Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme

Fiche méthode

(Physique-chimie Tle spécialité · Mouvement et interactions · Relier les actions appliquées à un système à son mouvement)

La démarche pour étudier un mouvement dans le champ de pesanteur

1. Je fixe le cadre : système, référentiel terrestre supposé galiléen, repère avec Ox horizontal et Oz vertical vers le haut, origine.

2. Je fais le bilan des forces : poids seul (chute libre), ou poids et autres forces.

3. J'applique la deuxième loi de Newton : $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G$, en chute libre $\vec{a}_G = \vec{g}$, puis je projette : $a_x = 0$, $a_z = -g$.

4. Je cherche les primitives avec les conditions initiales $v_0\cos\alpha$, $v_0\sin\alpha$, z_0 : v_x, v_z, puis $x(t)$ et $z(t)$.

5. Je traduis la question : sommet $v_z = 0$, sol $z = 0$, cible $x = d$; ou l'énergie mécanique pour une vitesse à une altitude donnée.

Le réflexe — en chute libre, $\vec{a} = \vec{g}$: tout le reste vient de deux primitives et des conditions initiales.

Cas 1 · Appliquer la deuxième loi de Newton

Réflexe — bilan des forces, $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = m\,\vec{a}_G$, projection sur un axe orienté.

Exemple. Une calèche de 750 kg (passagers compris) est tirée par un cheval avec une force horizontale de 900 N ; les frottements valent 300 N. Accélération ?

Axe dans le sens du mouvement : $F - f = m\,a$, donc $a = \dfrac{900 - 300}{750} = \mathbf{0{,}80\ m\cdot s^{-2}}$.

Attention — à vitesse constante, la traction vaut exactement les frottements : l'accélération est nulle, pas les forces.

Cas 2 · Étudier une chute verticale

Réflexe — $a_z = -g$, puis $v_z = -g\,t + v_{0z}$ et $z = -\frac{1}{2}g\,t^2 + v_{0z}\,t + z_0$.

Exemple. Une pierre est lancée vers le bas à 2,50 m·s⁻¹ depuis un pont de 7,50 m. Durée de chute ?

$v_{0z} = -2{,}50$: $-4{,}905\,t^2 - 2{,}50\,t + 7{,}50 = 0$; $\Delta = 153{,}4$; $t = \dfrac{-2{,}50 + \sqrt{153{,}4}}{9{,}81} \approx \mathbf{1{,}01\ s}$.

Attention — lancer vers le bas avec un axe vers le haut : $v_{0z} < 0$.

Cas 3 · Établir les équations horaires et la trajectoire

Réflexe — $x = v_0\cos\alpha\,t$, $z = -\frac{1}{2}g\,t^2 + v_0\sin\alpha\,t + z_0$, puis $t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$.

Exemple. Tir horizontal à 4,0 m·s⁻¹ depuis 1,0 m de haut. Trajectoire et point de chute ?

$z = -\dfrac{9{,}81}{2\times 4{,}0^2}\,x^2 + 1{,}0 \approx -0{,}307\,x^2 + 1{,}0$; $z = 0$ pour $x \approx \mathbf{1{,}81\ m}$.

Attention — ne jamais remplacer t par x : passer par $t = \frac{x}{v_0\cos\alpha}$.

Cas 4 · Calculer une flèche ou une portée

Réflexe — sommet $v_z = 0$; depuis le sol, $h = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$ et $x_p = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$.

Exemple. Tir depuis le sol à 12,0 m·s⁻¹ sous 60°. Flèche et portée ?

$$h = \frac{12{,}0^2 \times \sin^2 60^\circ}{2 \times 9{,}81} \approx \mathbf{5{,}50\ m}\ ;\ x_p = \frac{12{,}0^2 \times \sin 120^\circ}{9{,}81} \approx \mathbf{12{,}7\ m}.$$

Attention — lancer depuis une hauteur : on résout $z(t) = 0$, les formules ne valent plus.

Cas 5 · Utiliser la conservation de l'énergie mécanique

Réflexe — $v_B^2 = v_A^2 + 2\,g\,(z_A - z_B)$, sans la masse ni la direction.

Exemple. Un ballon passe à 2,0 m du sol à 8,0 m·s⁻¹. Vitesse en arrivant au sol ?

$v = \sqrt{8{,}0^2 + 2 \times 9{,}81 \times 2{,}0} \approx \mathbf{10{,}2\ m{\cdot}s^{-1}}$, quelle que soit la direction de $\vec{v}$.

Attention — l'énergie relie une vitesse à une altitude ; elle ne donne ni une date ni une abscisse.

Cas 6 · Exploiter une vidéo

Réflexe — $z(t)$ modélisée par $C\,t^2 + D\,t + E$: $g_{\text{exp}} = -2\,C$, puis écart relatif.

Exemple. Le modèle donne $z = -4{,}95\,t^2 + 2{,}10\,t$. Le modèle de la chute libre convient-il ?

$g_{\text{exp}} = 9{,}90$ m·s⁻² ; écart $\frac{|9{,}90 - 9{,}81|}{9{,}81} \approx \mathbf{0{,}9\ \%}$: oui.

Attention — le coefficient de t^2 vaut $-\frac{g}{2}$, pas $-g$.

Les pièges

- Croire qu'au sommet d'un tir la vitesse est nulle : seule v_z s'annule, $v = v_0 \cos\alpha$.
- Croire que l'accélération est nulle au sommet : elle vaut $\vec{g}$ pendant tout le vol.
- Oublier l'altitude de départ z_0 dans $z(t)$.
- Utiliser la formule de la portée pour un lancer qui part d'une hauteur.
- Calculer un cosinus en radians au lieu de degrés.

Ce document est la propriété intellectuelle de Ben, professeur particulier (benprofparticulier.fr), protégée par le Code de la propriété intellectuelle (art. L. 111-1 et L. 122-4). Il est mis à disposition pour un usage personnel de révision. Toute reproduction, diffusion, mise en ligne ou revente, totale ou partielle, sans autorisation écrite est interdite et constitue une contrefaçon (art. L. 335-2).