

COURS

Mécanique — Mouvements et référentiels

3^e

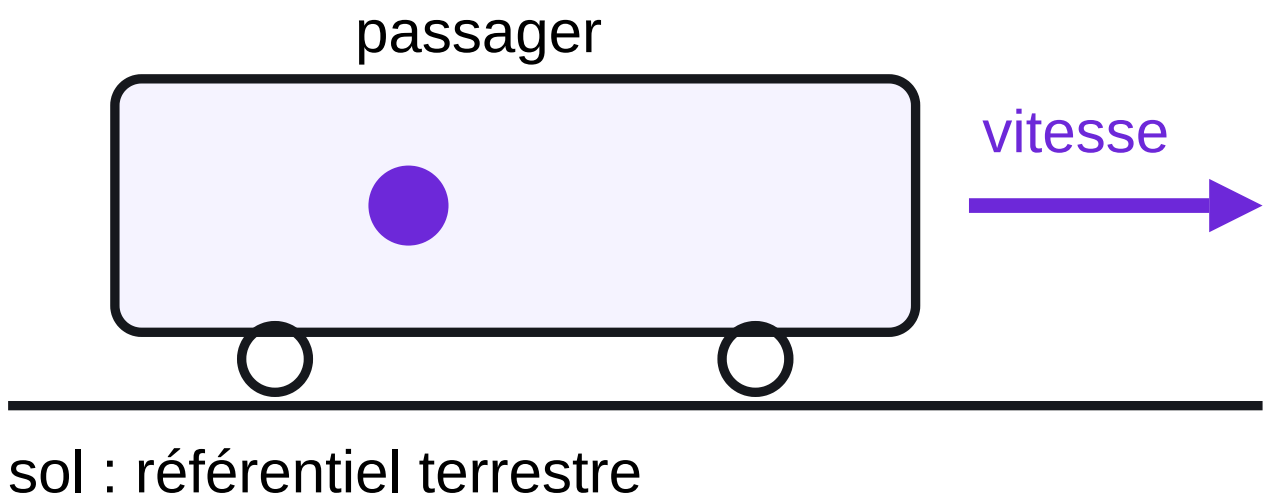
Programme du cycle 4 — arrêté du 9 novembre 2015, BO spécial n°11 du 26 novembre 2015

Un passager assis dans un TGV est-il immobile, ou file-t-il à 300 km/h ? **Les deux réponses sont justes**, et c'est tout le chapitre : un mouvement n'existe jamais seul, il existe *par rapport à quelque chose*. Choisir ce quelque chose — le **référentiel** — est le premier geste de la mécanique, et la première question du brevet.

1 Le référentiel : ce par rapport à quoi on décrit

DÉFINITION

Le **référentiel** est l'objet par rapport auquel on décrit le mouvement. Changer de référentiel change la description : le passager est **immobile** dans le référentiel du wagon, et en **mouvement rectiligne** dans le référentiel du sol. Aucune des deux descriptions n'est plus vraie que l'autre — elles répondent à deux questions différentes.



Le même passager, deux référentiels : immobile par rapport au wagon, en mouvement par rapport au sol.

Au collège, le référentiel employé est presque toujours le **référentiel terrestre** — un objet fixé au sol. Il n'est jamais sous-entendu : une phrase de conclusion qui ne le nomme pas est une phrase incomplète, et le correcteur le compte comme tel. On écrit « dans le référentiel terrestre, le mouvement est rectiligne uniforme », jamais « le mouvement est rectiligne uniforme ».

2 Décrire un mouvement : trajectoire et vitesse

DÉFINITION

La **trajectoire** est la ligne décrite par un point de l'objet au cours du temps. Elle est **rectiligne** si c'est une droite, **circulaire** si c'est un cercle, **curviligne** dans les autres cas. Elle dépend, elle aussi, du référentiel : la valve d'une roue de vélo décrit un cercle dans le référentiel du vélo, et une courbe ondulée dans le référentiel du sol.

DÉFINITION

La **vitesse moyenne** est le quotient de la distance parcourue par la durée du parcours. C'est une moyenne sur tout le trajet : elle ne dit rien de la vitesse à un instant donné, celle que lit le compteur.

$$v = \frac{d}{t}$$

RÈGLE

Deux unités de vitesse coexistent, et il faut savoir passer de l'une à l'autre. Pour aller des **km/h vers les m/s**, on divise par 3,6 ; pour revenir, on multiplie par 3,6. Ce 3,6 n'est pas une convention : une heure vaut 3 600 secondes et un kilomètre 1 000 mètres, et 3 600 divisé par 1 000 fait bien 3,6.

$$36 \div 3,6 = 10$$

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Calculer une vitesse en divisant 24 km par « 1 h 30 », écrit 1,30 dans la calculatrice. — Une durée ne se compte pas en base 10 : 1 h 30 min vaut **1,5 h** et non 1,30 h. L'erreur donne 18,5 km/h au lieu de 16 km/h — un résultat plausible, du bon ordre de grandeur, et faux. C'est l'erreur la plus fréquente de tout le chapitre, et elle ne se voit jamais sur la copie.

Le réflexe : Convertir la durée en heures décimales **avant** d'ouvrir la calculatrice : 30 min font 0,5 h, 15 min font 0,25 h, 45 min font 0,75 h, 20 min font un tiers d'heure.

EXEMPLE

Un coureur parcourt 400 m en 50 s. Calculer sa vitesse moyenne en m/s, puis en km/h.

- ① On divise la distance par la durée, les deux étant déjà dans les unités du système international :

$$400 \div 50 = 8$$

- ② Sa vitesse moyenne vaut donc 8 m/s. Pour l'exprimer en km/h, on multiplie par 3,6 :

$$8 \times 3,6 = 28,8$$

8 m/s, soit 28,8 km/h

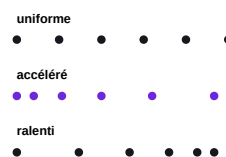
CALCULER UNE VITESSE, UNE DISTANCE OU UNE DURÉE

- ① Repérer laquelle des trois grandeurs est demandée, et lesquelles sont données.
- ② Convertir les durées en heures décimales, ou en secondes, selon l'unité de vitesse visée.
 $1 \text{ h } 30 = 1,5 \text{ h}$; $2 \text{ min } 30 \text{ s} = 150 \text{ s}$.
- ③ Appliquer la relation dans le sens utile.
 $d = v \times t$
- ④ Contrôler l'ordre de grandeur : un piéton marche à environ 5 km/h, un cycliste roule autour de 20 km/h, une voiture sur autoroute à 130 km/h.
- ⑤ Écrire la réponse avec son unité et une phrase — un nombre nu ne vaut aucun point.

3 Le vecteur vitesse, et ce qu'il montre

DÉFINITION

Le **vecteur vitesse** d'un point porte trois informations à la fois : sa **direction** — celle de la trajectoire au point considéré —, son **sens** — celui du déplacement — et sa **valeur**, représentée par la longueur de la flèche. Une valeur seule ne suffit pas à décrire un mouvement : deux voitures qui se croisent à 50 km/h ont la même valeur de vitesse et des vecteurs vitesse opposés.



Chronophotographie : des positions relevées à intervalles de temps égaux. L'espacement des points donne la nature du mouvement.

RÈGLE

Sur une chronophotographie — des positions relevées à intervalles de temps **égaux** — l'espacement des points se lit directement. Espacement **constant** : mouvement uniforme, la valeur de la vitesse ne change pas. Espacement **croissant** : mouvement accéléré. Espacement **décroissant** : mouvement ralenti. La condition « intervalles égaux » n'est pas un détail : sans elle, l'espacement ne dit plus rien.

4 Le principe d'inertie

RÈGLE

Principe d'inertie, première loi de Newton. Dans un référentiel terrestre, si les forces qui s'exercent sur un objet se compensent, alors cet objet est soit **immobile**, soit en **mouvement rectiligne uniforme** — et réciproquement. Autrement dit : ce qui a besoin d'une cause n'est pas le mouvement, c'est le **changement** de mouvement.

LE PIÈGE QUI COÛTE LE PLUS DE POINTS

Croire qu'un objet en mouvement a besoin d'une force pour continuer d'avancer. — C'est l'intuition de tout le monde, et elle vient de ce qu'ici-bas les frottements ne s'arrêtent jamais : un palet lancé sur le sol ralentit parce qu'il frotte, pas parce qu'il « perd son élan ». Sur un coussin d'air, le même palet garde sa vitesse indéfiniment. Une force ne sert pas à entretenir un mouvement, elle sert à le modifier.

Le réflexe : Se demander ce qui change. Si la vitesse ne change ni en valeur ni en direction, les forces se compensent — même si l'objet file à 300 km/h.

C'est aussi ce qui explique la ceinture de sécurité. Lors d'un choc, la voiture s'arrête ; le passager, lui, n'a aucune raison de s'arrêter et **poursuit son mouvement** à la vitesse qu'il avait. La ceinture est précisément la force qui manquait. À 50 km/h, un passager de 60 kg n'est pas retenu par ses bras : la force nécessaire dépasse largement ce qu'un corps peut exercer.

À VÉRIFIER

- Ai-je nommé le **référentiel** dans ma phrase de conclusion ?
- Mes durées sont-elles en **heures décimales** — 1 h 30 vaut 1,5 h — ou en secondes ?
- Mon unité de vitesse est-elle cohérente avec celles de la distance et de la durée ?
- Pour passer des km/h aux m/s, ai-je **divisé** par 3,6 ?
- Ai-je décrit le mouvement par sa **trajectoire** et par sa **vitesse** ?
- Ma réponse est-elle une phrase, avec son unité et un ordre de grandeur plausible ?

À RETENIR

- Un mouvement se décrit **toujours** par rapport à un **référentiel** — le nommer dans la conclusion.
- Trajectoire : **rectiligne**, **circulaire** ou **curviligne**. Elle dépend du référentiel.
- $v = \frac{d}{t}$, et les deux autres formes s'en déduisent : $d = v \times t$ et $t = \frac{d}{v}$.
- km/h → m/s : **diviser par 3,6**. m/s → km/h : **multiplier par 3,6**.
- 1 h 30 vaut **1,5 h**, jamais 1,30 h : convertir avant de calculer.
- Chronophotographie à intervalles égaux : espacement constant → uniforme, croissant → accéléré, décroissant → ralenti.
- **Vecteur vitesse** : direction, sens et valeur. Une valeur seule ne décrit pas un mouvement.
- **Principe d'inertie** : forces compensées $\Leftrightarrow$ immobile **ou** rectiligne uniforme. Un mouvement circulaire uniforme n'y entre pas.
- Distance d'arrêt = distance de **réaction** + distance de **freinage**.
- **Principe d'inertie** — première loi de **Newton** : ce qui exige une cause n'est pas le mouvement, c'est son **changement**.