

Exercices 2 Décrire un mouvement

Application : chronophotographies, équations horaires, mouvements circulaires, Python

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 une chronophotographie ou une vidéo : calculer des vitesses et une accélération approchées, puis construire les vecteurs correspondants à l'échelle.
- Dériver des équations horaires cartésiennes, y compris pour un mouvement circulaire ; utiliser le repère de Frenet ; écrire ou compléter un programme Python qui calcule des vitesses à partir de listes de positions.

Exercice 1 Chronophotographie sur une table inclinée

●●○

Un palet est lancé sur une table à coussin d'air inclinée. Une caméra placée perpendiculairement à la table filme le mouvement et fournit les positions successives M_0 à M_8 de son centre de masse, toutes les $\tau = 200$ ms (figure 1). Le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ est tracé dans le plan de la table, O étant confondu avec M_0 .

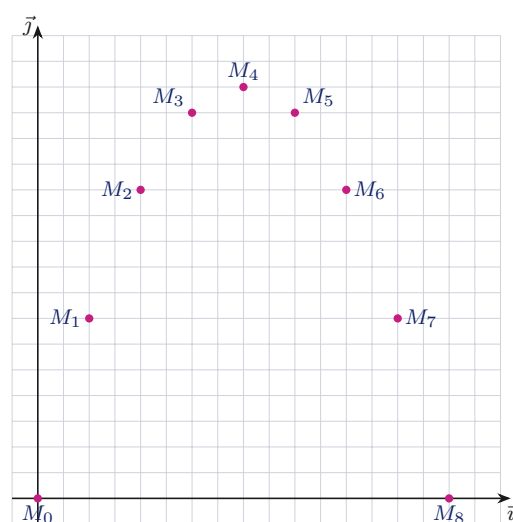


Figure 1 — Quadrillage de pas 5,0 cm (dimensions réelles)

- 1.1 Relever les coordonnées, en centimètres, des points M_1 , M_3 et M_5 . Le mouvement du palet est-il uniforme ? Justifier.
- 1.2 Montrer que le vecteur vitesse $\vec{v}_4$ est parallèle à $\vec{i}$ et que sa valeur est $v_4 = 0,50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- 1.3 Déterminer les coordonnées des vecteurs $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_6$, puis leurs normes. Que remarque-t-on pour leur composante selon $\vec{i}$?
- 1.4 Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}_4$ à partir de $\vec{v}_3$ et $\vec{v}_5$.
- 1.5 Sur une reproduction de la figure, construire $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_6$ (1 cm pour $0,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) puis $\vec{a}_4$ (1 cm pour $1,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Caractériser le vecteur accélération du palet.
- 1.6 (Ouverture sur le chapitre suivant.) On admet que, sur une table inclinée d'un angle α et sans frottement, la valeur de l'accélération vaut $a = g \sin \alpha$, avec $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. En déduire l'angle d'inclinaison de la table.

Exercice 2 Un mouvement circulaire en coordonnées cartésiennes

●●○

Dans le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$, un point M a pour équations horaires

$$x(t) = R \cos(\omega t) \quad \text{et} \quad y(t) = R \sin(\omega t),$$

avec $R = 2,0 \text{ m}$ et $\omega = 3,0 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$. On rappelle que $(\cos u)' = -u' \sin u$ et $(\sin u)' = u' \cos u$.

- 2.1 Calculer $x^2 + y^2$. En déduire la nature de la trajectoire de M , son centre et son rayon.
- 2.2 Établir les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}$, puis montrer que sa norme vaut $v = R\omega$. Calculer v et en déduire la nature exacte du mouvement, ainsi que sa période T .

- 2.3** Calculer le produit scalaire $\vec{v} \cdot \overrightarrow{OM}$. Quelle propriété du vecteur vitesse retrouve-t-on ?
- 2.4** Établir les coordonnées du vecteur accélération et montrer que $\vec{a} = -\omega^2 \overrightarrow{OM}$. Préciser sa direction et son sens, puis calculer sa valeur.
- 2.5** Vérifier que cette valeur est bien égale à $\frac{v^2}{R}$, conformément à l'expression de $\vec{a}$ dans le repère de Frenet.

Exercice 3 La centrifugeuse des pilotes



Pour entraîner les pilotes de chasse aux fortes accélérations, on les installe dans une nacelle fixée à l'extrémité d'un bras de longueur $R = 8,0 \text{ m}$ qui tourne autour d'un axe vertical. Au démarrage, la valeur de la vitesse de la nacelle augmente selon $v(t) = 2,0 t$ (v en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, t en s).

- 3.1** Quelle est la nature du mouvement de la nacelle ? Donner l'expression du vecteur accélération dans le repère de Frenet et calculer sa composante tangentielle a_t .
- 3.2** À la date $t = 10 \text{ s}$, calculer la valeur de la vitesse, puis la composante normale a_n et la valeur de l'accélération. Exprimer cette valeur en « g » (on prendra $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).
- 3.3** À quelle date les deux composantes a_t et a_n ont-elles la même valeur ?
- 3.4** La distance parcourue depuis le départ est $s(t) = t^2$ (s en m) : le vérifier par dérivation, puis déterminer le nombre de tours effectués en 10 s .

Exercice 4 Trois enregistrements



Trois mobiles se déplacent sur un même rail rectiligne. Un capteur enregistre leur abscisse x au cours du temps (figure 2).

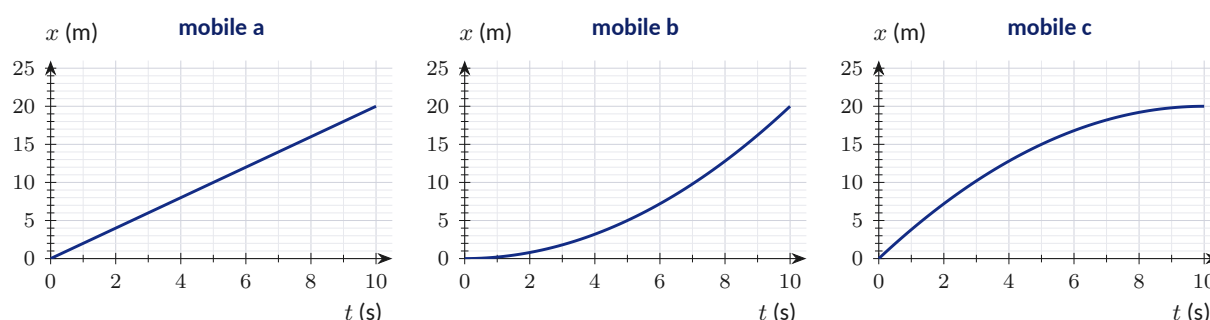


Figure 2 — Abscisse des trois mobiles au cours du temps

- 4.1** Décrire le mouvement de chacun des trois mobiles et le nommer précisément.
- 4.2** Déterminer graphiquement, en traçant une tangente, la valeur de v_x à la date $t = 5,0 \text{ s}$ pour chacun des trois mobiles. Commenter le résultat obtenu.
- 4.3** Les équations horaires sont $x_a = 2,0 t$, $x_b = 0,20 t^2$ et $x_c = 4,0 t - 0,20 t^2$ (unités SI). Vérifier par le calcul les réponses de la question précédente, puis déterminer l'accélération de chaque mobile.
- 4.4** À quelle date le mobile c s'arrête-t-il ? Quelle distance a-t-il alors parcourue ?

Exercice 5 Python : des positions aux vecteurs vitesse



Le pointage d'une vidéo fournit les coordonnées, en mètres, du centre de masse d'un projectile, relevées toutes les $\Delta t = 40 \text{ ms}$. Le programme ci-dessous calcule les coordonnées des vecteurs vitesse, puis les trace sur la trajectoire.

```
1 import matplotlib.pyplot as plt
2
3 dt = 0.040
4 x = [0.000, 0.048, 0.096, 0.144, 0.192, 0.240, 0.288]
5 y = [0.000, 0.040, 0.064, 0.072, 0.064, 0.040, 0.000]
6
```

```

7 vx, vy = [], []
8 for i in range(1, len(x) - 1):
9     vx.append((x[i+1] - x[i-1]) / (2*dt))
10    vy.append((y[i+1] - y[i-1]) / (2*dt))
11
12 plt.plot(x, y, "o")
13 plt.quiver(x[1:-1], y[1:-1], vx, vy, angles="xy", scale_units="xy", scale=20)
14 plt.axis("equal")
15 plt.show()

```

- 5.1** Expliquer les formules des lignes 9 et 10. Pourquoi la boucle commence-t-elle à $i = 1$ et s'arrête-t-elle avant le dernier indice ? Combien de vecteurs vitesse le programme calcule-t-il ?
- 5.2** Calculer « à la main » les deux premiers termes de la liste vx et les deux premiers termes de la liste vy . Que peut-on dire de la composante horizontale de la vitesse ?
- 5.3** Écrire les lignes de programme qui construisent la liste v des valeurs de la vitesse, puis affichent la plus grande d'entre elles. Quelle valeur obtient-on ?
- 5.4** La ligne 13 trace les vecteurs vitesse à partir des points de la trajectoire. En remarquant que $vx[i-1]$ est la composante horizontale de la vitesse au point M_i , écrire les deux lignes qui calculeraient les coordonnées du vecteur accélération au point M_3 , puis donner sa valeur.

Exercice 6 La grande roue



Une grande roue de 120 m de diamètre tourne régulièrement et effectue un tour complet en 30 min. Les nacelles sont fixées à la jante de la roue.

- 6.1** Quelle est la nature du mouvement d'une nacelle dans le référentiel terrestre ? Calculer la valeur de sa vitesse en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ puis en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.
- 6.2** Déterminer la valeur du vecteur accélération d'une nacelle et préciser sa direction et son sens au moment où la nacelle passe au point le plus haut.
- 6.3** Comparer cette valeur à $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$: combien de fois est-elle plus petite ? Commenter la sensation ressentie par les passagers.
- 6.4** Un boulon est fixé sur un rayon de la roue, à 30 m de l'axe : comparer sa période, sa vitesse et son accélération à celles d'une nacelle, puis vérifier par le calcul.

Exercice 7 Un mobile sur un rail incliné



Un mobile autoporteur est lâché sans vitesse initiale en haut d'un rail rectiligne incliné. Un capteur relève son abscisse x , mesurée le long du rail à partir du point de départ, toutes les $\tau = 0,20 \text{ s}$.

$t \text{ (s)}$	0	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00	1,20
$x \text{ (cm)}$	0	3,0	12,0	27,0	48,0	75,0	108,0

- 7.1** Calculer les valeurs des vitesses v_1 à v_5 aux dates 0,20 s à 1,00 s, en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
- 7.2** Tracer le graphe de v en fonction de t . Quelle est la nature du mouvement ? En déduire la valeur de l'accélération du mobile.
- 7.3** Justifier que l'équation horaire du mouvement s'écrit $x(t) = \frac{1}{2} a t^2$ et vérifier cette expression à la date $t = 1,20 \text{ s}$.
- 7.4** Le rail mesure 2,00 m. Déterminer la date à laquelle le mobile atteint le bas du rail, ainsi que la valeur de sa vitesse à cet instant.
- 7.5** (Ouverture sur le chapitre suivant.) Le mobile a une masse $m = 200 \text{ g}$. En admettant que la somme des forces qui s'exercent sur lui vérifie $\sum \vec{F} = m \vec{a}$, calculer la valeur de cette somme, puis, sachant que $a = g \sin \alpha$ avec $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, l'angle α d'inclinaison du rail.