

Thème : Mouvement et interactions

Chapitre : Décrire un mouvement

Objectifs :

- Identifier les échelles temporelles et spatiales pertinentes de description d'un mouvement.
- Choisir un référentiel pour décrire le mouvement d'un système.
- Expliquer, dans le cas de la translation, l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement d'un système.
- Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point et caractériser cette modélisation en termes de perte d'informations.
- Définir le vecteur vitesse moyenne d'un point
- Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$, où M et M' sont les positions successives à des instants voisins séparés de Δt ; le représenter.
- Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme.
- Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesses ; décrire la variation du vecteur vitesse.

Sommaire

1. Rappels du collège	2	c) Relativité et nature du mouvement	4
2. Cours	3	3. Activité 1 : Mouvement d'un drone	5
2.1 Le déplacement d'un système . . .	3	4. Activité 2 : Étude de mouvement rectiligne	6
a) Système et référentiel . . .	3	5. Activité 3 : Étudier le mouvement de chute d'un corps	7
b) Trajectoire	3	6. Exercices	9
c) Vecteur déplacement . . .	3		
2.2 La vitesse d'un système	4		
a) Vecteur vitesse moyenne . .	4		
b) Vecteur vitesse en un point	4		

2. Cours

2.1 Le déplacement d'un système

a) Système et référentiel

L'objet dont on étudie le mouvement est appelé le **système**.
Le mouvement d'un système est toujours décrit par rapport à un objet de référence, appelé **référentiel**.

• Les positions successives du système au cours du temps sont déterminées dans un **repère** d'espace ; le temps est mesuré à l'aide d'une **horloge**. L'association du repère et de l'horloge constitue le **référentiel**.

Les échelles temporelle et spatiale de description doivent être adaptées au mouvement étudié.

• Pour simplifier, on va se limiter à l'étude d'un seul point du système.

La description du mouvement d'un système modélisé par un point entraîne une perte d'informations lorsque les dimensions du système ne sont pas négligeables devant les distances intervenant dans l'étude.

b) Trajectoire

Dans un référentiel donnée, la **trajectoire** d'un système est l'ensemble de ses positions successives au cours du temps.

Le **mouvement** du système est :

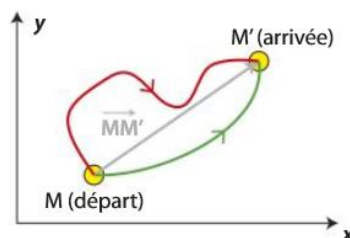
- **rectiligne** si sa trajectoire est une portion de droite ;
- **circulaire** si sa trajectoire est une portion de cercle ;
- **curviligne** dans les autres cas.

c) Vecteur déplacement

Lorsqu'un système se déplace entre deux positions notées M et M', on peut définir un **vecteur déplacement** que l'on note $\overrightarrow{MM'}$.

Ce vecteur a pour :

- **direction** : la droite (MM') ;
- **sens** : celui du mouvement (de M vers M') ;
- **valeur** : la distance séparant les points M et M'.



Le vecteur déplacement définit le plus court chemin d'un point à un autre. Cependant, ce chemin n'est pas toujours celui suivi par le système.

2.2 La vitesse d'un système

a) Vecteur vitesse moyenne

Dans un référentiel donné, entre les positions M et M', le vecteur vitesse moyenne \vec{v}_{moy} du système est le rapport du vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ par la durée Δt du parcours :

$$\vec{v}_{moy} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \quad (1)$$

Le vecteur vitesse moyenne est indépendant de la trajectoire du système entre M et M'. Il est colinéaire au vecteur déplacement $\overrightarrow{MM'}$ et de même sens.

b) Vecteur vitesse en un point

Au cours d'un mouvement, la vitesse peut évoluer en sens, en direction et en valeur. La notion de vitesse moyenne ne permet pas de le savoir.

Le **vecteur vitesse** \vec{v} en un point de la trajectoire est assimilé au vecteur vitesse moyenne obtenu pour une durée Δt extrêmement courte. Le vecteur vitesse en M s'écrit alors :

$$\vec{v} = \frac{\overrightarrow{MM'}}{\Delta t} \text{ avec } \Delta t \text{ extrêmement courte} \quad (2)$$

Le vecteur vitesse \vec{v} du système en un point a pour :

- **direction** : la tangente à la trajectoire ;
- **sens** : celui du mouvement ;
- **valeur** : celle de la vitesse, en $m.s^{-1}$.

Vidéo de cours sur le vecteur vitesse :



c) Relativité et nature du mouvement

Le mouvement d'un système dépend du **référentiel** utilisé pour le décrire. On dit que le mouvement est **relatif**.

- Dans un référentiel donné, l'évolution dans le temps du vecteur vitesse du système permet de décrire son mouvement.

a

\vec{v}_1 \vec{v}_2 \vec{v}_3

M_1 M_2 M_3 M_4 M_5

> La valeur du vecteur vitesse diminue : le mouvement rectiligne du système {voiture} est **décélééré**.

b

\vec{v}_1 \vec{v}_2 \vec{v}_3

M_1 M_2 M_3 M_4

> La valeur du vecteur vitesse augmente : le mouvement rectiligne du système {voiture} est **accélééré**.

c

\vec{v}_1 \vec{v}_2 \vec{v}_3

M_1 M_2 M_3 M_4 M_5

> La valeur du vecteur vitesse reste la même : le mouvement rectiligne du système {voiture} est **uniforme**.

- Si le vecteur vitesse a sa **direction** qui reste la même au cours du temps, alors le mouvement est **rectiligne**.
- Si le vecteur vitesse a sa **valeur** qui reste la même au cours du temps, alors le mouvement est **uniforme**.

3. Activité 1 : Mouvement d'un drone

Objectif :

- Décrire le mouvement d'un système par celui d'un point.
- Expliquer l'influence du choix du référentiel.

Un drone de loisir, piloté depuis le sol, peut être équipé d'une caméra. Il est muni de quatre hélices qui tournent et le mettent en mouvement.

Comment décrire le mouvement d'un drone ?

On étudie le mouvement d'un drone dans le référentiel terrestre lors de la phase de décollage vertical 1, puis de la phase de déplacement 2 durant laquelle il conserve sa trajectoire. Étant constitué de plusieurs parties, le drone peut être modélisé par l'un des points A, B, C ou D.



FIGURE 1 – Différents points du drone.

FIGURE 2 – A : point au sommet du drone - B : point à l'extrémité d'une hélice - C : point de la caméra - D : point au milieu d'une hélice.

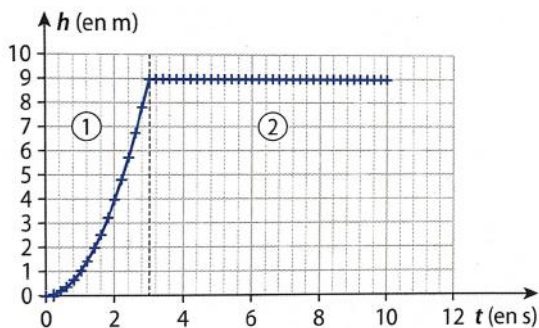


FIGURE 3 – Évolution de l'altitude du point A.

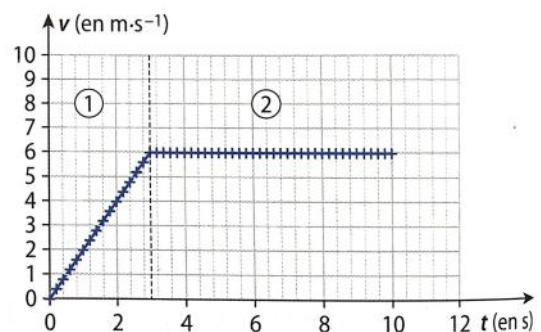


FIGURE 4 – Évolution de la valeur de la vitesse du point A.

- 1.a) Identifier, dans le référentiel terrestre, les points du drone en translation lors de chaque phase du mouvement.
- 1.b) En déduire les informations perdues si le drone est réduit à l'un des quatre points A, B, C ou D.
2. Pour les deux phases du mouvement du point A dans le référentiel terrestre :
 - a) caractériser sa trajectoire ;
 - b) indiquer l'évolution de la valeur de sa vitesse ;
 - c) décrire son mouvement.
3. Décrire le mouvement du point A dans le référentiel lié à la caméra.
4. Déduire des deux questions précédentes l'influence du choix du référentiel sur la description du mouvement du point A.

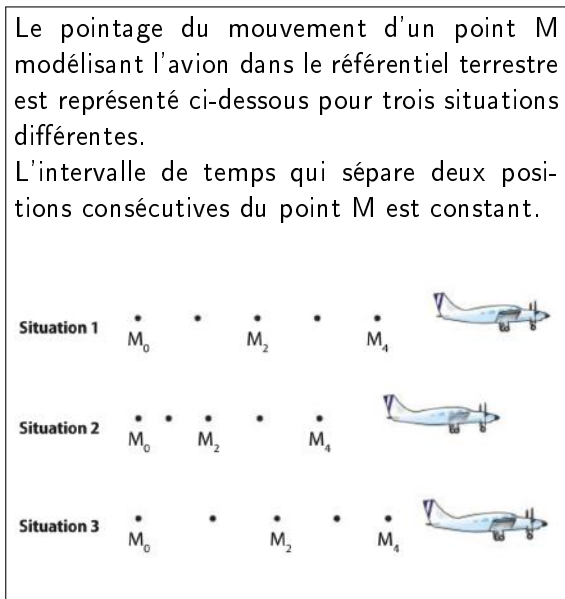
4. Activité 2 : Étude de mouvement rectiligne

Objectif :

- Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non uniforme.
- Approcher le vecteur vitesse d'un point à l'aide du vecteur déplacement.

Le décollage et l'atterrissage d'un avion sur la piste d'un aérodrome sont des exemples de mouvements rectilignes. Ils peuvent être étudiés en suivant l'évolution du vecteur vitesse de l'avion.

Quelles informations sur le mouvement rectiligne l'évolution des caractéristiques du vecteur vitesse fournit-elle ?



Situation	v_2 en M_2 $m.s^{-1}$	v_3 en M_3 $m.s^{-1}$
1	45	45
2	37	45
3	45	37

FIGURE 2 – Valeur de la vitesse du point mobile M

FIGURE 1 – Enregistrement de la trajectoire d'un point de l'avion.

- Pour chaque situation de l'enregistrement de la figure 1 :
 - Reproduire** le pointage et **préciser** la nature du mouvement du point M.
 - Tous les points de l'avion ont-ils le même mouvement que celui du point M ?
- En utilisant l'échelle $1,0cm \leftrightarrow 10m.s^{-1}$, **construire**, pour chaque situation de la figure 1, le vecteur vitesse \vec{v}_2 à la position 2 du point M et le vecteur vitesse \vec{v}_3 à la position 3 de ce point (figure 2).
 - Comment la comparaison de ces deux vecteurs vitesse permet-elle d'identifier le décollage ou l'atterrissage de l'avion ?
- Quelles informations sur le mouvement rectiligne l'évolution des caractéristiques du vecteur vitesse fournit-elle ?

5. Activité 3 : Étudier le mouvement de chute d'un corps

Objectif :

- Représenter des vecteurs vitesse.
- Décrire la variation du vecteur vitesse.
- Réaliser et exploiter une vidéo d'un système en mouvement et représenter des vecteurs vitesses.

En 1604, Galilée pose les bases de la mécanique en étudiant le mouvement de chute des corps. Pour ses travaux, il ne dispose pas d'instruments précis de mesure du temps. Depuis, les avancées technologiques et numériques permettent une analyse précise des mouvements.

Comment analyser le mouvement de chute d'un corps avec les outils numériques actuels ?

Partie A : Réaliser et exploiter une vidéo.

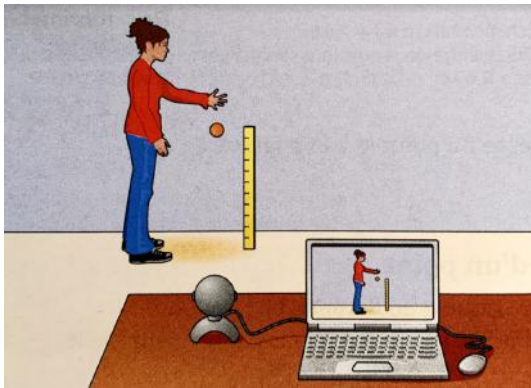


FIGURE 1 – Technique pour analyser un mouvement.

- Balle
- Caméra
- Règle étalon de mesure
- Ordinateur avec logiciel

FIGURE 2 – Matériel disponible.

1. Pourquoi utilise-t-on une règle étalon ?
2. **Émettre** une hypothèse sur la nature du mouvement de chute d'une balle lâchée sans vitesse initiale dans le référentiel terrestre.
3. **Mettre en œuvre** l'expérience. **Appeler** le professeur.
4. À partir des résultats, **représenter** les vecteurs vitesse du centre de la balle pour trois positions différentes. **Appeler** le professeur.
5. **Vérifier** l'hypothèse émise sur la nature du mouvement de la balle.
6. **Comparer** les caractéristiques des vecteurs vitesse représentés.

Partie B : Représenter des vecteurs vitesse à l'aide de la programmation

Le mouvement d'un système modélisé par un point M peut être analysé grâce à l'utilisation du langage de programmation Python. Dans le script du programme utilisé pour tracer des vecteurs vitesse, les premières instructions consistent à représenter un nuage des points représentant les positions.

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 #Positions du mobile
5 x=np.array([...,...,...])
6 y=np.array([...,...,...])
7
8 #Tracé de la chronophotographie
9 plt.plot(x,y,'o',markersize=4)
10 plt.xlabel("x (en m)")
11 plt.ylabel("y (en m)")
12 plt.title("Chronophotographie du mouvement")

```

Tableaux contenant les abscisses des positions du système et les ordonnées des positions du système.

Représentation graphique des positions du point M(x ; y) au cours du temps par le symbole 'o'. « markersize » règle la taille du symbole.

On peut ensuite tracer des vecteurs vitesse en utilisant les instructions suivantes.

<pre> 14 #Tracé des vecteurs vitesse 15 N=... 16 dt=... 17 for k in range(0, N-1) : 18 Vy=(y[...]-y[...])/dt 19 20 echelle=0.02 21 Vy=Vy*echelle 22 23 plt.quiver(x[...], y[...], 0, ..., 24 color="red", scale=1, scale_units='xy') 25 #Affichage 26 plt.show() </pre>	<p>Nombre total de positions adoptées par le système.</p> <p>Durée (en secondes) entre deux positions successives.</p> <p>① 1^{re} itération (k = 0) : $V_y = (y[1] - y[0]) / dt$ 2^e itération (k = 1) : $V_y = (y[2] - y[1]) / dt$ 3^e itération (k = 2) : $V_y = (y[3] - y[2]) / dt$... (k+1)^e itération : $V_y = (y[...]-y[...]) / dt$...</p> <p>Ajustement de la longueur du vecteur vitesse.</p> <p>② (k+1)^e itération : <code>plt.quiver(x[...], y[...], 0, ...)</code></p>
---	---

Les instructions dans la boucle *for* s'exécutent une première fois pour $k=0$ (1^{er} itération), puis pour $k=1$ (2^e itération), puis pour $k=2$ (3^e itération) jusqu'à $k=N-2$ ((N-1)^e itération).

À chaque itération un vecteur vitesse est tracé : \vec{v}_1 (1^{er} itération), puis \vec{v}_2 (2^e itération), puis \vec{v}_3 (3^e itération) jusqu'à \vec{v}_{N-1} ((N-1)^e itération).

La fonction `quiver(xM, yM, Vx, Vy)` permet de tracer un vecteur \vec{v} dont l'origine est $M(x_M, y_M)$ et dont les coordonnées sont (V_x, V_y) . Les arguments facultatifs `color="red"`, `scale=1` et `scale_units='xy'` dans la fonction permettent la mise en forme du vecteur.

7. Aller le site suivant :

<https://repl.it/@MarchettiB/DecrireunmouvementActivite3PartieB>.

8. Remplacer les pointillés des lignes 5 et 6 du script en indiquant dans le tableau les coordonnées x et y du point M, centre de la balle, aux positions successives 0, 1, 2, etc.

9.a) Compléter les lignes 15 et 16 du script.

b) Reproduire et compléter la troisième itération ($k = 2$) de l'encadré 1. Nommer le vecteur initial tracé lorsque toutes les instructions de la boucle ont été exécutées.

c) Reproduire et compléter la $(k + 1)^e$ itération (k quelconque) des encadrés 1 et 2.

d) Compléter les lignes 18 à 23 à l'aide de la réponse précédente, puis l'exécuter.

e) Expliquer pourquoi les instructions de la boucle *for* ne peuvent pas être réalisées une N^e fois.

10. Pourquoi n'est-il pas intéressant de tracer les vecteurs vitesse suivant l'axe x , (V_x) ?

6. Exercices

Exercice 1

Parmi les deux référentiels proposés ci-dessous, lequel permet de décrire le mouvement du ballon lancé par la joueuse vers le but ?



- Le référentiel lié au ballon.
- Le référentiel lié au gymnase.

Exercice 2

Un spectateur au sol observe des acrobaties aériennes.



1. **Identifier** le système et le référentiel.
2. La modélisation du système par un point permet-elle d'observer une vrille de l'avion ?

Exercice 3

Une dépanneuse tracte un véhicule et roule en ligne droite. Le système étudié est le véhicule en panne.

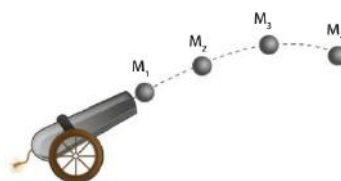
1. **Citer** deux référentiels pouvant être choisis pour étudier le mouvement.
2. **Décrire** le mouvement du système par rapport à chacun de ces référentiels.

Exercice 4



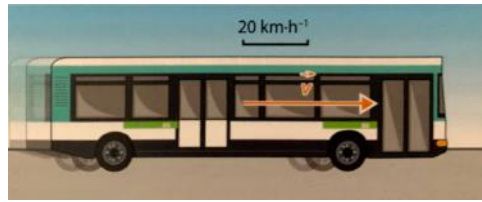
1. **Proposer** un référentiel dans lequel la personne sur le tapis roulant est immobile.
2. **Proposer** un référentiel dans lequel la personne sur le tapis roulant est en mouvement.
3. **Conclure** quant à l'influence du choix du référentiel.

Exercice 5



1. **Reproduire** le schéma de la situation ci-dessus, puis construire le vecteur déplacement $\overrightarrow{M_1M_4}$.
2. **Comparer** la distance M_1M_4 à la distance réellement parcourue par le système entre M_1 et M_4 .

Exercice 6

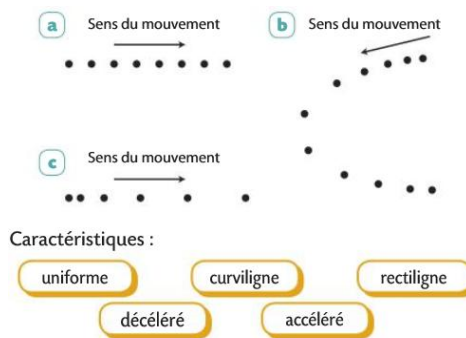


Un bus roule en ligne droite à allure constante.

Déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse moyenne en s'aide du vecteur vitesse tracé sur le schéma.

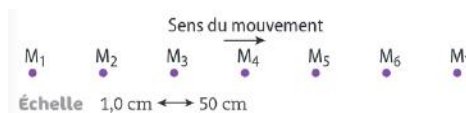
Exercice 7

Associer aux trois mouvements ci-dessous la (ou les) caractéristique(s) qui s'y rapporte(nt).



Exercice 8

Les positions du centre M d'un palet de hockey sont enregistrées toutes les 30 ms.



1. **Définir** le système étudié et le référentiel d'étude.
2. **Caractériser** la trajectoire du point M dans ce référentiel.
3. **Calculer** la valeur de la vitesse moyenne du système.
4. **Recopier** la chronophotographie et **représenter** les vecteurs vitesse \vec{v}_1 et \vec{v}_6 .
5. **Décrire** alors le mouvement du point M dans le référentiel choisi.

Exercice 9

La chronophotographie représente les positions successives d'un point G de l'assise d'une moto prises à des intervalles de temps égaux $\Delta t = 0,800s$.



1. **Définir** le système étudié et le référentiel.
2. **Décrire** le mouvement du système dans le référentiel d'étude.
- 3.a) **Calculer** la valeur de la vitesse moyenne du motard.
- b) **Recopier** la chronophotographie et **représenter** le vecteur vitesse moyenne \vec{v}_{moy} au point G2.
4. **Représenter** en utilisant la même échelle les vecteurs vitesse \vec{v}_3 et \vec{v}_5 .

Exercice 10

Sur les abords des routes, les services de gendarmerie utilisent deux types de radars pour contrôler la vitesse des conducteurs. Les radars tronçons contrôlent la valeur de la vitesse de l'automobiliste entre deux points de la route. Les autres radars, qu'ils soient fixes ou embarqués, contrôlent la valeur de la vitesse de l'automobiliste au moment de son passage devant le radar.

FIGURE 1 – Contrôle de vitesse.

La valeur de la vitesse d'un véhicule lors de son trajet entre les deux postes d'un radar tronçon, distants de 6 km, est représentée ci-dessous.

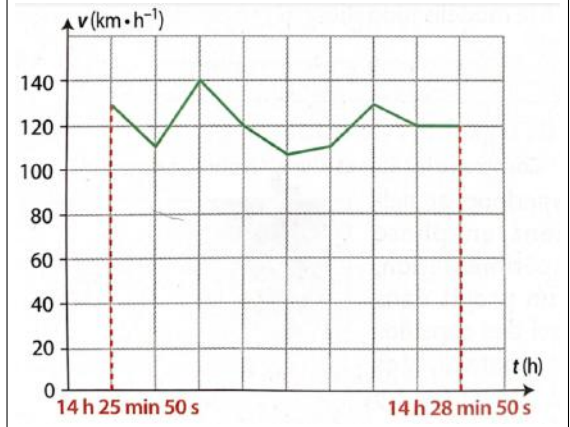


FIGURE 2 – Vitesse d'un véhicule sur une portion d'autoroute.

- 1.a) Quel radar, parmi ceux cités dans la première figure mesure une valeur de vitesse moyenne ? une valeur de vitesse en une position ?
- b) Dans quel référentiel ces valeurs de vitesses sont-elles mesurées ?
2. Calculer la valeur de la vitesse moyenne de l'automobiliste sur le tronçon concerné.
3. Sachant que l'automobiliste roule sur une autoroute par temps sec, est-il verbalisable ?

Résolution de problème

L'hyperloop, actuellement phase d'expérimentation, est un projet dans lequel des capsules transportant des voyageurs se déplacent sur coussins d'air dans des tubes. Dans le futur, ce système permettrait de relier Limoges et Paris en 20 minutes à *une vitesse dépassant largement celle d'un avion !*

À l'aide des documents et de vos connaissances, **vérifier** l'information en italique dans le texte.

