

Fiche de cours Mouvement dans un champ uniforme

L'essentiel du chapitre en deux pages

définitions · lois · méthodes · à savoir par cœur

1 CHUTE LIBRE DANS UN CHAMP DE PESANTEUR UNIFORME

Définition. Un système est en **chute libre** lorsqu'il n'est soumis qu'à son poids. Le champ de pesanteur est **uniforme** sur une zone petite devant la Terre : $\vec{g}$ y a partout la même direction, le même sens et la même valeur.

Propriété. La deuxième loi de Newton donne $m \vec{a}_G = m \vec{g}$, donc

$$\vec{a}_G = \vec{g} :$$

l'accélération ne dépend ni de la masse ni de la nature du corps. Elle est constante, verticale, vers le bas.

Propriété — le mouvement est plan. $\vec{a}_G$ étant constant et $\vec{v}_0$ donné, le mouvement se fait entièrement dans le plan vertical contenant $\vec{v}_0$ et $\vec{g}$: la troisième coordonnée reste nulle à tout instant.

2 ÉQUATIONS HORAIRES ET TRAJECTOIRE

Méthode — établir les équations horaires. projeter $\vec{a}_G = \vec{g}$ sur les axes, puis **primitiveux deux fois** en déterminant les constantes d'intégration avec les conditions initiales ($\vec{v}_0$ et la position de départ).

Propriété. Lancer depuis l'origine O avec une vitesse $\vec{v}_0$ faisant l'angle α avec l'horizontale, dans le repère $(O; x, z)$ d'axe (Oz) vertical ascendant :

$$a_x = 0, \quad a_z = -g; \quad v_x = v_0 \cos \alpha, \quad v_z = -gt + v_0 \sin \alpha; \quad x(t) = v_0 \cos \alpha t, \quad z(t) = -\frac{1}{2} g t^2 + v_0 \sin \alpha t.$$

En éliminant t ($t = x / (v_0 \cos \alpha)$), on obtient l'équation de la **trajectoire**, une **parabole** :

$$z(x) = -\frac{g}{2 v_0^2 \cos^2 \alpha} x^2 + x \tan \alpha.$$

■ FORMULAIRE — Grandeurs caractéristiques d'un lancer depuis le sol

- **Sommet (flèche) :** atteint quand $v_z = 0$, soit $t_s = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$, et $z_{\max} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$.
- **Durée du vol** (retour à $z = 0$) : $t_v = 2 t_s = \frac{2 v_0 \sin \alpha}{g}$. **Portée :** $x_p = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$, maximale pour $\alpha = 45^\circ$.
- La vitesse ne s'annule jamais : au sommet, $v = v_x = v_0 \cos \alpha$.

3 MOUVEMENT DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE UNIFORME

Définition. Entre deux plaques parallèles distantes de d et soumises à la tension U , le **champ électrique** est uniforme, perpendiculaire aux plaques et dirigé de la plaque positive vers la plaque négative, de valeur

$$E = \frac{U}{d} \quad (\text{en } \text{V} \cdot \text{m}^{-1}).$$

Propriété. Une particule de charge q y subit la force $\vec{F} = q \vec{E}$ (de même sens que $\vec{E}$ si $q > 0$, de sens contraire si $q < 0$). Le poids étant négligeable devant elle, la deuxième loi donne $\vec{a} = \frac{q}{m} \vec{E}$, constant : on retrouve les mêmes équations que pour la chute libre, avec $\frac{qE}{m}$ à la place de g .

Propriété — deux dispositifs. Dans un **accélérateur linéaire**, $\vec{v}_0$ est parallèle à $\vec{E}$: le mouvement est rectiligne uniformément accéléré. Dans un **défecteur** (condensateur plan), $\vec{v}_0$ est perpendiculaire à $\vec{E}$: la trajectoire est une parabole, comme pour un projectile.

4 ASPECTS ÉNERGÉTIQUES

Propriété. $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ (en J), $E_{pp} = mgz$ (z compté sur un axe ascendant, origine choisie), $E_m = E_c + E_{pp}$.

Théorème — théorème de l'énergie cinétique. Entre deux positions A et B , $\Delta E_c = E_c(B) - E_c(A) = \sum W_{AB}(\vec{F})$. Le travail du poids vaut $W_{AB}(\vec{P}) = mg(z_A - z_B)$ et celui de la force électrique $W_{AB}(\vec{F}) = qU_{AB}$, où $U_{AB} = V_A - V_B$ est la tension entre le point de départ A et le point d'arrivée B .

Propriété. En chute libre, seul le poids travaille : l'énergie mécanique se **conserve**, $E_m = \text{constante}$. Une variation de E_m signale des frottements, qui dissipent de l'énergie.

5 SAVOIR-FAIRE DU CHAPITRE

► SAVOIR-FAIRE

- Montrer que le mouvement est plan et établir les équations horaires par primitivation, avec les conditions initiales.
- Établir l'équation de la trajectoire et l'exploiter : flèche, portée, durée du vol, condition pour atteindre une cible.
- Calculer $E = U/d$, la force $q\vec{E}$ et l'accélération d'une particule chargée ; traiter accélération et déviation.
- Utiliser la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique pour obtenir une vitesse.
- Exploiter une vidéo ou un programme Python donnant l'évolution des énergies au cours du mouvement.

6 EXEMPLES TYPES

★ EXEMPLE — lancer d'un ballon

$v_0 = 12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $\alpha = 40^\circ$, départ du sol. Flèche : $z_{\max} = \frac{12^2 \sin^2 40^\circ}{2 \times 9,81} = 3,0 \text{ m}$, atteinte à $t_s = \frac{12 \sin 40^\circ}{9,81} = 0,79 \text{ s}$.
Durée du vol $t_v = 1,6 \text{ s}$ et portée $x_p = \frac{12^2 \sin 80^\circ}{9,81} = 14 \text{ m}$.

★ EXEMPLE — électron accéléré

Un électron ($m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, charge $-e$ avec $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$) part sans vitesse et traverse une tension accélératrice $U = 500 \text{ V}$. Le théorème de l'énergie cinétique donne $\frac{1}{2}m_e v^2 = eU$, d'où

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,60 \times 10^{-19} \times 500}{9,11 \times 10^{-31}}} = 1,3 \times 10^7 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}.$$

★ EXEMPLE — champ dans un condensateur plan

Deux plaques distantes de $d = 5,0 \text{ cm}$ sous $U = 500 \text{ V}$: $E = U/d = 500/0,050 = 1,0 \times 10^4 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$. Un électron y subit $F = eE = 1,60 \times 10^{-19} \times 1,0 \times 10^4 = 1,6 \times 10^{-15} \text{ N}$, très grande devant son poids ($8,9 \times 10^{-30} \text{ N}$) : le poids est bien négligeable.

★ EXEMPLE — conservation de l'énergie mécanique

Une bille est lâchée sans vitesse d'une hauteur $h = 1,8 \text{ m}$. Son énergie mécanique se conserve jusqu'au sol, donc $mgh = \frac{1}{2}mv^2$ et $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 1,8} = 5,9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, vitesse indépendante de la masse.

✗ PIÈGES

- Croire que la vitesse est nulle au sommet de la trajectoire : seule sa composante *verticale* s'annule.
- Oublier le signe — dans $a_z = -g$ quand l'axe (Oz) est orienté vers le haut, ou changer d'orientation en cours de calcul.
- Négliger le poids devant la force électrique *sans le vérifier*, ou au contraire le garder pour un électron.
- Confondre trajectoire $z(x)$ et équation horaire $z(t)$: la première ne contient plus le temps.