

Approfondissement Principe d'inertie

Construction de $\Delta\vec{v}$, Galilée, saut stratosphérique, référentiels, satellite géostationnaire

5 exercices · niveau ●●● · durée conseillée : 2 h 30 · calculatrice autorisée



R. RINGUET · 2026 – 2027

Exercice 1 Construire la variation du vecteur vitesse



Une petite bille, posée sur une table à coussin d'air horizontale, est reliée par un fil tendu à un point fixe O . Lancée convenablement, elle décrit un cercle à vitesse constante. La figure 1 montre trois positions successives M_1 , M_2 et M_3 , séparées par $\Delta t = 0,10$ s, et les vecteurs vitesse correspondants, tracés à l'échelle $1,0 \text{ cm} \leftrightarrow 0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

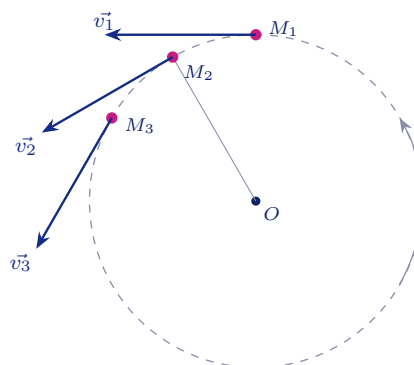


Figure 1 — Mouvement circulaire uniforme
($\Delta t = 0,10$ s)

- 1.1 Mesurer la longueur des trois vecteurs vitesse et en déduire la valeur de la vitesse de la bille. Le mouvement est-il uniforme ?
- 1.2 Le vecteur vitesse de la bille varie-t-il malgré tout ? Justifier précisément.
- 1.3 Sur un schéma à l'échelle, construire $\Delta\vec{v} = \vec{v}_3 - \vec{v}_1$ en traçant $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_3$ à partir d'un même point, puis le reporter à partir de M_2 .
- 1.4 Vers où pointe $\Delta\vec{v}$? En déduire la direction et le sens de la résultante des forces, puis nommer la force responsable (le poids et l'action du coussin d'air se compensent).
- 1.5 En M_3 , le fil casse. Décrire le mouvement ultérieur de la bille sur la table, le justifier par le principe d'inertie et tracer la trajectoire obtenue.

Exercice 2 Galilée et les plans inclinés



Vers 1600, Galilée laisse rouler une bille sur un plan incliné puis la laisse remonter sur un second plan (figure 2) : elle remonte presque à la hauteur de départ, quelle que soit l'inclinaison du second plan, et parcourt une distance de plus en plus grande lorsque cette inclinaison diminue.

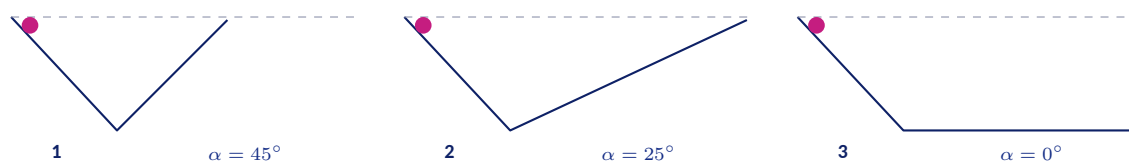


Figure 2 — Les plans inclinés de Galilée (α : inclinaison du second plan) ; le trait pointillé indique la hauteur de départ

- 2.1 Sur le premier plan, la bille prend de la vitesse. Que peut-on en déduire sur les forces qui s'exercent sur elle ? Donner la direction et le sens de la résultante.
- 2.2 Sur le second plan, la bille ralentit. Mêmes questions.
- 2.3 Dans le cas 3, le second plan est horizontal et parfaitement lisse. Quelle hauteur la bille doit-elle atteindre ? Qu'en conclure sur son mouvement ? Rapprocher cette conclusion du principe d'inertie.
- 2.4 Avant Galilée, on pensait qu'une force est nécessaire pour *entretenir* le mouvement, car tout objet lancé finit par s'arrêter. Expliquer pourquoi cette observation ne contredit pas le principe d'inertie, puis citer deux dispositifs de laboratoire rendant les frottements négligeables.

Exercice 3 Le saut stratosphérique



En 2012, un parachutiste de masse totale $m = 118 \text{ kg}$ s'élance d'un ballon stratosphérique à l'altitude $h = 39 \text{ km}$. L'air y est si raréfié que les frottements sont d'abord presque nuls : la vitesse atteint $370 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ après 50 s. En descendant, l'air devient plus dense : la vitesse *diminue* jusqu'à $60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ vers 10 km d'altitude, puis se stabilise à $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ avant l'ouverture du parachute.

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • poids $P = m \times g$ • gravitation $F = G m_A m_B / d^2$ avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ • $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ • $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

- 3.1 Calculer le poids du parachutiste au niveau du sol.
- 3.2 Calculer la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le parachutiste à l'altitude h , puis l'intensité de la pesanteur g_h . Commenter : « à 39 km, on ne pèse presque plus rien ».
- 3.3 Pendant les premières secondes, justifier que le mouvement est pratiquement une chute libre ; donner la direction et le sens de $\Delta \vec{v}$ et ceux de la résultante.
- 3.4 Entre 30 km et 10 km, la vitesse passe de $370 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à $60 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Donner la direction et le sens de $\Delta \vec{v}$, puis ceux de la résultante ; comparer les valeurs des frottements et du poids, et expliquer.
- 3.5 Lorsque la vitesse se stabilise à $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, que peut-on dire des forces ? En déduire la valeur de la force de frottement de l'air.
- 3.6 Exprimer $370 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ et expliquer pourquoi un tel record n'aurait pas été possible à basse altitude.

Exercice 4 Changer de référentiel



Une bille est posée sur le plancher parfaitement lisse d'un wagon qui roule sur une voie rectiligne et horizontale : les frottements entre la bille et le plancher sont négligeables.

- 4.1 Le wagon roule à vitesse constante. Dans le référentiel terrestre, faire l'inventaire des forces exercées sur la bille et dire si elles se compensent. Quel est son mouvement dans le référentiel terrestre ? dans celui du wagon ?
- 4.2 Le conducteur freine. Les forces exercées sur la bille se compensent-elles toujours ? Qu'en déduire sur son vecteur vitesse dans le référentiel terrestre ?
- 4.3 Pour un passager assis, la bille se met à glisser vers l'avant : il en conclut qu'« une force la pousse ». Expliquer pourquoi ce raisonnement est faux.
- 4.4 (*Hors programme — pour aller plus loin.*) Le principe d'inertie n'est valable que dans certains référentiels, appelés référentiels galiléens. Le référentiel du wagon qui freine en est-il un ? Justifier à partir de la question précédente.

Exercice 5 Le satellite géostationnaire



Un satellite de télécommunications de masse $m = 2,5 \times 10^3 \text{ kg}$ est *géostationnaire* : vu du sol, il paraît immobile au-dessus d'un point de l'équateur. Dans le référentiel géocentrique, il décrit une orbite circulaire de rayon $r = 4,22 \times 10^7 \text{ m}$ en $T = 24 \text{ h}$.

■ **DONNÉES** $g = 9,8 \text{ N}\cdot\text{kg}^{-1}$ • poids $P = m \times g$ • gravitation $F = G m_A m_B / d^2$ avec $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$ • $M_T = 5,97 \times 10^{24} \text{ kg}$ • $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$

- 5.1 Calculer la force gravitationnelle exercée par la Terre sur le satellite, puis son poids au sol. Par combien la force est-elle divisée entre le sol et l'orbite ? Justifier cet ordre de grandeur avec l'expression de F .
- 5.2 Dans le référentiel géocentrique, le satellite parcourt son orbite à vitesse constante : son vecteur vitesse varie-t-il ? Les forces se compensent-elles ? Calculer la valeur de sa vitesse ($v = \frac{2\pi r}{T}$), en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 5.3 Dans le référentiel terrestre, le satellite est immobile : un élève en déduit que « les forces se compensent ». Pourquoi est-ce incorrect ? (Le principe d'inertie ne s'applique pas dans n'importe quel référentiel.)
- 5.4 Si la Terre cessait brusquement d'attirer le satellite, décrire son mouvement dans le référentiel géocentrique et justifier.