2nde - C9 - A01 : Décrire le mouvement d'un avion

Documentaire

Objectifs : Modéliser un système par un point. Choisir un référentiel et décrire un mouvement. Approcher et représenter le vecteur vitesse. Caractériser un mouvement rectiligne uniforme ou non.

Depuis le lycée, on peut observer chaque jour des avions décoller et atterrir à l'aéroport de Genève, tout proche. Pour comprendre, prévoir ou comparer ces mouvements, il faut choisir un point de vue adapté (système, référentiel), puis décrire précisément la position et la vitesse de l'avion au cours du temps.

Comment décrire le mouvement d'un système ?

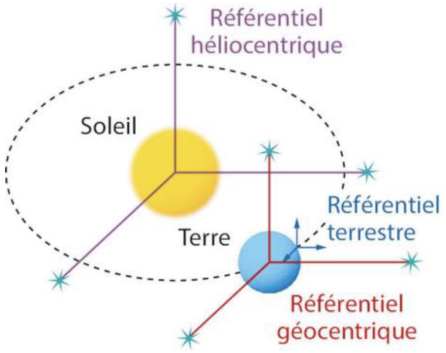
Partie A – Choisir un point de vue

Document 1 : Système et modélisation

Un **système** est la partie de l'Univers dont on fait l'étude. Pour simplifier l'étude d'un mouvement, on modélise le système par **un point**.
Une **chronophotographie** est une image obtenue en superposant plusieurs positions successives d'un même objet, prises à intervalles de temps réguliers : elle permet de visualiser l'évolution de sa position au cours du temps.

Document 2 : Référentiel

Le **référentiel** est l'objet de référence par rapport auquel on étudie le mouvement d'un système.



Document 3 : Description d'un mouvement

Un mouvement peut être décrit par :

- une information sur le **référentiel** par rapport auquel on étudie le mouvement ;
- une information sur sa **trajectoire** (mouvement rectiligne, curviligne ou circulaire) ;
- une information sur sa **vitesse** (mouvement uniforme, accéléré ou décéléré).

Situation : un avion à hélices **vole** en ligne droite, à altitude et à vitesse constantes, au-dessus de Genève. Une passagère est assise à bord, et le contrôleur aérien est immobile dans sa tour de contrôle.

1. **Citer** deux informations sur l'avion perdues lorsqu'on le modélise par un point, et **expliquer** l'intérêt de cette modélisation.
2. **Décrire** le mouvement de la passagère : **a.** dans le référentiel de l'avion ; **b.** dans le référentiel terrestre. **Expliquer** alors comment la passagère peut être à la fois immobile et en mouvement.
3. **Indiquer** le référentiel le plus adapté pour décrire le mouvement de l'avion au décollage, puis celui adapté pour décrire le mouvement de la Lune autour de la Terre.
4. Le contrôleur aérien est immobile dans le référentiel terrestre. **Identifier** un référentiel dans lequel il décrit un mouvement circulaire uniforme.
5. **Caractériser** la trajectoire : **a.** du centre de l'hélice dans le référentiel terrestre ; **b.** de l'extrémité d'une pale dans le référentiel de l'avion ; **c.** de l'extrémité d'une pale dans le référentiel terrestre.

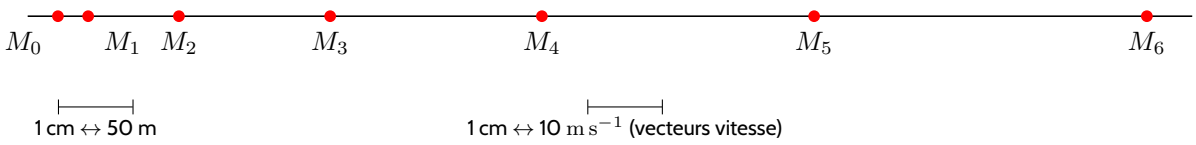
Partie B – Étudier la vitesse de l'avion

Document 4 : Rappel sur les vecteurs

Un vecteur possède trois caractéristiques : une **direction**, un **sens** et une **norme**. On le représente par une flèche dont la longueur est proportionnelle à sa norme, grâce à une **échelle**.
Exemple : pour un vecteur vitesse $\vec{v}$ de direction horizontale, de sens vers la droite et de norme $v = 20\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, avec l'échelle $1\ \mathrm{cm} \leftrightarrow 10\ \mathrm{m\,s^{-1}}$, on trace une flèche horizontale de $2\ \mathrm{cm}$ pointant vers la droite.

Document 5 : Chronophotographie du décollage d'un avion

Le mouvement d'un point M de l'avion, modélisant l'avion au décollage, est enregistré dans le référentiel terrestre. Les positions successives M_0 à M_6 sont séparées par la même durée $\Delta t = 4{,}0\ \mathrm{s}$.



1 cm ↔ 50 m

1 cm ↔ 10 $\mathrm{m\,s^{-1}}$ (vecteurs vitesse)

Position	M_0	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6
Instant t (s)	0	4	8	12	16	20	24
Abscisse x (m)	0	20	80	180	320	500	720

Document 6 : Vecteur vitesse d'un point

Entre deux positions successives très proches dans le temps, on approche le vecteur vitesse $\vec{v}_i$ au point M_i par :

$$\vec{v}_i \approx \frac{\overrightarrow{M_{i-1}M_{i+1}}}{2 \times \Delta t}$$

Le vecteur $\vec{v}_i$ a pour direction la tangente à la trajectoire, pour sens celui du mouvement, et pour norme $v_i = \dfrac{M_{i-1}M_{i+1}}{2 \times \Delta t}$.

Document 7 : Autres phases du vol

Vol à vitesse stabilisée : les positions successives (toujours séparées de $\Delta t = 4{,}0\ \mathrm{s}$) sont aux abscisses $x = 0$; 280 ; 560 ; 840 ; $1120\ \mathrm{m}$.
Atterrissage : le long de la piste, les positions successives d'un point de l'avion, toujours séparées d'une même durée Δt, sont de plus en plus rapprochées.

6. **Identifier** l'échelle temporelle et l'échelle spatiale utilisées pour la chronophotographie du document 5.
7. **Décrire** la trajectoire de l'avion au décollage dans le référentiel terrestre.
8. **Calculer** la vitesse v_2 au point M_2, en détaillant la méthode, puis **compléter** le tableau suivant :

Point	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
Distance $M_{i-1}M_{i+1}$ (m)					
Vitesse v_i ($\mathrm{m\,s^{-1}}$)					

9. **Expliquer** pourquoi on ne peut pas calculer v_0 ni v_6 avec cette méthode.

10. **Représenter** sur le document 5 les vecteurs vitesse $\vec{v}_1$ à $\vec{v}_5$, avec l'échelle $1\ \mathrm{cm} \leftrightarrow 10\ \mathrm{m\,s^{-1}}$.
11. **Comparer** les caractéristiques (direction, sens, norme) des vecteurs vitesse. **En déduire** la nature du mouvement de l'avion lors du décollage.
12. **Calculer** la vitesse moyenne de l'avion entre M_0 et M_6, puis **expliquer** pourquoi cette valeur ne suffit pas à décrire le décollage.
13. À partir du document 7, **calculer** la vitesse de l'avion en vol à vitesse stabilisée et **caractériser** son mouvement.
14. **Prévoir** l'évolution de la norme des vecteurs vitesse lors de l'atterrissage et **préciser** la nature du mouvement.
15. **Conclure :** quelles informations sur le mouvement rectiligne d'un point la représentation du vecteur vitesse apporte-t-elle ?

Correction

Partie A

1. En modélisant l'avion par un point, on perd des informations comme sa forme, sa taille, sa couleur, la rotation de ses hélices ou son orientation. L'intérêt est de simplifier l'étude : on ne suit que la position d'un seul point au cours du temps.

2. a. Dans le référentiel de l'avion, la passagère est **immobile**. **b.** Dans le référentiel terrestre, elle a un mouvement **rectiligne et uniforme** (comme l'avion). Le mouvement est relatif : on peut être à la fois immobile et en mouvement, tout dépend du référentiel choisi.

3. Pour l'avion au décollage, le référentiel **terrestre** (lié à la piste) est le plus adapté. Pour la Lune autour de la Terre, on choisit le référentiel **géocentrique** (centre de la Terre).

4. Le contrôleur décrit un mouvement circulaire uniforme dans le référentiel **géocentrique**, car la Terre tourne sur elle-même.

5. a. Le centre de l'hélice a une trajectoire **rectiligne** (une droite) dans le référentiel terrestre. **b.** L'extrémité d'une pale a une trajectoire **circulaire** (un cercle) dans le référentiel de l'avion. **c.** Dans le référentiel terrestre, l'extrémité d'une pale a une trajectoire **curviligne** (en forme d'hélice, ni rectiligne ni circulaire).

Partie B

6. Échelle temporelle : une position est enregistrée toutes les $\Delta t = 4{,}0$ s. Échelle spatiale : 1 cm sur le schéma représente 50 m réels.

7. Le point M se déplace suivant une droite : sa trajectoire est **rectiligne**.

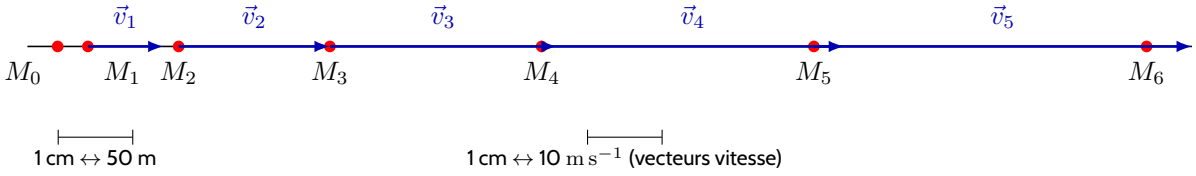
8. On utilise $v_i = \dfrac{M_{i-1}M_{i+1}}{2 \times \Delta t}$. Pour M_2 :

$$v_2 = \frac{M_1M_3}{2 \times \Delta t} = \frac{180 - 20}{2 \times 4{,}0} = \frac{160}{8{,}0} = 20 \text{ m s}^{-1}$$

Point	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5
Distance $M_{i-1}M_{i+1}$ (m)	80	160	240	320	400
Vitesse v_i (m s^{-1})	10	20	30	40	50

9. Le calcul de v_i nécessite les positions M_{i-1} et M_{i+1}. Pour M_0, il n'existe pas de position précédente, et pour M_6 pas de position suivante : on ne peut donc pas calculer v_0 ni v_6.

10. Les vecteurs vitesse ont pour longueurs 1, 2, 3, 4 et 5 cm (échelle 1 cm $\leftrightarrow 10$ m s^{-1}) :



11. Les vecteurs vitesse ont la **même direction** (celle de la piste) et le **même sens** (celui du mouvement), mais leur **norme augmente** au cours du temps. Le mouvement de l'avion est donc **rectiligne non uniforme, accéléré**.

12. La norme de la vitesse moyenne vaut :

$$v_{moy} = \frac{M_0M_6}{\Delta t_{\text{totale}}} = \frac{720}{24} = 30 \text{ m s}^{-1}$$

Cette valeur est une moyenne : elle ne donne aucune information sur la vitesse qui varie de 10 à 50 m s^{-1} au cours du décollage.

13. Pour le vol stabilisé : $v_i = \dfrac{M_{i-1}M_{i+1}}{2 \times \Delta t} = \dfrac{560}{8{,}0} = 70 \text{ m s}^{-1}$, identique en tout point. Les vecteurs vitesse sont égaux : le mouvement est **rectiligne et uniforme**.

14. Lors de l'atterrissage, les positions se rapprochent : la **norme des vecteurs vitesse diminue** au cours du temps, avec toujours la même direction et le même sens. Le mouvement est **rectiligne non uniforme, décéléré**.

15. La représentation des vecteurs vitesse permet de visualiser l'évolution de la vitesse : si leur norme augmente, l'avion accélère ; si elle diminue, il ralentit ; si les vecteurs sont égaux, le mouvement est uniforme.