 2 corps sous l'effet de leur masse mais si on fait **exp** : frotter paille avec laine ou coton et l'approcher de paillette → les paillettes bougent, a quoi c'est du ? → [https://www.youtube.com/watch?v=amANIY-Pl\\_g](https://www.youtube.com/watch?v=amANIY-Pl_g)

### B) Force électrostatique

L'expérience faite s'explique par l'interaction électrostatique.

**Interaction électrostatique** = interaction de 2 corps sous l'effet de leur charge (il faut donc des corps chargés)

Ainsi, dans l'expérience, en frottant la paille, on a arraché des électrons, elles s'est donc chargée et on a eu de l'interaction électrostatique.

Cette interaction peut être attractive ou répulsive. Et on peut définir la **force électrostatique** (donnée par la **loi de Coulomb**) qu'exerce un corps chargé sur un autre (Hatier) :

$$\vec{F}_{A/B} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A q_B}{r^2} \vec{u}$$

$F$  en newtons (N)  
 $q_A$  et  $q_B$  en coulombs (C)  
 $r$  en mètres (m)

avec  $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,99 \times 10^9 N \cdot m^2 \cdot C^{-2}$ , nommée constante de Coulomb,  
où  $\epsilon_0$  (lire *epsilon zéro*) est la permittivité électrique du vide.

Ainsi, on voit que si les charges sont du même signe → répulsion et si elles sont de signes opposées, elles s'attirent.

(AN : force électrostatique proton/électron : Hatier p.201)

Tr : on voit que ces forces agissent à distance, il y a alors formation de ce que l'on appelle un champ

## II) Notion de champ

## A) Champs et lignes de champ

**Champ** = est une grandeur qui prend une valeur donnée en fonction de sa position dans l'espace. C'est donc propriété physique défini en tout point A de l'espace qui peut être modélisée par un vecteur (**champ vectoriel**) ou par un nombre (**champ scalaire**).

On peut alors tracer une carte de champ (cf diapo) représentant les caractéristiques (valeur, direction, sens si vectoriel). On peut alors définir les **lignes de champ** : ligne tangente en chacun de ses points au vecteur champ, elle est orientée (par une flèche) dans le sens du champ.

## B) Champs gravitationnel et électrostatique et analogie

**Champ gravitationnel** : par définition, on a (Hatier)

La force de gravitation qui s'exerce sur un corps de masse  $m$ , modélisé par un point, placé en B où règne un **champ de gravitation**  $\vec{g}(B)$  est :

$$\vec{F} = m\vec{g}(B)$$

$F$  en newtons (N)  
 $m$  en kilogrammes (kg)  
 $g$  en newtons par kilogramme ( $N \cdot kg^{-1}$ )  
ou en mètres par seconde au carré ( $m \cdot s^{-2}$ )

Donc :

Le **champ de gravitation**  $\vec{g}(B)$  créé en B par un corps, modélisé par un point placé en A ou sphérique de centre A, est défini par :

$$\vec{g}(B) = \frac{\vec{F}}{m} = -G \frac{m_A}{r^2} \vec{u}$$

Il ne dépend pas de  $m$ , seulement de  $m_A$  et de la distance  $r = AB$ .

AN : A la surface de la Terre, on a  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} N \cdot m^2 \cdot kg^{-2}$ ,  $m(\text{Terre}) = 5,97 \cdot 10^{24} kg$  et  $r(\text{Terre}) = 6371 km$  en moyenne d'où  $g_{\text{Terre}} = 9,81 m \cdot s^{-2} (N \cdot kg^{-1})$

**Champ électrostatique** :

La force électrostatique qui s'exerce sur un corps de charge  $q$  placé en B où règne un **champ électrostatique**  $\vec{E}(B)$  est :

$$\vec{F} = q\vec{E}(B)$$

$F$  en newtons (N)  
 $q$  en coulombs (C)  
 $E$  en volts par mètre ( $V \cdot m^{-1}$ )  
ou en newtons par coulomb ( $N \cdot C^{-1}$ )

Donc :

Le **champ électrostatique**  $\vec{E}(B)$  créé en B par un corps modélisé par un point placé en A est défini par :

$$\vec{E}(B) = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{r^2} \vec{u}$$

Il ne dépend pas de  $q$ , seulement de  $q_A$  et de la distance  $r = AB$ .

(AN : Hatier p.203)

Analogie gravitation/électrostatique (cf diapo)

Tr : quelle est l'influence de tous ces phénomènes physiques sur le mouvement d'un système

### III) **Mouvement d'un système**

#### A) Relation entre forces et variation de vitesse

On définit le vecteur variation de vitesse comme

$$\Delta \vec{v}(t) = \vec{v}(t + \Delta t) - \vec{v}(t)$$

(cf diapo : construction du vecteur par le dessin, peut aussi être trouvé par le calcul avec les coordonnées des vecteurs vitesse)

On a vu en seconde que les forces peuvent modifier le vecteur vitesse d'un système, elles sont donc liés au vecteur variation de vitesse par une relation qui s'appelle le principe fondamental de la dynamique (ou la 2<sup>nd</sup> loi de Newton) dont une forme approchée est :

Dans un référentiel galiléen, si un système de masse constante  $m$  est soumis à une ou plusieurs forces, on a :

The diagram shows the equation  $\Sigma \vec{F} = m \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$  with arrows pointing to each term and their units:  $\Sigma \vec{F}$  is labeled 'Valeur en newton N',  $m$  is labeled 'm en kg',  $\Delta \vec{v}$  is labeled 'Valeur en m · s<sup>-1</sup>', and  $\Delta t$  is labeled 'Δt en s'.

Ainsi on voit que la résultante des forces (= somme de toute les forces) est colinéaire au vecteur variation de vitesse.

De plus, on voit que la masse intervient aussi dans la formule, on pourra étudier l'influence de la masse sur le mouvement en TD.

Tr : cette relation peut aussi nous permettre de remonter à des grandeurs physiques en étudiant le mouvement d'un système subissant des forces.

### B) Mesure du champ de pesanteur

On a vu qu'il y avait un lien entre la force gravitationnelle et le champ gravitationnel de la Terre ainsi qu'entre les forces exercées sur un système et son mouvement. On peut donc remonter à la valeur du champ gravitationnel de la Terre (que l'on a calculé précédemment) par l'expérience.

**Exp** : Détermination de  $g$  avec la chute d'une bille en acier entre différents capteurs, mesure d'une différence de vitesse. →

[https://www.pccl.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/terminale\\_TS/chuteLibre.htm](https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/terminale_TS/chuteLibre.htm)

[https://www.youtube.com/watch?v=YIoSaX\\_qAjM](https://www.youtube.com/watch?v=YIoSaX_qAjM) (pour mettre au ralenti si besoin)

Bien expliquer la manip, faire bilan de force sur la bille (au tableau)

Incertitudes de type A.

C) Autre application (mouvement planète/satellite, spectro de masse en fonction de l'élément imposé et du temps)

Trajectoire Venus cf Hatier p. 250

Spectro de masse cf Hatier p. 247

### **Conclusion :**

Bilan cf diapo

Ouverture : on pourra étudier plus en détail l'influence de la masse sur le mouvement et on pourra dans un prochain cours étudier les interactions et forces dans un fluide au repos.

**Niveau :** Tale S

**Pré-requis :** - Vecteur, position, vitesse, accélération (Tale)

- Base de la mécanique : notion de force, référentiel, principe des actions réciproques (2<sup>nd</sup>)
- Forme approchée du PFD (1ère)
- Protons électrons (2<sup>nd</sup>)
- Poids (2<sup>nd</sup>)

**Biblio :** - Microméga, Tale S, 2012

- Nathan, Sirius, Tale S enseignement spécifique, 2017
- Hachette, Tale S enseignement spécifique, 2012

**Intro péda :**

En terminale S dans le thème « Comprendre ». En seconde, ils ont vu la mécanique de manière assez qualitative et en 1ère : première notion de champ et un peu plus quantitatif que en 2<sup>nd</sup>.  
En Tale, mécanique plus poussée et avec les lois pour mieux décrire les mouvements

**Difficulté :** - la définition des systèmes et réussir à mettre en équation le problème physique (méthode pour les aider)

**Obj :** - Comprendre les champs et leur importance sur les mouvements

- Faire le lien entre interaction et mouvement et savoir remonter aux équations des mouvements

**Intro :**

Vous avez déjà vu la notion de champ en 1ère mais vous n'avez pas vraiment insisté sur l'importance de cette notion sur les mouvements des objets pourtant vous savez que quand on lâche un objet, il tombe par terre.

Tout d'abord qu'est ce que le mouvement ?

**Mouvement** = déplacement d'un système au cours du temps dans un référentiel donné.

## I) Outils de la mécanique classique

### A) Lois fondamentale de la mécanique classique

On se place dans le cadre de la mécanique classique ( $v \ll c$ ) dans référentiel galiléen

En 1687, Newton a énoncé 3 lois fondamentales de la mécanique classique :

**1ère loi de Newton :** Le principe d'inertie : dans un référentiel galiléen, si un système assimilé à un point matériel n'est soumis à aucune force (système isolé), ou à un ensemble de forces qui se compensent (système pseudo-isolé), alors le système est immobile ou animé d'un mvt rectiligne uniforme

[https://www.pccl.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/premiere\\_1S/premiere\\_1\\_loi\\_newton\\_principe\\_inertie.htm](https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/premiere_1S/premiere_1_loi_newton_principe_inertie.htm)

**2ème loi de Newton :** Le principe fondamental de la dynamique : Dans un réf galiléen, si un système assimilé à un pt matériel est soumis à une ou plusieurs  $F_{ext}$ , alors la somme vectorielle de ces forces notée  $\Sigma F$  est égale à la dérivée par rapport au temps du vecteur quantité de mvt. on a donc  $\Sigma F_{ext} = dp/dt$

Or  $p = mv$  ; donc si la masse reste constante au cours de l'expérience, on a  $\Sigma F_{ext} = m \cdot dv/dt$

**3ème loi de Newton :** Principe des actions réciproques : Si un système A exerce sur un système B une force  $F_{A/B}$ , alors le système B exerce également sur le système A une force  $F_{B/A}$  de même direction, même norme mais de sens opposé.  $F_{A/B} = - F_{B/A}$ .

[https://www.pccl.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/premiere\\_1S/troisieme\\_3\\_loi\\_newton\\_principe\\_interactions\\_actions\\_reciproques.htm](https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/premiere_1S/troisieme_3_loi_newton_principe_interactions_actions_reciproques.htm)

## B) Rappel de la notion de champ

**Champ** : grandeur qui prend une valeur donnée en fonction de sa position dans l'espace. Champ uniforme = indépendant de la position, champ stationnaire = indépendant du temps.

Un champ peut être scalaire (caractérisé par une valeur ex carte des températures) ou vectoriel (caractérisé par un vecteur par ex vent)

Les champs qui vont plus nous intéresser ici sont les champs de pesanteur et électrostatique.

Champ de pesanteur uniforme est défini par  $\mathbf{g} = \mathbf{P}/m$  ( $\mathbf{P}$  = poids d'un objet de masse  $m$ )

Le **champ de pesanteur** (rappel de 2<sup>nd</sup>) a une direction (= verticale du lieu), un sens (vers la Terre) et une valeur dépendant du lieu mais on prend en général  $g = 9,81 \text{ N/kg}$

Le **champ électrostatique** (rappel de 1<sup>ère</sup>)  $E$  créé par une particule  $A$  est défini comme

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_A}{d^2} \vec{u}_{AB} \text{ et la force électrostatique est alors } \mathbf{F}_e = q_B E \text{ (attractive ou répulsive)}$$

+ Rappel analogie des 2 interactions (cf diapo)

## II) **Mouvement dans un champ uniforme**

### A) Méthode d'étude d'un mouvement

(cf diapo)

Il faut être méthodique mais toujours le même cheminement :

- 1) Description du référentiel
- 2) Description du système
- 3) Bilan de forces
- 4) Application du principe fondamental de la dynamique
- 5) Intégrer pour remonter à l'équation horaire (et/ou de la trajectoire)
- 6) Vérifier l'homogénéité par analyse dimensionnelle (au moins de tête)

### B) Champ de pesanteur : chute libre

Exp : remonter à  $g$  :

[https://www.pccl.fr/physique\\_chimie\\_college\\_lycee/lycee/terminale\\_TS/chuteLibre.htm](https://www.pccl.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/terminale_TS/chuteLibre.htm)

[https://www.youtube.com/watch?v=YIoSaX\\_qAjM](https://www.youtube.com/watch?v=YIoSaX_qAjM) (pour mettre au ralenti si besoin)

Faire schéma + méthode pour remonter aux équations horaires + trajectoire

Durée chute (vérifier avec expérience?)

### C) Champ électrique : mouvement d'une particule chargée

Faire schéma + méthode pour remonter aux équations horaires + trajectoire (que l'on peut tracer après)

## III) **Etude d'un cas particulier (en fonction de l'élément imposé) :** **Mouvement des planètes/satellite**

Soit mouvement circulaire uniforme

Soit Lois de Kepler (cf livres Tale)

## **Canon à électrons**

## Tube cathodique

Utilisé dans les anciens écran d'ordinateur/télévision et aussi dans les oscilloscopes  
= grosse ampoule de verre contenant un canon à électrons capable de produire un faisceau d'électrons traversant le tube à très grande vitesse et venant percuter la partie opposée du tube (= écran). Une peinture fluorescente déposée sur le verre émet alors de la lumière quand elle est frappée par un électron.

Tube = vide poussée avec plaques électriquement chargées pour dévier les électrons.

