

## Exercices 2 Deuxième loi de Newton

Application : frottements, plan incliné, propulsion, exploitation de mesures

7 exercices · niveau ●●○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée



R. RINGUET · 2026 – 2027

### ★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Exploiter un enregistrement (courbe  $v(t)$ , chronophotographie) pour déterminer une accélération, puis une force.
- Traiter un plan incliné avec frottements ; appliquer la deuxième loi de Newton à la propulsion d'un lanceur, à un système plongé dans un fluide et à un mouvement circulaire.

### Exercice 1 Le démarrage d'un tramway

●●○

Un tramway de masse  $m = 45 \text{ t}$  démarre sur une voie rectiligne et horizontale. Un capteur embarqué enregistre la vitesse de son centre de masse (figure 1).

- 1.1 Décrire le mouvement du tramway sur chacune des deux phases.
- 1.2 Déterminer graphiquement l'accélération pendant la première phase, puis la valeur, la direction et le sens de la somme des forces extérieures.
- 1.3 Pendant la seconde phase, que vaut cette somme ? Le moteur a-t-il pour autant cessé d'exercer une force motrice ? Justifier.
- 1.4 Un passager de  $70 \text{ kg}$  est debout dans la rame : calculer la force horizontale qu'il subit au démarrage et préciser son origine.

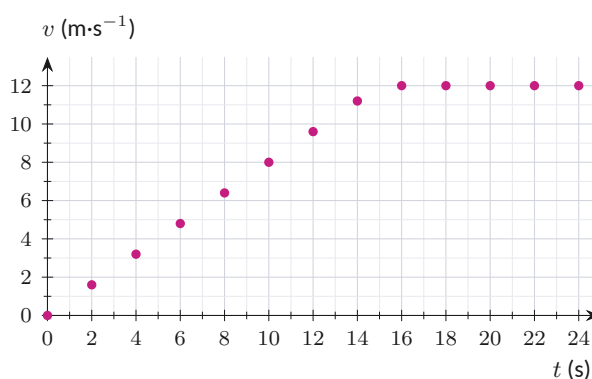


Figure 1 — Vitesse du tramway au démarrage

### Exercice 2 Une caisse sur une rampe de déchargement

●●○

Une caisse de masse  $m = 35 \text{ kg}$  est posée en haut de la rampe d'un camion, inclinée d'un angle  $\alpha = 25^\circ$  sur l'horizontale (figure 2). La réaction de la rampe se décompose en une composante normale  $\vec{R}_N$  et une composante tangentielle  $\vec{f}$ , opposée au mouvement (ou au mouvement qui tendrait à se produire).

■ DONNÉES  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$

- 2.1 La caisse reste immobile. Montrer que  $f = mg \sin \alpha$  et  $R_N = mg \cos \alpha$ , puis calculer ces deux valeurs.
- 2.2 La rampe est graissée : la valeur des frottements tombe à  $f = 60 \text{ N}$ . Montrer que la caisse se met à glisser et calculer son accélération.
- 2.3 La rampe mesure  $3,0 \text{ m}$  et la caisse part sans vitesse de son sommet : avec quelle vitesse, en  $\text{km.h}^{-1}$ , arrive-t-elle en bas ?
- 2.4 Le livreur la retient par une corde parallèle à la rampe pour qu'elle descende à vitesse constante : déterminer la tension de la corde.

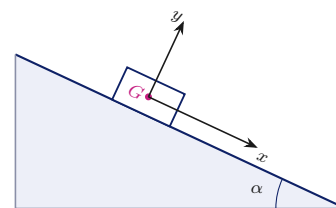


Figure 2 —  $(Ox)$  est dirigé vers le bas de la rampe.

### Exercice 3 Chronophotographie d'un palet



Un palet de masse  $m = 120 \text{ g}$  est lancé sur une table horizontale recouverte d'un tapis ; une caméra enregistre les positions de son centre de masse  $G$  toutes les  $\tau = 100 \text{ ms}$  (figure 3 ; 1 cm sur la figure représente 10 cm réels).

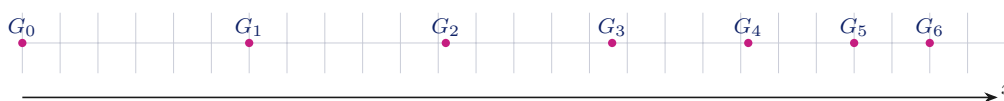


Figure 3 — Positions de  $G$  toutes les 100 ms (quadrillage de pas 5 mm)

- 3.1 Décrire qualitativement le mouvement du palet, puis déterminer les vitesses  $v_1$  et  $v_5$  à l'aide de la relation  $v_n \approx \frac{G_{n-1}G_{n+1}}{2\tau}$ .
- 3.2 En déduire la valeur de l'accélération entre  $t_1$  et  $t_5$  ainsi que le sens du vecteur accélération.
- 3.3 Faire le bilan des forces appliquées au palet et en déduire la valeur de la force de frottement du tapis, supposée constante.
- 3.4 Montrer que la vitesse en  $G_0$  vaut  $v_0 = 3,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , puis estimer la distance totale parcourue jusqu'à l'arrêt.

### Exercice 4 Décollage d'un lanceur



Au décollage, un lanceur léger de masse totale  $m = 2,1 \times 10^5 \text{ kg}$  est propulsé par ses moteurs, qui exercent sur lui une force verticale vers le haut, la poussée, de valeur  $F = 4,3 \times 10^6 \text{ N}$ . La résistance de l'air est négligée et la masse supposée constante pendant les premières secondes du vol.

■ **DONNÉES**  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

- 4.1 Calculer la valeur du poids du lanceur au décollage. Que se passerait-il si la poussée lui était inférieure ?
- 4.2 Établir l'expression littérale de l'accélération du lanceur en fonction de  $F$ ,  $m$  et  $g$ , puis la calculer.
- 4.3 En déduire la vitesse du lanceur et l'altitude atteinte 10 s après le décollage.
- 4.4 Le lanceur consomme  $1,1 \times 10^3 \text{ kg}$  d'ergols par seconde : expliquer sans calcul comment évolue son accélération pendant la première minute, la poussée restant constante.

### Exercice 5 Remontée d'un plongeur



Un plongeur en scaphandre, équipement compris, a une masse  $m = 86 \text{ kg}$  et un volume  $V = 82 \text{ L}$ . Il est totalement immergé en mer.

■ **DONNÉES**  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  • masse volumique de l'eau de mer :  $\rho = 1,03 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  • poussée d'Archimède :  $\Pi = \rho_{\text{fluide}} V g$  (verticale, vers le haut)

- 5.1 Calculer la valeur de la poussée d'Archimède qui s'exerce sur lui et celle de son poids. S'il se laisse faire, coule-t-il ou remonte-t-il ? En négligeant les frottements de l'eau, déterminer la valeur et le sens de son accélération.
- 5.2 Il gonfle son gilet stabilisateur : son volume augmente de 4,0 L sans variation notable de masse. Montrer que le sens de l'accélération s'inverse et calculer sa nouvelle valeur.
- 5.3 En pratique la remontée se fait à vitesse constante ( $10 \text{ m}\cdot\text{min}^{-1}$  au maximum) : que vaut alors la somme des forces ? Quelle force, négligée jusqu'ici, intervient nécessairement ?

### Exercice 6 Dans le virage



Sur une piste d'essai, une voiture de masse  $m = 1,2 \times 10^3 \text{ kg}$  décrit un virage circulaire horizontal de rayon  $R = 80 \text{ m}$  à la vitesse constante  $v = 54 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ .

- 6.1 Dans le repère de Frenet, donner l'expression du vecteur accélération du centre de masse, puis calculer sa valeur, sa direction et son sens.
- 6.2 En déduire la somme des forces extérieures appliquées à la voiture. Le poids et la réaction normale étant verticaux, quelle force permet de tourner ? Calculer sa valeur.

- 6.3** Les pneus ne peuvent exercer une force horizontale supérieure à  $8,4 \times 10^3 \text{ N}$  : déterminer la vitesse maximale, en  $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ , à laquelle ce virage peut être pris sans dérapier.

### Exercice 7 Python : exploiter un enregistrement



Un mobile autoporteur de masse  $m = 0,50 \text{ kg}$  glisse pratiquement sans frottement sur une table inclinée. Les abscisses  $x$  de son centre de masse, relevées tous les  $\Delta t = 40 \text{ ms}$ , sont stockées dans une liste. Le programme ci-dessous calcule les vitesses, puis les accélérations.

```
1 dt = 0.040
2 m = 0.50
3 x = [0.000, 0.021, 0.046, 0.075, 0.108, 0.145, 0.186, 0.231, 0.280]
4
5 v = []
6 for i in range(1, len(x)-1):
7     v.append((x[i+1] - x[i-1]) / (2*dt))
8
9 a = []
10 for i in range(1, len(v)-1):
11     a.append((v[i+1] - v[i-1]) / (2*dt))
12
13 print("force :", ...) # ligne à compléter
```

- 7.1** Expliquer la formule utilisée à la ligne 7 pour calculer une vitesse. Pourquoi la boucle commence-t-elle à  $i = 1$  et s'arrête-t-elle avant le dernier indice ?
- 7.2** Calculer « à la main » les deux premières valeurs de la liste  $v$ , puis deux valeurs de la liste  $a$ . Que peut-on dire de l'accélération du mobile ?
- 7.3** Compléter la ligne 13 pour que le programme affiche la valeur de la somme des forces exercées sur le mobile. Quelle valeur obtient-on ?