5 min chrono !

Si vous ne trouvez pas la bonne réponse, reportez-vous à de la synthèse des activités correspondant pour vous ai

DONNÉES POUR LES EXERCICES 1 À 8

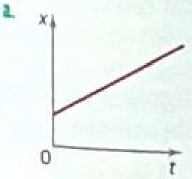
Dans un repère cartésien $(O ; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, le vecteur position d'un point M est $\overrightarrow{OM}(t) = x(t)\vec{i} + y(t)\vec{j} + z(t)\vec{k}$, son vecteur vitesse est $\vec{v}(t) = v_x(t)\vec{i} + v_y(t)\vec{j} + v_z(t)\vec{k}$ et son vecteur accélération est $\vec{a}(t) = a_x(t)\vec{i} + a_y(t)\vec{j} + a_z(t)\vec{k}$.

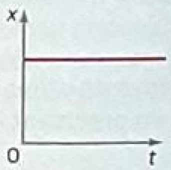
Indiquer la réponse exacte.

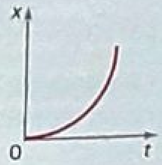
1 Un référentiel possède : ▶ §1

a. uniquement un repère d'espace.
b. uniquement un repère de temps.
c. un repère d'espace et un repère de temps.

2 La représentation graphique de x en fonction du temps pour un point en mouvement rectiligne uniforme selon l'axe Ox est : ▶ §1

a.


b.


c.


3 La position du point M est décrite par les coordonnées de son vecteur position : $x(t) = t^2 - t + 1$; $y(t) = 3t$; $z(t) = 25$. On peut affirmer que : ▶ §

a. $v_x(t) = 0$. b. $v_y(t) = 0$. c. $v_z(t) = 0$.

4 Un point en mouvement rectiligne uniforme a : ▶ §

a. un vecteur vitesse et un vecteur accélération nuls.
b. un vecteur vitesse et un vecteur accélération constants et non nuls.
c. un vecteur vitesse constant non nul et un vecteur accélération nul.

5 Dans un référentiel, un point matériel isolé est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Alors : ▶ §2

a. ce référentiel est galiléen.
b. ce référentiel n'est pas galiléen.
c. on ne peut pas savoir si ce référentiel est galiléen ou non.

6 Dans un référentiel galiléen, la deuxième loi de Newton s'exprime par : ▶ §2

a. $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{v}(t)$. b. $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\dfrac{d\vec{a}}{dt}$. c. $\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}(t)$.

Corrigés p. 550

Contrôle technique !

7 Déterminer une vitesse et une accélération

EXERCICE RÉSOLU

Dans un repère cartésien, la coordonnée selon l'axe horizontal du vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$ d'un point M en mouvement est : $x(t) = v_0 t$.

• Exprimer les coordonnées selon l'axe horizontal du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ et du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ de ce point dans ce repère.

SOLUTION

$\vec{v}(t) = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$, donc $v_x(t) = \dfrac{dx}{dt} = \dfrac{d(v_0 t)}{dt} = v_0$.

$\vec{a}(t) = \dfrac{d\vec{v}(t)}{dt}$, donc $a_x(t) = \dfrac{dv_x}{dt} = \dfrac{dv_0}{dt} = 0$.

APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Les coordonnées du vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$ d'un l'électron en mouvement sont : $x(t) = v_0 t$ et $y(t) = kt^2$ avec k et v_0 deux constantes.

• Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ et du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ de cet électron.

8 Appliquer la deuxième loi de Newton

EXERCICE RÉSOLU

Un point matériel M de masse m est soumis à deux forces $\vec{T}$ et $\vec{P}$ représentées ci-contre.

• Représenter, sans souci d'échelle mais de façon cohérente, le vecteur accélération $\vec{a}$ de ce point dans un référentiel galiléen.

SOLUTION

$\Sigma\overrightarrow{F_{ext}} = m\vec{a}$, donc $\vec{a}(t) = \dfrac{\Sigma\overrightarrow{F_{ext}}}{m} = \dfrac{\vec{P} + \vec{T}}{m}$.

Le vecteur accélération a la même direction et le même sens que la somme des forces appliquées sur l'objet.

APPLICATION • Sur le modèle de l'exercice résolu

Dans un référentiel galiléen, représenter sans souci d'échelle mais de façon cohérente, le vecteur accélération d'un point matériel M de masse m soumis aux forces représentées ci-contre.

Exercices APPLIQUER

DONNÉES POUR TOUS LES EXERCICES

Sauf indication contraire, les mouvements sont étudiés dans le référentiel terrestre, supposé galiléen, auquel est associé un repère d'espace cartésien $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ et un repère de temps.

Étude cinématique

▶ § 1 de la synthèse des activités

➔ EXERCICES RAPIDES

9 GRAND ORAL Réaliser un support visuel permettant de présenter oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe la démarche à suivre pour construire le vecteur accélération d'un point à un instant donné sur une chronophotographie.

10 Définir l'accélération, la vitesse et la position d'un point en mouvement rectiligne uniforme.

11 Donner deux exemples de mouvements rectilignes uniformément accélérés.

12 Apprendre à rédiger

L'enregistrement de la trajectoire d'un point M se déplaçant dans un plan a permis d'obtenir l'expression des coordonnées du point en fonction du temps :

$$x(t) = 5{,}0t + 1 \text{ et } y(t) = 3{,}0t.$$

a. Donner l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$.

Aide méthodologique

▶ Écrire la relation vectorielle qui lie $\overrightarrow{OM}(t)$ à $\vec{i}$ et $\vec{j}$.

b. Déterminer les coordonnées et la norme de son vecteur vitesse $\vec{v}(t)$.

▶ Dériver par rapport au temps le vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$ pour obtenir les expressions des coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$.

▶ Écrire la relation entre la norme du vecteur vitesse et ses coordonnées.

▶ Effectuer l'application numérique avec les unités qui conviennent et les chiffres significatifs appropriés.

13 Calculer une valeur de vitesse

Le vecteur position d'un point M en mouvement est défini par : $\overrightarrow{OM}(t) = (t^2 + 15)\vec{i} + (10t)\vec{j}$.

• Calculer la valeur de la vitesse du point M à la date $t = 10$ s.

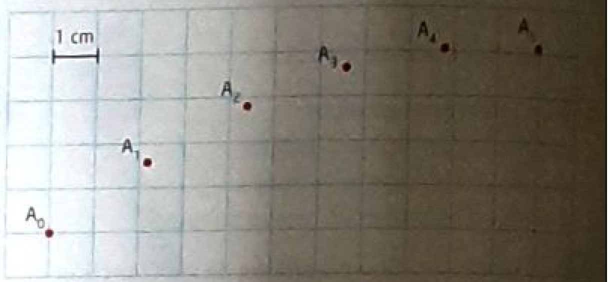
14 Déterminer les coordonnées d'un vecteur accélération

Le vecteur position d'un point M en mouvement est défini par : $\overrightarrow{OM}(t) = (24t^2 + 12t + 3)\vec{i} + (3t + 2)\vec{j}$.

• Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ de ce point.

15 Déterminer un vecteur vitesse

Les positions successives d'un point mobile M sont enregistrées à intervalles de temps réguliers $\tau = 40$ ms.

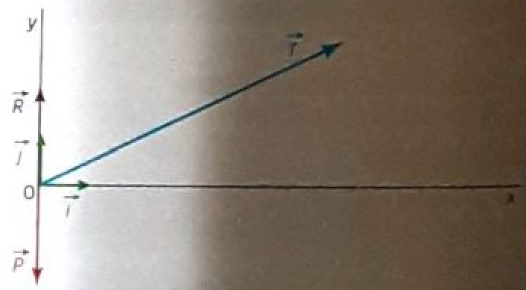


Une expression approchée du vecteur vitesse moyenne de M à son passage au point M_2 à la date t_2 est estimée par $\vec{v}(t_2) = \dfrac{\overrightarrow{M_1M_3}}{2\tau}$.

• Reproduire les éléments utiles de la figure pour tracer ce vecteur vitesse, en précisant l'échelle utilisée.

16 Projeter un vecteur

À l'aide de la méthode p. 268, déterminer les coordonnées de chacun des vecteurs $\vec{R}$, $\vec{P}$ et $\vec{T}$ représentés ci-dessous.



17 In English please

The displacements of two points A and B are recorded at equal time intervals. The setting of the ticker timer remains the same during the whole experiment. The dot-diagrams are shown below.

a. State the name of the motion of these two points. Justify.

b. Determine which point has the greatest speed. Justify.

Deuxième loi de Newton

▶ § 2 de la synthèse des activités

→ EXERCICES RAPIDES

18 GRAND ORAL Réaliser un support visuel permettant d'expliquer oralement en deux minutes maximum à l'ensemble de la classe la position du centre de masse d'un solide homogène à l'aide d'un exemple.

19 GRAND ORAL Présenter oralement, sans note, la deuxième loi de Newton et donner un exemple.

20 Appliquer la deuxième loi de Newton à un objet en chute libre, c'est-à-dire uniquement soumis à son poids $\vec{P}$, afin de déterminer les caractéristiques de son vecteur accélération.

21 Comprendre l'influence de la masse

Un élève utilise deux balles de diamètre identique, mais de masses différentes. Il met les balles en mouvement, sur une table horizontale, à l'aide d'un lanceur qui applique une même force sur chaque balle. Les positions de leurs centres de masses respectifs sont relevées à intervalles de temps réguliers. Les tracés obtenus sont les suivants.

Tracé pour la balle A

Tracé pour la balle B

a. Indiquer la balle dont la masse est la plus grande.

b. Justifier en utilisant la deuxième loi de Newton.

22 Retour sur l'ouverture du chapitre

Vidéo débat

Un guépard et une formule E peuvent tous les deux passer de 0 à 100 km · h⁻¹ en 3,0 secondes.

a. Déterminer la valeur de leur accélération moyenne entre les dates $t_0 = 0$ s et $t_1 = 3{,}0$ s.

b. Visionner la vidéo de la course entre le guépard et la formule E, puis déterminer si leur accélération est la même à chaque instant entre les dates t_0 et t_1.

c. Conclure sur la différence entre accélération moyenne et accélération à un instant donné, appelée accélération instantanée.

23 Justifier la position du centre de masse

a. Justifier qualitativement la position du centre de masse pour chaque plaque homogène schématisée ci-dessous.

b. Justifier en quoi le point D sur la plaque homogène représentée ci-contre n'est pas son centre de masse.

24 Discuter du caractère galiléen d'un référentiel

Un passager est assis dans un train qui roule à vitesse constante sur une section de voie droite. Il observe une balle posée sur la tablette devant lui et remarque que la balle est immobile par rapport à lui.

a. Faire le bilan des forces qui s'appliquent sur la balle. Déterminer si le référentiel du siège du passager peut être considéré comme galiléen. Justifier la réponse.

b. Le train entre dans un virage. La valeur de la vitesse du train reste constante. Le passager observe la balle rouler lentement vers le côté gauche.
Déterminer si le bilan des forces qui s'appliquent sur la balle a changé. Peut-on en déduire que le référentiel du siège du passager est toujours galiléen ? Justifier la réponse.

25 Simuler un mouvement

Python

Le code source d'un programme en langage Python permet de modéliser le mouvement rectiligne uniformément accéléré du centre de masse d'un mobile sur lequel s'exerce une force $\vec{F}$.

• À l'aide des questions posées dans le code source fourni, mettre en évidence l'influence de la norme de la force sur l'accélération du mobile.

26 Construire une carte mentale

L'étiquette centrale doit s'intituler :

Forces et mouvements

Associer à l'étiquette centrale, par les moyens graphiques de votre choix, des étiquettes de votre initiative comprenant par exemple les notions suivantes.

Position du centre de masse

Vecteur accélération

Deuxième loi de Newton

Mouvements rectilignes

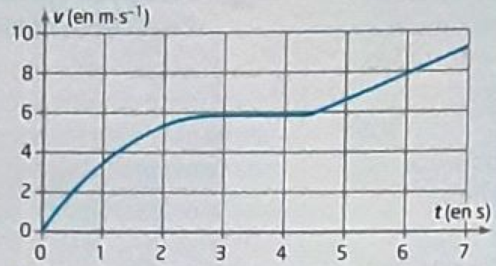
EXO Exercices supplémentaires

EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

27 Saut à la perche

ÉNONCÉ

Lors d'un saut à la perche, une perchiste prend son élan en courant en ligne droite sur une distance d'environ 40 m et elle atteint une valeur de vitesse maximale au moment de l'impulsion à la date $t = 7{,}0$ s, comme le montre le graphique ci-contre.



▲ Évolution en fonction du temps t de la valeur v de la vitesse de la perchiste lors de son élan.

a. Qualifier le mouvement de la perchiste entre 3,0 s et 4,0 s. Justifier.

b. Estimer la valeur a de l'accélération de la perchiste entre 4,5 s et 7,0 s.

c. Qualifier le mouvement de la perchiste entre 4,5 s et 7,0 s. Justifier.

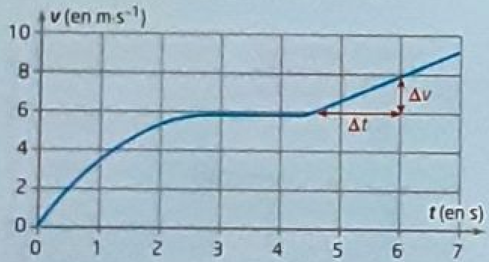
UNE SOLUTION

a. L'énoncé précise que la trajectoire de la perchiste est une ligne droite. De plus, entre 3,0 s et 4,0 s, la valeur de sa vitesse est constante : son mouvement est donc rectiligne uniforme.

b. Entre 4,5 s et 7,0 s, le graphique représentant l'évolution de la valeur v de la vitesse en fonction du temps t est une droite de coefficient directeur positif. Ainsi, $v(t) = \alpha t + b$. Or, par définition, l'accélération est égale à la dérivée par rapport au temps de la vitesse. De plus, comme le mouvement est rectiligne :

$$a(t) = \frac{dv}{dt} \text{ donc } a(t) = \frac{dv}{dt} = \frac{d(\alpha t + b)}{dt} = \alpha.$$

L'accélération est égale au coefficient directeur α de la droite entre 4,5 s et 7,0 s.



Mesure graphique :

$$\alpha = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{(8-6)\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{(6{,}0-4{,}5)\ \text{s}} = \frac{2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{1{,}5\ \text{s}} = 1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}.$$

c. Entre 4,5 s et 7,0 s, la valeur de l'accélération est constante et la trajectoire est une droite, il s'agit donc d'un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

ANALYSER-RAISONNER Observer la forme de la courbe entre les valeurs données pour en déduire que la valeur de la vitesse est constante.

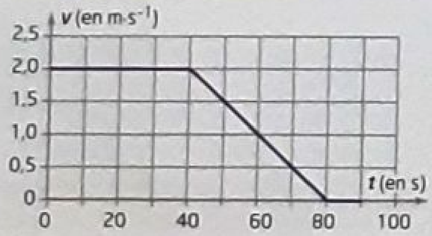
ANALYSER-RAISONNER La valeur de l'accélération est obtenue en dérivant directement la valeur de la vitesse, car le mouvement est rectiligne, suivant une unique direction.

S'APPROPRIER Relever sur le graphe les données les plus précises possibles permettant de déterminer le coefficient directeur de la droite.

RÉALISER Écrire les unités dans les calculs peut être utile mais ce n'est pas du tout obligatoire. L'unité est par contre indispensable dan l'écriture du résultat final.

ANALYSER-RAISONNER Déduire des résultats précédents le type de mouvement réalisé par la perchiste.

APPLICATION Sur le modèle de l'exercice résolu



28 Arrêt d'un train miniature

La figure ci-contre représente l'évolution en fonction du temps de la valeur de la vitesse d'un train miniature qui se déplace en ligne droite.

a. Qualifier le mouvement du train entre 0 s et 40 s. Justifier.

b. Qualifier le mouvement du train entre 40 s et 80 s. Déterminer la valeur de son accélération sur cet intervalle de temps.

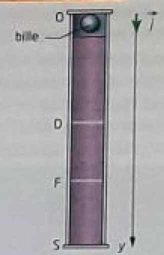
EXERCICE RÉSOLU ET COMMENTÉ

29 Viscosité du glycérol

ÉNONCÉ

Un tube contient du glycérol de viscosité η et de masse volumique ρ_{gly}, ainsi qu'une bille en acier de masse volumique ρ_s de rayon R et de volume V.
À la date $t = 0$, la bille initialement immobile en haut du tube, au-dessus du glycérol, tombe verticalement dans le glycérol (schéma ci-contre).
L'étude est effectuée dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.

DONNÉES Rayon de la bille $R = 6{,}0 \times 10^{-3}$ m ; masse volumique de l'acier $\rho_s = 7\,850$ kg·m^{-3} ; masse volumique du glycérol $\rho_{gly} = 1\,260$ kg·m^{-3}.



▲**Représentation de la situation initiale.** L'axe pour l'étude est l'axe y vertical orienté vers le bas, de vecteur unitaire $\vec{j}$.

Au cours de sa chute, la bille est soumise à trois forces : son poids $\vec{P}$; la poussée d'Archimède $\vec{\Pi_A}$, verticale, dirigée vers le haut et de norme $\Pi_A = \rho_{gly} V g$, avec g l'intensité de la pesanteur terrestre ; la force de frottement $\vec{f}$, verticale, de sens opposé à $\vec{v}$ et de norme $f = k\eta R v$, où v est la valeur de la vitesse de la bille et k une constante sans dimension.

1. Donner les expressions vectorielles des forces appliquées à la bille $\vec{P}$, $\vec{\Pi_A}$ et $\vec{f}$ et les représenter sur un schéma.

2. Lorsque la bille passe devant le trait D et au-delà, la valeur de sa vitesse devient constante et égale à la vitesse limite, notée v_{lim}. La durée de chute Δt entre les deux traits D et F, distants d'une hauteur L, vaut $\Delta t = 0{,}29$ s.

a. Préciser la nature du mouvement de la bille au-delà du trait D. Exprimer la valeur v_{lim} de la vitesse limite en fonction de Δt et de L.

b. Écrire la relation vectorielle entre les forces s'exerçant sur la bille lorsqu'elle se trouve entre les deux traits D et F. En déduire que l'expression de la viscosité du glycérol est de la forme : $\eta = C(\rho_s - \rho_{gly})\Delta t$, avec $C = \frac{Vg}{kRL}$.

c. Calculer la viscosité η du glycérol (en Pa·s), sachant que $C = 7{,}84 \times 10^{-4}$ m^2·s^{-2}.

S'APPROPRIER Représenter les forces exercées sur la bille d'après la description donnée dans l'énoncé.

UNE SOLUTION

1. $\vec{P} = m\vec{g} = \rho_s V g \vec{j}$; $\vec{\Pi_A} = -\rho_{gly} V g \vec{j}$; $\vec{f} = -k\eta R V \vec{j}$.

ANALYSER-RAISONNER Sachant que la vitesse de la bille est constante, en déduire la nature de son mouvement.

2. a. La bille est en mouvement rectiligne uniforme : $v_{lim} = \frac{L}{\Delta t}$.

b. La deuxième loi de Newton indique que $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$. Le mouvement étant rectiligne uniforme, $\vec{a} = \vec{0}$, donc :
$\Sigma\vec{F} = \vec{P} + \vec{\Pi_A} + \vec{f} = m \times \vec{0} = \vec{0}$. En projection sur l'axe vertical, la relation vectorielle donne : $\rho_s V g - \rho_{gly} V g - k\eta R\, v_{lim} = 0$,

soit $k\eta R v_{lim} = Vg(\rho_s - \rho_{gly})$, d'où $\eta = \frac{Vg(\rho_s - \rho_{gly})}{kRv_{lim}} = \frac{Vg(\rho_s - \rho_{gly})}{kRL}\Delta t$.

En notant $C = \frac{Vg}{kRL}$, on obtient $\eta = C(\rho_s - \rho_{gly})\Delta t$.

c. A.N. : $\eta = 7{,}84 \times 10^{-4} \times (7\,850 - 1\,260) \times 0{,}29 = 1{,}5$ Pa·s.

RÉALISER Projeter les vecteurs sur l'axe y (voir p. 268), déterminer les expressions littérales, puis effectuer les applications numériques.

RÉALISER Ne pas écrire les unités dans ce calcul car cela l'alourdirait. Ne pas oublier en revanche l'unité dans l'écriture du résultat final.

APPLICATION Sur le modèle de l'exercice résolu

30 Descente d'un parachutiste

Dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen, un parachutiste avec son équipement, de masse totale $m = 100$ kg, effectue une chute verticale de hauteur $h = 2\,000$ m à vitesse constante, pendant une durée $\Delta t = 40$ s. La poussée d'Archimède est négligée.

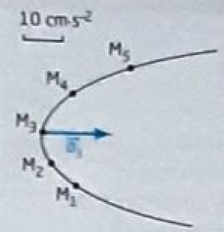
1. Préciser la nature du mouvement du parachutiste pendant la durée $\Delta t = 40$ s.

2. Déterminer la valeur du coefficient k du frottement de l'air sur le parachutiste, sachant que la norme de la force de frottement de l'air est $f = kv^2$.

31 Accélération d'un point

APP Rechercher l'information sur un schéma
ANA-RAI Choisir une loi pertinente

Le document ci-contre présente une partie de la trajectoire d'un point matériel M de masse constante $m = 50$ g, ainsi qu'un vecteur accélération de ce point.



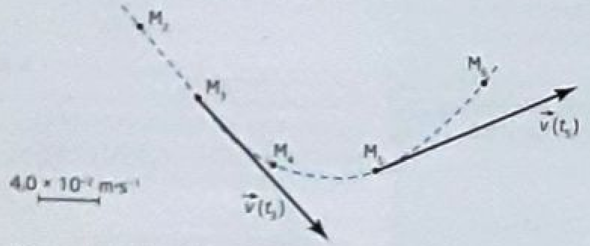
• Déterminer la norme de l'accélération du point matériel et en déduire la norme de la somme des forces qui s'appliquent sur ce point à la position M_3.

32 Vecteur accélération

Vidéo Corrigé de l'exercice

RÉA Effectuer des procédures courantes

Les positions successives d'un point mobile M sont enregistrées à intervalles de temps réguliers $\tau = 100$ ms. Une expression approchée du vecteur accélération de M à son passage au point M_4 à la date t_4 est estimée par : $\vec{a}(t_3) = \dfrac{\Delta\vec{v}(t_4)}{t_5 - t_3} = \dfrac{\vec{v_5} - \vec{v_3}}{t_5 - t_3}$.

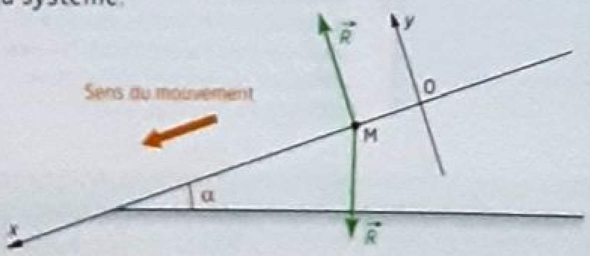


• Reproduire les éléments utiles de la figure pour tracer le vecteur accélération, en précisant l'échelle utilisée.

33 Accélération d'un skieur

RÉA Effectuer des procédures courantes VAL Interpréter les résultats

Un skieur descend à vitesse constante sur une piste enneigée rectiligne faisant un angle α avec le plan horizontal. Les frottements sur le système {skieur ; équipement} sont négligeables. Le système est modélisé par un point matériel dont la masse m, constante, est celle du système.



a. Identifier le point qui modélise le système sur le schéma ci-dessus.

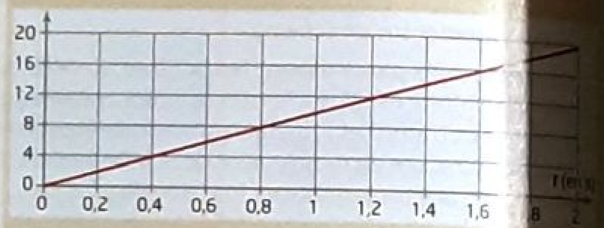
b. Déterminer la somme vectorielle des forces appliquées au système.

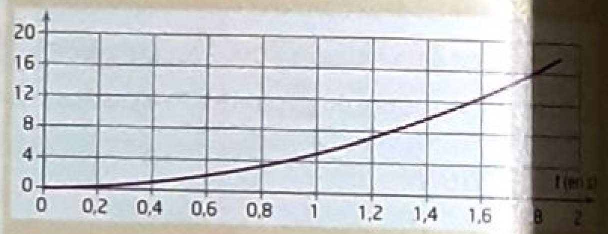
c. En déduire la nature du mouvement du point matériel modélisant le système étudié dans le référentiel terrestre, considéré comme galiléen.

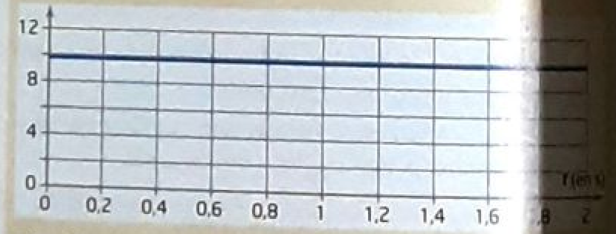
S'AUTOÉVALUER

34 Identification de graphes

Une bille de masse constante, modélisée par un point matériel, est lâchée verticalement dans un tube dans lequel on a fait le vide. Un chronomètre est déclenché au moment du lâcher. Les normes des vecteurs position, vitesse et accélération de cette bille sont représentées ci-dessous. L'a[xe] vertical Oy est orienté vers le bas, son origine étant co[n]fondue avec la position du point matériel à l'instant [du] lâcher. Le mouvement étudié est rectiligne unifor[mé]ment accéléré.







• Après avoir identifié les courbes ci-dessu[s], montrer que la bille est soumise à une force constant[e].

INDICATEURS DE RÉUSSITE

NIVEAU A B C D

ANALYSER-RAISONNER

Les courbes sont analysées pour repérer celles correspondant aux normes des vecteurs position, vitesse et accélération.

VALIDER

La deuxième loi de Newton est utilisée pour montrer que la somme vectorielle des forces auxquelles est soumise la bille est constante.

35 Étude d'un mouvement

RÉA Effectuer des procédures courantes | VAL Interpréter les résultats

L'étude du mouvement d'un point M de coordonnées x et y dans le repère cartésien $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ est effectuée à l'aide d'un enregistrement vidéo et d'un logiciel de pointage qui fournit les résultats suivants.

t (en s)	0,00	0,10	0,20	0,30	0,50	0,70
x (en m)	0,00	0,15	0,30	0,45	0,75	1,05
y (en m)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

a. À l'aide d'un tableur-grapheur, représenter graphiquement l'évolution de x en fonction du temps. Modéliser cette évolution par une fonction $x = f(t)$.

b. En observant l'évolution de y en fonction du temps, déterminer la nature du mouvement du mobile.

c. Déduire des réponses aux questions **a.** et **b.** les coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse.

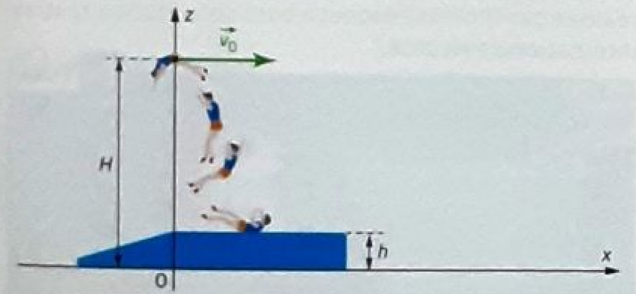
d. Déterminer alors les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération.

e. Justifier la nature du mouvement à l'aide des résultats précédents.

36 Phase descendante d'un saut à la perche

RCO Mobiliser des connaissances | APP Rechercher l'information dans un schéma | RÉA Utiliser un modèle théorique

La phase descendante d'un saut à la perche, schématisée ci-dessous, est très spectaculaire. En première approximation, elle correspond à une chute libre de plusieurs mètres de hauteur.



a. Énoncer la deuxième loi de Newton.

b. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen, montrer que les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse du perchiste sont : $a_x = 0$ et $a_z = -g$.

c. Les équations horaires du mouvement du centre de masse du perchiste s'écrivent :

$$x(t) = v_0 t \text{ et } z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + H,$$

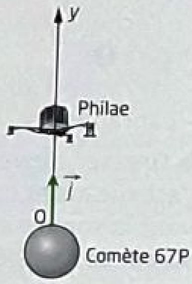
avec v_0 la valeur de la vitesse initiale du perchiste au début de sa chute et H la hauteur de la chute.
Donner les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ du centre de masse du perchiste lors de sa chute, puis retrouver les coordonnées de son vecteur accélération $\vec{a}(t)$.

37 Chute de Philae

RCO Mobiliser des connaissances | RÉA Utiliser un modèle théorique | VAL Discuter de la validité d'un résultat

Le 12 novembre 2014, à la date $t = 0$ s, l'atterrisseur Philae s'est détaché de la sonde Rosetta pour effectuer une chute libre de 20 km sans vitesse initiale, et se poser sur la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko. Cette descente a duré plusieurs heures.

Philae est considéré en chute libre, c'est-à-dire qu'il n'est soumis qu'à son poids. L'axe Oy utilisé pour l'étude est vertical dirigé vers le haut, l'origine étant au niveau du sol de la comète. Le champ de pesanteur de la comète est considéré uniforme, d'intensité moyenne $g = 1{,}5 \times 10^{-5}$ N·kg^{-1}.



a. En utilisant la deuxième loi de Newton dans le référentiel de la comète supposé galiléen, déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ de Philae.

b. Préciser le type de mouvement effectué par Philae. Justifier.

c. Le vecteur position $\overrightarrow{OM}(t)$ de l'atterrisseur a pour coordonnée $y(t) = bt^2 + c$, avec $b = -7{,}5 \times 10^{-6}$ m·s^{-2} et $c = 20\,000$ m. En déduire la coordonnée du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$, puis retrouver la coordonnée du vecteur accélération $\vec{a}(t)$.

d. À l'aide du vecteur position, déterminer la durée de chute Δt de Philae.

e. La durée réelle de la chute est de 7 h. Dans le modèle utilisé, quelles sont les hypothèses discutables ? Justifier.

MÉTIERS ET ORIENTATION — GRAND ORAL

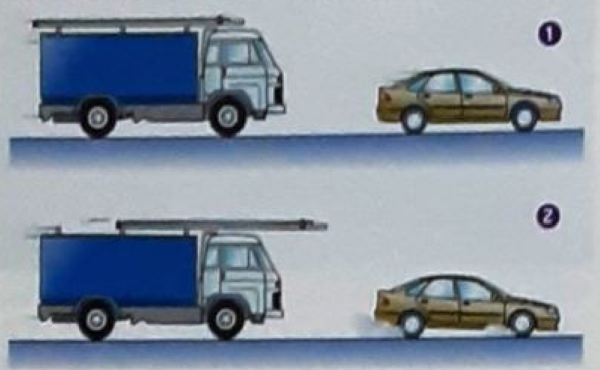
Un(e) **ingénieur(e) en aéronautique** conçoit, teste, fabrique, entretient et commercialise des avions et des hélicoptères, des lanceurs spatiaux, des satellites et des missiles. Il (elle) exerce une large palette d'activités : électronique, mécanique, optique, télécommunications, etc. Dans ce secteur, les équipes sont internationales et l'anglais est la langue de travail. La mise à jour permanente des connaissances est impérative pour rester à la pointe de la technologie.

• Préparer une présentation orale de trois minutes sur un projet de poursuite d'études et/ou professionnel dans ce domaine (→ **Fiche Bac**, p. 513)

38 Une échelle mal fixée

RCO Mobiliser des connaissances · RÉA Effectuer des procédures courantes · VAL Discuter de la validité d'une hypothèse

Un camion avec une échelle sur son toit se déplace à vitesse constante sur une route rectiligne et horizontale (figure ❶ ci-dessous). La voiture qui le précède ralentit brusquement, obligeant le conducteur du camion à freiner à son tour. Les liens de l'échelle se détachent et l'échelle se déplace alors suivant une direction horizontale vers l'avant du camion (figure ❷).



a. Préciser la nature du mouvement du centre de masse de l'échelle avant que le conducteur du camion freine (figure ❶) :
- par rapport au référentiel terrestre ;
- par rapport au référentiel du camion.

b. Dresser l'inventaire des forces qui s'exercent sur l'échelle avant que le conducteur du camion freine. Que vaut la somme vectorielle de ces forces ? En déduire la valeur de l'accélération du centre de masse de l'échelle.

c. Indiquer la nature du mouvement du centre de masse de l'échelle lorsque le conducteur du camion freine :
- par rapport au référentiel terrestre ;
- par rapport au référentiel du camion.

d. Indiquer si l'inventaire des forces qui s'exercent sur l'échelle dans le cas de la figure ❷ est modifié par rapport à la question **b.**

e. Dans ce cas, indiquer si l'étude du mouvement du centre de masse de l'échelle se fait dans un référentiel galiléen, lorsqu'on prend comme référentiel :
- le référentiel terrestre ;
- le référentiel du camion.

39 • Badminton, un sport dans le vent

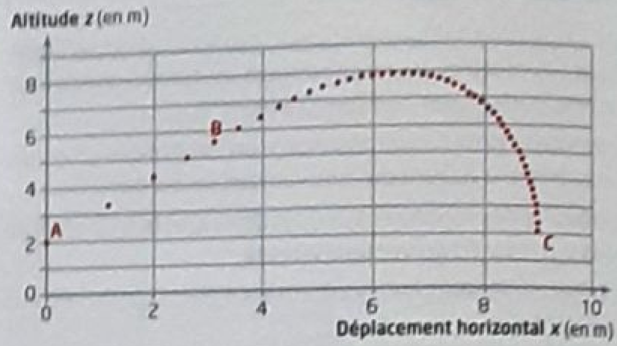
APP Extraire l'information · Mobiliser des connaissances · ANA-RAI Vérifier une hypothèse · RÉA Effectuer des procédures courantes · VAL Discuter de la validité d'un modèle

Le badminton est un sport dans lequel on frappe un volant, constitué de deux parties :
- une tête arrondie, qui concentre une grande partie de la masse du volant ;
- des plumes, qui créent une traînée, modélisée par une force $\vec{F}$ qui s'oppose au mouvement du volant dans l'air.

DONNÉES Masse du volant : $m = 5{,}0$ g. Intensité de la pesanteur terrestre : $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.

a. Indiquer le point (G_1, G_2 ou G_3) sur le schéma ci-contre qui correspond au centre de masse du volant. Justifier la réponse.

b. À l'aide d'une caméra, un enregistrement du mouvement du centre de masse du volant est réalisé lors d'un service. Le résultat est donné ci-dessous.



L'intervalle de temps entre deux points de mesure vaut $\Delta t = 50$ ms. Décrire, en première approximation, le mouvement du centre de masse du volant sur la portion AB de sa trajectoire.

c. Sur cette partie AB, le poids $\vec{P}$ du volant est négligé devant la traînée $\vec{F}$. Exprimer puis calculer la norme de la force $\vec{F}$.

d. Au-delà de la date $t = 6$ s, justifier si le poids du volant est toujours négligeable.

e. Le volant de badminton a été l'objet d'une expérience réalisée par Thomas Pesquet à bord de la Station spatiale internationale en 2016.

Décrire, dans le référentiel lié à l'ISS, le mouvement du centre de masse du volant lorsqu'il est lâché par Thomas Pesquet. En déduire la valeur a de l'accélération du centre de masse du volant dans ce référentiel.

f. Indiquer la ou les force(s) qui s'applique(nt) sur le volant dans l'ISS. En déduire si son mouvement observé dans la vidéo est cohérent avec la deuxième loi de Newton. Déterminer alors si le référentiel de l'ISS est galiléen.

DIFFÉRENCIATION

40 • Vecteur accélération d'un projectile

ANA-RAI Proposer un modèle **RÉA** Effectuer des procédures courantes
VAL Discuter de la validité d'un résultat

Le code source ci-après est un extrait d'un programme Python simulant le mouvement d'un projectile, assimilé à un point matériel. Ce projectile est lancé au voisinage de la surface de la Terre avec un angle mesuré par rapport à l'horizontale appelé angle de tir. Le calcul des coordonnées du vecteur position du point matériel est réalisé en négligeant l'action de l'air : le projectile est en chute libre, soumis uniquement à son poids.

Python

```
#-----Génération des coordonnées du projectile -----------------------
t = np.linspace(0.0,3.0,11)  # Définition du domaine des dates (en s)
x = 10.0*t                   # Définition des abscisses (en m)
y = -4.9*t**2+14.9*t         # Définition des ordonnées (en m)
```

a. Compléter le code source fourni afin de proposer un programme permettant de représenter un vecteur accélération du projectile, de couleur bleue, toutes les deux positions au point d'indice i.

b. Exécuter le programme et déterminer la valeur v_0 de la vitesse initiale, ainsi que l'angle de tir α par rapport à l'horizontale par une méthode au choix (graphique ou en modifiant le code source).

c. Proposer une méthode (graphique ou en modifiant le code source) pour vérifier que la norme $a(t)$ du vecteur accélération du projectile est constante.

d. Justifier, à l'aide d'une analyse des forces, que le vecteur accélération $\vec{a}(t)$ est bien constant.

■ *Aides à la fin du manuel.*

41 •• Rocketeer

ANA-RAI Formuler une hypothèse **RÉA** Effectuer des procédures courantes
VAL Discuter d'une hypothèse

Démunis des super-pouvoirs des super-héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rocketeer utilise un réacteur, appelé Jet-Pack, placé dans son dos pour voler.

Tous les Jet-Packs utilisent le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il existe par réaction une force de poussée vers l'avant.

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rocketeer réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux.

Le mouvement de Rocketeer est composé de deux phases :

– phase 1 de durée $\Delta t_1 = 3{,}0$ s : passage de l'immobilité à une vitesse de valeur v_1 non nulle ;

– phase 2 : vitesse de valeur v_1 constante.

DONNÉES

- Masse du système {Rocketeer ; équipement} : $m_R = 120$ kg.
- Norme de la force de poussée lors de la phase 1 : $\|\vec{F}\| = 1600$ N.

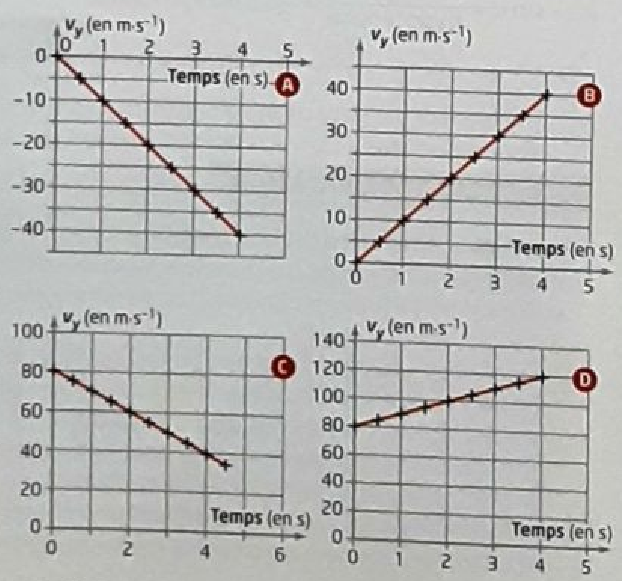
a. Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération $\vec{a}_G$ du centre de masse du système {Rocketeer ; équipement}. Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.

b. Le système {Rocketeer ; équipement} est assimilé à son centre de masse noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz). Juste après le décollage, la force de poussée $\vec{F}$ est l'une des forces s'exerçant sur le point M. Indiquer l'autre force s'exerçant sur ce point. Faire un schéma représentant le point M en vol.

c. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le référentiel terrestre supposé galiléen, estimer la valeur moyenne a_{G1} de son accélération lors de la phase 1.

d. Après à peine quelques dizaines de mètres, le Jet-Pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse du centre de masse du système est nulle. Le super-héros amorce alors un mouvement de chute libre. La position du centre de masse du système est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut. La date $t = 0$ s correspond au début de la chute, soit à l'altitude $y_0 = 80$ m par rapport au sol.

Les représentations graphiques ci-dessous proposent quatre évolutions au cours du temps de v_y, coordonnée de la vitesse du centre de masse du système suivant l'axe Oy. Indiquer la représentation cohérente avec la situation donnée. Une justification qualitative est attendue.



e. En déduire l'équation horaire $v_y(t)$, puis l'accélération $a_y(t)$ lors de cette phase de chute.

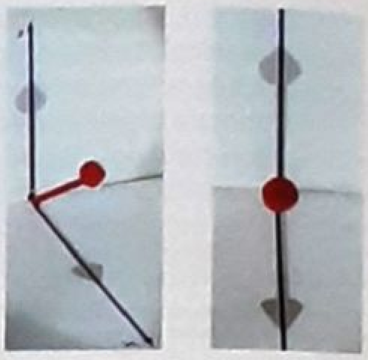
42 Projeter des vecteurs

Déterminer les coordonnées F_x et F_y d'un vecteur $\vec{F}$ de norme F dans un repère cartésien $(O; \vec{i}, \vec{j})$.

ÉTAPE 1 Modélisation

Vidéo

- L'étude de l'ombre projetée d'une flèche en carton modélisant un vecteur $\vec{F}$ permet d'étudier qualitativement ses coordonnées F_x et F_y.
- Visionner la vidéo proposée. Deux spots lumineux éloignés sont situés verticalement et horizontalement par rapport à la flèche en carton modélisant le vecteur $\vec{F}$:
  – l'ombre projetée de la flèche en carton sur l'axe Ox modélise la coordonnée F_x du vecteur $\vec{F}$;
  – l'ombre projetée de la flèche en carton sur l'axe Oy modélise à la coordonnée F_y du vecteur $\vec{F}$.

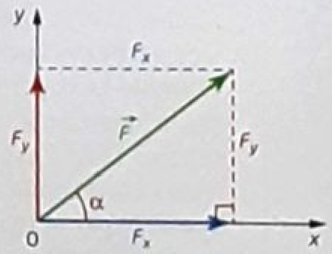


▲ Ombres projetées d'une flèche.

ÉTAPE 2 Aspects mathématiques

Après avoir étudié qualitativement les coordonnées F_x et F_y du vecteur $\vec{F}$ dans le repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ (ÉTAPE 1), le tracé d'un triangle rectangle permet d'exprimer ces coordonnées à partir de la norme F du vecteur (schéma ci-contre).

Dans le triangle rectangle, d'après les formules trigonométriques étudiées en mathématiques les années précédentes :



▲ Coordonnées du vecteur $\vec{F}$

- $\cos\alpha = \dfrac{\text{côté adjacent}}{\text{hypoténuse}} = \dfrac{F_x}{F}$, d'où $F_x = F\cos\alpha$;
- $\sin\alpha = \dfrac{\text{côté opposé}}{\text{hypoténuse}} = \dfrac{F_y}{F}$, d'où $F_y = F\sin\alpha$.

Questions

1 D'après la vidéo, indiquer comment évoluent F_x et F_y lorsque l'angle α augmente. Si $\alpha = 90°$, préciser les valeurs de F_x et F_y. Justifier qualitativement les réponses.

2 Indiquer de même comment évoluent F_x et F_y lorsque l'angle α diminue. Si $\alpha = 0°$, préciser les valeurs de F_x et F_y. Justifier qualitativement les réponses.

3 Recopier le schéma de l'ÉTAPE 2 en repérant sur le triangle rectangle l'hypoténuse, le côté adjacent et le côté opposé de l'angle α. Expliquer pourquoi la longueur du côté du triangle en pointillés rouges sur ce schéma est égale à F_y.

4 Vérifier que les expressions des coordonnées F_x et F_y du vecteur $\vec{F}$ sont en accord avec les réponses aux questions **1.** et **2.**

Conseils !

- Utiliser les instruments adaptés pour réaliser le schéma (équerre, règle, etc.).
- Lorsqu'un angle est noté sur un schéma, faire apparaître le triangle rectangle dans lequel il est inscrit.

MÉTIERS ET ORIENTATION

GRAND ORAL

Un(e) **concepteur(trice) d'attractions** imagine et crée des manèges, notamment à sensation. La conception englobe, entre autres, l'étude mécanique, l'aérodynamisme, la sécurité, le design, etc.
Titulaire d'un diplôme d'ingénieur en mécanique, le (la) concepteur(trice) crée en bureau d'étude de nouveaux produits, détermine les contraintes subies afin d'en déduire les caractéristiques de chaque élément. Il (elle) peut également organiser leur fabrication et superviser leur installation.
Formation : Bac + 5, diplôme d'ingénieur ou masters équivalents, mentions mécanique ou génie mécanique pour s'orienter vers la conception.

RESSOURCE

- Vidéo de l'étape 1

43 Bobsleigh

S'APPROPRIER · ANALYSER-RAISONNER · RÉALISER

Le bobsleigh est un sport d'hiver dans lequel des équipes de deux ou quatre personnes effectuent des courses dans un « traîneau », appelé bobsleigh, sur des pistes de glace étroites.

DOC. 1 Premières phases de la course

Phase 1 : l'équipage pousse le bobsleigh vide avec une force constante sur une piste rectiligne horizontale longue de $d_1 = 50$ m, sans frottements. La valeur de la vitesse de l'engin passe de 0 à 45 $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$ en une durée $\Delta t_1 = 6{,}0$ s.

Phase 2 : l'équipage saute dans le bobsleigh, qui parcourt alors une distance $d_2 = 10$ m sur une partie rectiligne horizontale, sans frottement.

Phase 3 : le système {bobsleigh ; équipage} se déplace sur une partie rectiligne inclinée vers le bas d'un angle $\alpha = 15°$, sans frottement, pendant une durée $\Delta t_3 = 7{,}0$ s.

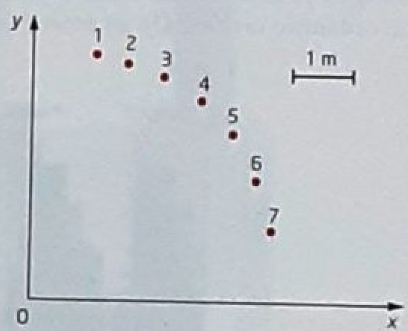
Phase 4 : le système {bobsleigh ; équipage} se déplace sur une piste courbe inscrite dans un plan horizontal Oxy (→ DOC. 2).

DONNÉES

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{N}\cdot\text{kg}^{-1}$.
- Masse d'un bobsleigh :
  - sans équipage : $m = 200$ kg ;
  - avec équipage : $M = 500$ kg.

DOC. 2 Positions successives du centre de masse du système {bobsleigh ; équipage} au cours de la phase 4 — Schéma

- La position 1 correspond à la première position du système lors de la phase 4.
- La durée entre deux positions successives est $\Delta t = 30$ ms.



Questions

1 Indiquer, en justifiant la réponse, le type de mouvement du centre de masse du système {bobsleigh} lors de la phase 1. En déduire les caractéristiques du vecteur accélération du centre de masse du bobsleigh.

2 Exprimer la norme de la force $\vec{F}$ appliquée par les équipiers au bobsleigh lors de la phase 1.

3 Indiquer, en justifiant, le type de mouvement du centre de masse du système {bobsleigh ; équipage} dans la phase 2. En déduire la valeur de sa vitesse à la fin de la phase 2.

4 Faire un schéma représentant le bilan des forces appliquées au système {bobsleigh ; équipage} lors de la phase 3. En déduire la valeur de l'accélération du centre de masse du système durant cette phase, et la valeur de sa vitesse à la fin de cette phase.

5 Recopier ou imprimer le schéma du DOC. 2 et représenter le vecteur accélération du centre de masse du système {bobsleigh ; équipage} à la position 4 de la phase 4, en laissant les étapes de construction de ce vecteur apparentes. Déterminer la norme de ce vecteur.

RESSOURCE

- Schéma du doc. 2 à imprimer

 50 min

44 Décollage d'Ariane 5

RÉSOLUTION DE PROBLÈME DIFFÉRENCIATION

S'APPROPRIER ANALYSER-RAISONNER VALIDER

La propulsion de la fusée Ariane 5 est assurée par :
- un étage principal cryotechnique (EPC) constitué notamment d'un moteur Vulcain ;
- deux boosters (étages d'accélération à poudre EAP) qui contribuent à environ 90 % de la puissance totale transmise à la fusée au début du décollage.

Le but de cet exercice est de vérifier certaines des caractéristiques de la fusée Ariane 5 en étudiant son décollage.

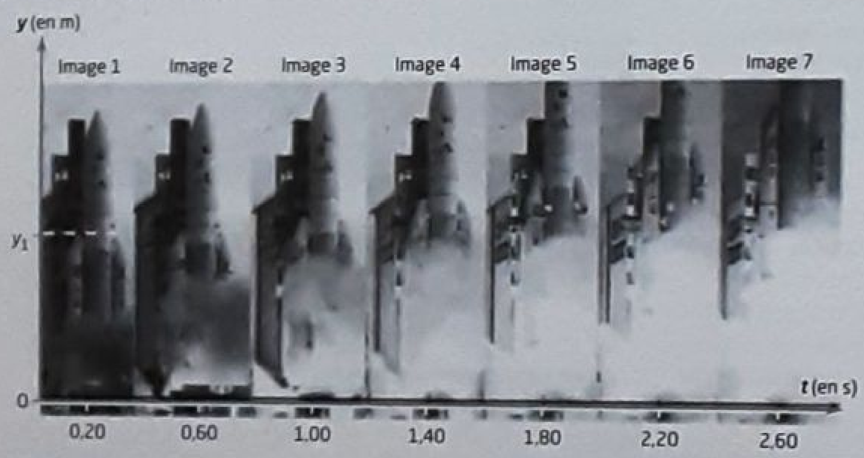
La masse totale de la fusée est supposée constante pendant la durée de l'étude.

DONNÉES

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \mathrm{N\cdot kg^{-1}}$.
- Masse d'Ariane 5 au décollage : $M = 750$ à 780 t.
- Norme de la force de poussée de la fusée au décollage : 12 000 à 13 000 kN.

DOC. 1 Début du décollage d'Ariane 5

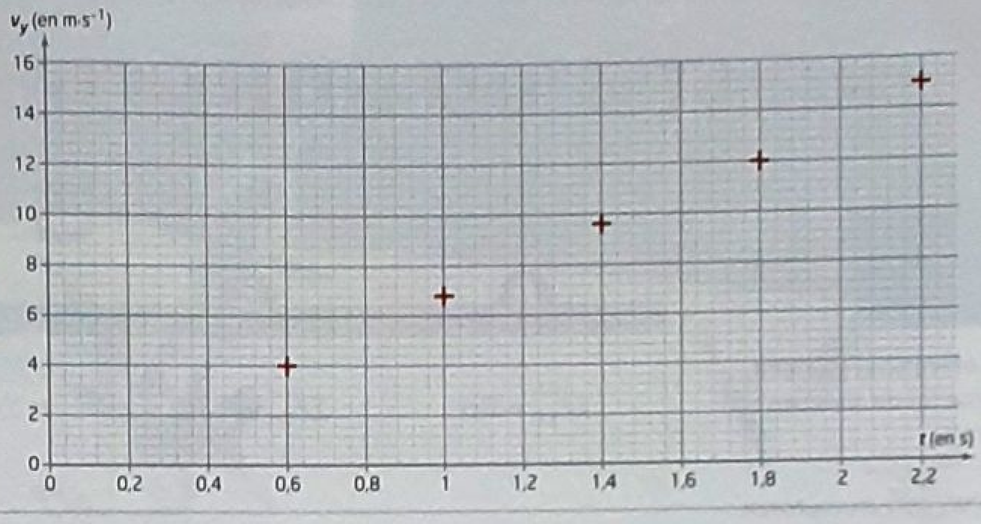
L'axe vertical a pour origine la base de la fusée au moment du décollage.
L'image 1 précise l'endroit de la fusée qui sert à repérer son mouvement vertical.
Son ordonnée sur l'axe Oy est notée y_1.



DOC. 2 Détermination expérimentale de la position et de la valeur de la vitesse de la fusée

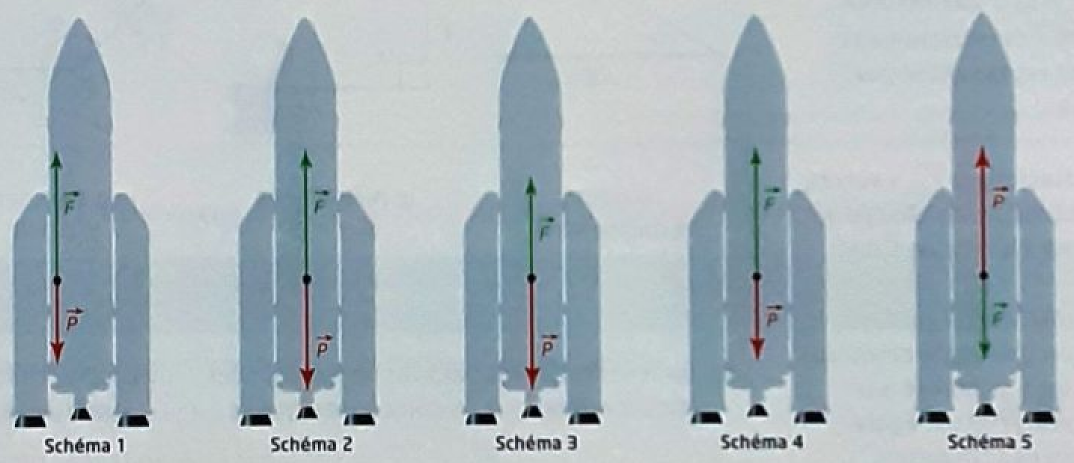
Image	Date t (en s)	Position y (en m)	Valeur de la vitesse verticale v_y (en $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$)
1	0,20	30,1	–
2	0,60	31,5	v_{y2}
3	1,00	33,3	6,8
4	1,40	36,9	9,6
5	1,80	y_5	12
6	2,20	46,5	15
7	2,60	52,9	–

DOC. 3 Évolution de la valeur de la vitesse verticale de la fusée en fonction du temps



DOC. 4 Proposition de représentation des forces s'appliquant sur la fusée qui vient de quitter le sol

$\vec{P}$: poids $\vec{F}$: force de poussée de la fusée



Questions

Fiche d'évaluation

1 Questions préliminaires

a. Estimer, à l'aide des **DOCS. 1** et **2**, les valeurs de y_5 et de $v_{y,2}$, en détaillant la démarche utilisée et en vérifiant la cohérence du résultat obtenu pour $v_{y,2}$ à l'aide du **DOC. 3**.

b. Choisir parmi les propositions du **DOC. 4** le schéma compatible avec le décollage de la fusée. Justifier qualitativement la réponse.

2 Problème

À l'aide des documents, des réponses précédentes et de connaissances, estimer la norme de la force de poussée au décollage, et vérifier la cohérence de ce résultat avec les **DONNÉES**.

Toute initiative prise pour résoudre ces questions, ainsi que la qualité de la rédaction explicitant la démarche suivie, seront valorisées. Le regard critique porté sur le résultat final sera pris en considération.

■ *Aides à la fin du manuel.*

RESSOURCE

- Fiche d'évaluation par compétences