

Dynamique

Travaux dirigés

Exemples de questions de cours

- Donner les caractéristiques des forces suivantes : tension d'un fil, force de rappel d'un ressort, réaction d'un support sur un solide, poussée d'Archimède, frottements fluides, force électrostatique, force de gravitation, poids.
- Définir la quantité de mouvement d'un point.
- Établir l'expression de la quantité de mouvement d'un système constitué de deux points.
- Énoncer les 3 lois de Newton.
- Chute libre d'un point M dans le champ de pesanteur uniforme (vitesse initiale nulle)
- Mettre en équation le mouvement de chute dans le champ de pesanteur uniforme (vitesse initiale nulle) dans le cas où les frottements fluides sont de la forme $-k \cdot \vec{v}$. Déterminer l'expression de la vitesse limite.
- Mettre en équation le mouvement de chute dans le champ de pesanteur uniforme (vitesse initiale nulle) dans le cas où les frottements fluides sont de la forme $-k \cdot v \cdot \vec{v}$. Déterminer l'expression de la vitesse limite.

Exercices d'application

Exercice 1 – Montgolfière (📖)

Une montgolfière est composée d'une nacelle et d'un ballon, le tout de masse totale m . Le volume du ballon est noté V , la masse volumique de l'air chaud vaut ρ_c et la masse volumique de l'air froid vaut ρ_f .

- Q1.** Donner une condition sur le volume V pour que la montgolfière s'élève.

Exercice 2 – Le curling



Au curling, pendant la phase de « pousser et glisser », le joueur exerce sur la pierre, dont la vitesse initiale est nulle, une force $\vec{F}$ horizontale que l'on supposera constante (phase 1). Le joueur lâche ensuite la pierre qui glisse sur la glace (phase 2).

Un film vidéo tourné lors d'une compétition montre que la phase 1 de pousser et glisser dure environ 5 secondes. Dans la phase 2, lorsque la pierre est lâchée, on mesure une distance parcourue $D = 25$ m pendant une durée de 25 secondes.

On supposera que le mouvement de la pierre sur la glace se fait *sans frottements* selon une droite horizontale. On pourra modéliser la pierre par un point matériel A de masse $m = 20$ kg.

- Q1.** Placer approximativement le point A sur la pierre. Justifier.
- Q2.** En utilisant les lois de Newton, établir la nature du mouvement de la pierre sur la glace dans chacune des deux phases.
- Q3.** Tracer la courbe représentant la vitesse du point A en fonction du temps pour les phases 1 et 2.
- Q4.** Déterminer la valeur de la vitesse durant la phase 2.
- Q5.** Justifier que l'accélération de la pierre dans la phase 1 est constante. Calculer sa valeur.
- Q6.** En déduire la valeur de la force $\vec{F}$ exercée par le joueur sur la pierre dans la phase 1.

Exercice 3 – Aïe, caramba !

Vil Coyote tend un piège à Bip-Bip : juché sur un promontoire rocheux à une hauteur H au-dessus d'une route horizontale, il attend sa proie, prêt à faire basculer une enclume sur la tête de Bip-Bip. L'enclume commence sa chute verticale sans vitesse initiale au moment où Bip-Bip, qui se déplace à une vitesse de valeur v_0 constante le long de la route, se trouve à une distance d du point de chute. On suppose que les lois de la physique s'appliquent dans l'univers des Looney Tunes.

- Q1.** Schématiser la situation à la date initiale.
- Q2.** *Etablir* les équations horaires du mouvement de l'enclume dans un référentiel terrestre supposé galiléen.
- Q3.** Comment qualifier ce mouvement ?
- Q4.** Quelle est la durée de la chute de l'enclume ?
- Q5.** Comment qualifier le mouvement de Bip-Bip dans ce référentiel ?
- Q6.** Montrer que Bip-Bip a lâché l'enclume trop tard pour assommer Bip-Bip.
- Q7.** A quelle distance d' Bip-Bip aurait-il dû se situer du point de chute au moment où Vil Coyote lâche l'enclume pour être assommé ?

Données : $H = 30,0$ m ; taille de Bip-Bip $h = 1,20$ m ; $d = 50,0$ m ; $m_{\text{enclume}} = 20$ kg ; $v_0 = 110$ km.h⁻¹ ; le champ de pesanteur $\vec{g}$ est supposé uniforme de norme $9,81$ m.s⁻².

Exercice 4 – Coup franc (📖)

On étudie dans un référentiel galiléen de repère fixe un coup franc de football tiré à 20 m, face au but de hauteur 2,44 m et dans son plan médian vertical.

L'axe Oy est choisi suivant la verticale ascendante.

Le ballon, de masse $m = 1$ kg, est assimilé à un point matériel posé sur le sol initialement en O.

Le mur, de hauteur 1,90 m, est situé à 9,15 m du ballon. Le ballon est lancé avec une vitesse initiale de norme $v_0 = 20$ m.s⁻¹ et formant un angle α de 20° avec l'horizontale.

L'origine des dates correspond au départ du ballon. On néglige totalement les frottements.

- Q1.** Etablir les lois horaires du mouvement du ballon ainsi que l'équation de la trajectoire. On attend une démarche complète et rigoureuse.
- Q2.** Le ballon passe-t-il au-dessus du mur ?
- Q3.** Le tir est-il cadré ?

Exercice 5 – Le biathlon (📖)

Le biathlon est une épreuve combinant ski de fond et tir à la carabine. On étudie un aspect du parcours d'un athlète de masse $M = 75,0$ kg portant une carabine de masse $m_c = 4,0$ kg. Lors du tir, une balle de masse $m_b = 5,0$ g est expulsée de la carabine avec une vitesse $v_b = 310$ m.s⁻¹.

La balle doit atteindre l'une des cinq cibles disposées sur un support.



- Q1.** Calculer la quantité de mouvement de la balle à la sortie du canon.
- On souhaite déterminer la vitesse de recul $\vec{v}_c$ de la carabine. On ne tiendra pas compte des gaz éjectés.
- Q2.** Calculer sa valeur dans le cas où le système étudié est constitué de la carabine et de la balle, système supposé isolé avant et après le tir.
- Q3.** En réalité, l'athlète tient fermement la carabine en appui sur son épaule. Comment est modifié le raisonnement précédent dans ce cas ? Comment évolue alors la vitesse de recul par rapport au cas précédent ?

Exercice 6 – Chute dans un fluide visqueux

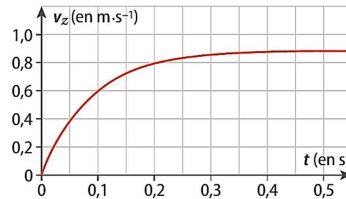
Une bille de masse $m = 2,0 \text{ g}$ est en chute verticale dans un fluide visqueux. On modélisera l'action du fluide sur la bille sur une force de frottement $\vec{f} = -k \cdot \vec{v}$, où $\vec{v}$ est la vitesse de la bille dans le référentiel du fluide et k une constante.

La bille est lâchée sans vitesse initiale à l'instant $t = 0 \text{ s}$.

Q1. Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la vitesse $\vec{v}$ de la bille. La mettre sous la forme $\tau \frac{d\vec{v}}{dt} + \vec{v} = \vec{v}_{\text{lim}}$ en précisant les expressions de τ et de $\vec{v}_{\text{lim}}$.

Q2. En déduire que $\vec{v} = \vec{v}_{\text{lim}} \cdot (1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$.

L'enregistrement du mouvement de la bille donne la courbe suivante pour la coordonnée v_z de la bille sur un axe (Oz) vertical orienté vers le bas.



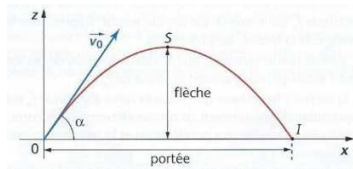
Q3. Déterminer graphiquement τ et v_{lim} .

Q4. En déduire la valeur du coefficient k et son unité.

Exercices d'entraînement**Exercice 7 — Flèche et portée**

Une balle de golf, que l'on modélisera par un point matériel A , est lancée d'un point O , situé au niveau du sol avec une vitesse $\vec{v}_0$, vecteur formant un angle α avec l'horizontale.

On appelle « flèche » l'altitude la plus élevée atteinte par le projectile et « portée » la distance entre le point de lancement O et le point d'impact I sur le sol. On suppose que les interactions de la balle avec l'air sont négligeables.



Q1. Déterminer la flèche et la portée quand $\alpha = 30^\circ$ et $v_0 = 18 \text{ m.s}^{-1}$.

Exercice 8 — Iceberg

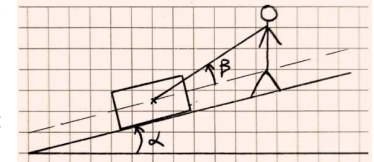
On assimile un iceberg à un bloc de glace cubique d'arête a et on appelle h sa hauteur au-dessus du niveau de la mer.

Q1. Calculer le rapport h/a en supposant que cet iceberg à 0°C flotte sur l'eau à 0°C .

Données : masse volumique de l'eau à 0°C : $\rho_l = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
 masse volumique de la glace à 0°C : $\rho_s = 0,92 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Exercice 9 – Traîneau sur un plan incliné (entraînement à la projection de vecteur)

Un traîneau de masse m est tiré sur un plan incliné (faisant un angle α par rapport à l'horizontale) par un fil faisant un angle β par rapport à la ligne de plus grande pente. On suppose qu'il y a des frottements solides entre le traîneau et le sol avec un coefficient de frottement f .



Q1. Dans le cas où le mouvement est rectiligne uniforme, déterminer en fonction de m , g , f et les angles α et β les expressions des composantes de la réaction du sol et de la force de traction, supposée constante.

Q2. Vérifier et commenter les expressions en cas d'absence de frottements.

Arrivé au sommet de la côte, il est abandonné sans vitesse initiale sur un nouveau plan incliné d'angle θ par rapport à l'horizontale.

Q3. Calculer l'accélération du traîneau dans la descente.

Q4. Quelle condition doit vérifier θ pour que le traîneau se mette en mouvement ?