

Décrire un mouvement et la deuxième loi de Newton

Vecteurs position, vitesse et accélération, chronophotographie, repère de Frenet, centre de masse : les capacités exigibles de la rubrique « Décrire un mouvement » et de la sous-partie « Deuxième loi de Newton ».



1 Quatre parties, une vraie progression

Cours essentiel, méthodes pas à pas, QCM de tête, exercices corrigés, dont un exercice guidé. On démarre par les trois vecteurs qui décrivent un mouvement, on termine sur des sujets complets.

2 « Les erreurs qui coûtent des points »

Dans chaque partie, les erreurs classiques du chapitre, en X / ✓, avec le réflexe qui les évite. Et le barème de deux questions types, décrypté ligne par ligne.

3 Rien que le programme officiel

Les capacités exigibles du chapitre, citées en page 2 dans leur formulation officielle, et pas une de plus. **Tu sais pourquoi tu travailles chaque exercice.**

4 L'essentiel pour réviser

Le formulaire tient sur une page, pour être relu d'un coup d'œil ; les suivantes donnent le plan de réponse de chaque type de question et traduisent les mots de l'énoncé.

4

parties
progressives

16

exercices corrigés
pas à pas

16

cartes
formules

10

méthodes
pas à pas

Conforme au programme de **physique-chimie de terminale, enseignement de spécialité** - annexe de l'arrêté du 19 juillet 2019, B.O. spécial n° 8 du 25 juillet 2019. Thème « Mouvement et interactions », rubrique « **1. Décrire un mouvement** » et sous-partie « **Deuxième loi de Newton** » de la rubrique « **2. Relier les actions appliquées à un système à son mouvement** », capacités mathématique et numérique comprises. Un test de positionnement en page 3 t'indique par où commencer.

« Une force ne fait pas avancer :
elle change le vecteur vitesse. »

Génies des Sciences

Méthodes & entraînement · Lycée
www.geniesdessciences.com



3 Par quelle partie commencer ?

CORRIGÉ FERMÉ

Seize questions qui balaient les quatre parties. Réponds **sur une feuille**, sans regarder les réponses. Ce test ne te note pas : il te dit seulement **par où commencer si tu ne peux pas tout reprendre**.

01 Le vecteur vitesse est :

- a la dérivée du vecteur position
- b la dérivée du vecteur accélération
- c le produit de la position par le temps

02 Un vecteur accélération s'exprime en :

- a $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
- b $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
- c N

03 Le vecteur vitesse d'un point est toujours :

- a dirigé vers le centre
- b tangent à la trajectoire
- c perpendiculaire à la trajectoire

04 Si $x(t) = 3,0 t^2$ (x en mètres, t en secondes), alors v_x vaut :

- a $6,0 t$
- b $1,0 t^3$
- c $3,0 t$

05 Sur une chronophotographie, la vitesse en M_3 se calcule avec :

- a M_2 et M_4
- b M_3 et M_4 seulement
- c M_0 et M_3

06 Le vecteur $\Delta \vec{v} = \vec{v}_4 - \vec{v}_2$ a la même direction que :

- a le vecteur vitesse
- b le vecteur accélération
- c le vecteur position

07 Des points alignés et régulièrement espacés indiquent :

- a une accélération constante non nulle
- b une accélération nulle
- c un mouvement circulaire

08 Avec neuf positions pointées, le nombre de vecteurs accélération calculables est :

- a 9
- b 7
- c 5

09 Dans le repère de Frenet, le vecteur $\vec{u}_N$ est dirigé :

- a vers le centre du cercle
- b dans le sens du mouvement
- c vers l'extérieur du cercle

10 Pour un mouvement circulaire de rayon R, la coordonnée normale de l'accélération vaut :

- a v/R
- b v^2/R
- c $v^2 R$

11 Un mouvement circulaire uniforme a une accélération :

- a nulle
- b tangente à la trajectoire
- c dirigée vers le centre

12 Un mouvement rectiligne uniforme a un vecteur accélération :

- a constant et non nul
- b nul
- c de valeur variable

13 La deuxième loi de Newton s'écrit :

- a $\sum \vec{F} = m \vec{v}_G$
- b $\sum \vec{F} = m \vec{a}_G$
- c $\sum \vec{F} = \vec{0}$

14 Un référentiel galiléen est un référentiel dans lequel :

- a rien ne bouge
- b le principe d'inertie est vérifié
- c la Terre est immobile

15 Un système en équilibre dans un référentiel galiléen a :

- a une somme des forces nulle
- b une seule force appliquée
- c une accélération constante non nulle

16 Le centre de masse d'un haltère à charges inégales est :

- a au milieu de la barre
- b plus près de la charge lourde
- c sur la charge légère

QUESTIONS PARTIE SI TU RATES L'UNE D'ELLES...

1 à 4	1	les trois vecteurs et la dérivation des coordonnées
5 à 8	2	l'exploitation d'un pointage, le cœur de l'activité expérimentale
9 à 12	3	le repère de Frenet et la caractérisation des cinq mouvements
13 à 16	4	la deuxième loi, le référentiel galiléen et le centre de masse

★ Comment lire ton résultat

Les réponses sont en tête des corrigés, page 31 : ne les consulte qu'une fois tes seize réponses écrites.

14 à 16 : enchaîne les quatre parties dans l'ordre. **9 à**

13 : commence par les parties où tu as raté une question, puis reprends les autres.

8 ou moins : fais les quatre parties dans l'ordre, sans en sauter une seule : le pack est construit pour ce parcours complet.

Le parcours, en cinq séances : la partie 1 en entier puis les exercices 1 à 3 ; la partie 2 puis les exercices 4 à 7 ; la partie 3 puis les exercices 8 à 10 ; la partie 4 puis les exercices 11 à 16 ; et pour finir les deux sujets de la section « Objectif bac », en conditions d'épreuve et corrigé fermé.



F5 LES DÉRIVÉES UTILES

PAR CŒUR

$$(k)' = 0 \quad (t)' = 1 \quad (t^2)' = 2t \quad (t^3)' = 3t^2$$

k désigne un nombre constant. S'y ajoutent deux règles : $(kf)' = k f'$ et $(f+g)' = f' + g'$. Pour les mouvements circulaires décrits par des fonctions trigonométriques : $(\cos(\omega t))' = -\omega \sin(\omega t)$ et $(\sin(\omega t))' = \omega \cos(\omega t)$, où ω (oméga), constante, est la **vitesse angulaire** en $\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$: l'angle balayé chaque seconde. C'est la capacité mathématique de la rubrique : « dériver une fonction ».

5 Les méthodes, pas à pas

MÉTHODE

1 Passer de la position à la vitesse, puis à l'accélération

1 J'écris les équations horaires avec l'unité de chaque coefficient.

Dans $x(t) = 3,00 t^2 - 2,00 t$, le premier coefficient vaut $3,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et le second $2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2 Je dérive coordonnée par coordonnée.

$v_x = dx/dt$ et $v_y = dy/dt$: jamais la norme, toujours les coordonnées.

3 Je recommence pour l'accélération.

$a_x = dv_x/dt$ et $a_y = dv_y/dt$.

4 Je remplace t par l'instant demandé, à la fin seulement.

Une coordonnée remplacée trop tôt donne un nombre, qui se dérive en zéro.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

$x(t) = 3,00 t^2 - 2,00 t$ et $y(t) = 4,00 t$, avec x et y en mètres et t en secondes :

$v_x(t) = 6,00 t - 2,00$ et $v_y(t) = 4,00$, en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$;
 $a_x = 6,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ et $a_y = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

À $t = 2,00 \text{ s}$: $v_x = 6,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 2,00 \text{ s} - 2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 12,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} - 2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} = 10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, et $v_y = 4,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

$v = \sqrt{(10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 + (4,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2} = \sqrt{116,0 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = 10,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, et $a = 6,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

2 Donner la valeur et la direction d'un vecteur, puis le tracer

1 Je calcule la valeur à partir des coordonnées.

$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$, en gardant les unités sous la racine.

2 Je donne la direction par un angle.

$\tan \alpha = v_y/v_x$, où α est l'angle entre le vecteur et l'axe des abscisses. Si v_x est négative, le vecteur pointe vers la gauche : je le place d'après les signes des deux coordonnées.

3 Je choisis une échelle et je l'écris sur la figure.

Par exemple 1 cm de figure pour $2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4 Je trace la flèche depuis le point M, et je contrôle.

Un vecteur vitesse doit sortir tangent à la trajectoire : sinon, une coordonnée est fautive.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Avec $v_x = 10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_y = 4,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$:

$v = \sqrt{(10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 + (4,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2} = 10,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$\tan \alpha = \frac{4,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} = 0,400$, donc $\alpha = 21,8^\circ$ au-dessus de l'axe des abscisses.

À l'échelle 1 cm pour $2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, la flèche mesure $\frac{10,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{2,00 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} \times 1 \text{ cm} = 5,40 \text{ cm}$.



1 Dériver la valeur de la vitesse au lieu de ses coordonnées

✗ $a = dv/dt$, avec v la valeur de la vitesse · ✓ le vecteur accélération se calcule **coordonnée par coordonnée**. Dans l'exercice 3, la valeur de la vitesse est constante, donc sa dérivée est nulle : tu y montreras pourtant que le vecteur accélération n'est pas nul, parce que la direction du vecteur vitesse change.

Le réflexe : deux colonnes au brouillon, une pour x et une pour y ; la norme ne se calcule qu'à la fin.

2 Prendre « accélération » au sens du langage courant

✗ « le mouvement est uniforme, donc son accélération est nulle » · ✓ **uniforme** signifie que la **valeur** de la vitesse ne change pas ; si sa direction change, le vecteur vitesse change lui aussi, donc le vecteur accélération n'est pas nul. Le seul mouvement de vecteur accélération nul est le mouvement **rectiligne uniforme**.

Le réflexe : lis « accélération » comme « variation du vecteur vitesse », et demande-toi si la direction bouge.

3 Parler de trajectoire sans avoir dit dans quel référentiel

✗ « un caillou coincé dans le pneu d'un vélo décrit un cercle » · ✓ il décrit un cercle **dans le référentiel lié au cadre** ; dans le référentiel terrestre, il avance en même temps qu'il tourne, et sa trajectoire est une suite d'arches qui revient toucher le sol à chaque tour de roue.

Le réflexe : la première ligne de toute étude de mouvement est « système : ... ; référentiel : ... ».

7 Le QCM express

DE TÊTE, SANS CALCULATRICE

- De quel vecteur le vecteur vitesse est-il la dérivée ?
- Unité SI d'un vecteur accélération ?
- Quelle est la direction du vecteur vitesse ?
- Dériver $x(t) = 5,0 t^3$, x en mètres et t en secondes.
- Que faut-il avoir choisi avant de parler de trajectoire ?
- $v_x = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ et $v_y = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$: valeur de la vitesse ?
- Un mouvement uniforme a-t-il forcément une accélération nulle ?
- Citer les trois référentiels usuels.

Cache cette ligne pendant que tu réponds. Réponses : 1. du vecteur position, par rapport au temps - 2. $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ - 3. tangent à la trajectoire, dans le sens du mouvement - 4. $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-3} \times t^2$ - 5. un référentiel - 6. $5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ - 7. non : seul le mouvement rectiligne uniforme a un vecteur accélération nul - 8. terrestre, géocentrique, héliocentrique

8 Exercices

DU PLUS SIMPLE AU PLUS COSTAUD

Exercice 1 Le mobile qui file tout droit



Dans le référentiel terrestre, muni du repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, un mobile a pour équations horaires $x(t) = 4,0 t$ et $y(t) = 3,0 t$, avec x et y en mètres et t en secondes.

- Donner l'unité du coefficient 4,0, et celle du coefficient 3,0.
- Calculer les coordonnées du vecteur position à $t = 2,0 \text{ s}$, puis la distance OM à cet instant.
- Déterminer les coordonnées du vecteur vitesse, puis sa valeur.
- Déterminer les coordonnées du vecteur accélération.
- Montrer que la trajectoire est une droite passant par O, puis caractériser le mouvement.



Les corrigés détaillés

La rédaction modèle est à gauche, les remarques du correcteur à droite. Compare **ta rédaction**, pas seulement tes résultats : c'est souvent là que se gagnent - ou se perdent - les points.

Les réponses du test de positionnement (page 3)

1. a - 2. b - 3. b - 4. a - 5. a - 6. b - 7. b - 8. c - 9. a - 10. b - 11. c - 12. b - 13. b - 14. b - 15. a - 16. b

Comment lire un corrigé

Chaque réponse est écrite comme sur une copie : la relation ou la définition utilisée, puis l'application numérique avec l'unité après chaque valeur, puis une phrase qui répond à la question posée. **Ce n'est pas du remplissage** : le correcteur note ce qu'il peut suivre, et un résultat posé seul ne se suit pas.

Quand ta réponse diffère de la mienne, cherche d'abord **où** les deux chemins se séparent. C'est ce point précis qu'il faut retravailler, pas l'exercice entier. Avant de comparer, relis ta copie avec la check-list de la page 45.



Les valeurs intermédiaires sont imprimées avec un chiffre significatif de plus que le résultat final : refaire chaque calcul avec les seuls nombres imprimés redonne le même résultat. Seul le résultat final est arrondi.

Exercice 1 Le mobile qui file tout droit



- Le produit d'un coefficient par t , en secondes, doit donner des mètres : les deux coefficients sont donc des vitesses. $(4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et } 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$.
- $x = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 2,0 \text{ s} = 8,0 \text{ m}$ et $y = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \times 2,0 \text{ s} = 6,0 \text{ m}$, donc $OM = \sqrt{(8,0 \text{ m})^2 + (6,0 \text{ m})^2} = \sqrt{100 \text{ m}^2} = (10 \text{ m})$ (F2), avec deux chiffres significatifs comme les données.
- En dérivant chaque coordonnée (F3) : $(v_x = 4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \text{ et } v_y = 3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$, constantes, d'où $v = \sqrt{(4,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2 + (3,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})^2} = (5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1})$.
- Les deux coordonnées de la vitesse sont des constantes, dont la dérivée est nulle (F5) : $(a_x = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \text{ et } a_y = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2})$, le vecteur accélération est le vecteur nul (F4).
- $\frac{y}{x} = \frac{3,0 t}{4,0 t} = 0,75$ pour tout instant non nul, donc $y = 0,75 x$: la trajectoire est une droite passant par l'origine. (Le mouvement est rectiligne uniforme), ce que confirme le vecteur accélération nul (F11).

L'unité des coefficients, ça se demande

La question 1 n'est pas une formalité : c'est elle qui permet ensuite de vérifier que la dérivée est bien une vitesse, puis une accélération. Un coefficient sans unité est un piège à erreurs.

Deux façons de conclure

On peut conclure par la trajectoire (une droite) ou par le vecteur accélération (nul). Les deux sont acceptées ; les donner toutes les deux montre que les deux raisonnements sont maîtrisés.

