MOUVEMENT D'UN SYSTEME
LOIS DE NEWTON

2 Déterminer les coordonnées d'un vecteur vitesse (1)

CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Les coordonnées du vecteur position d'un point matériel M dans un repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$ lié au référentiel d'étude sont données ci-dessous :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = -a \times t + b \\ y = 0 \end{cases}$$

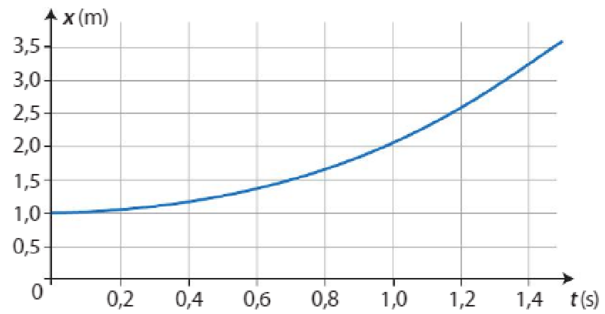
avec a et b constants.

• Déterminer les coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse de M.

3 Déterminer les coordonnées d'un vecteur vitesse (2)

| Exploiter un graphique.

On donne l'évolution de la position d'un point matériel P qui se déplace suivant un axe horizontal Ox, dans un repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$ lié au référentiel d'étude.



1. Rappeler l'interprétation graphique d'un nombre dérivé en mathématiques.

2. Déterminer alors la valeur de la vitesse de P à la date $t = 1{,}0$ s.

4 Déterminer les coordonnées d'un vecteur accélération (1)

CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Une bille assimilée à un point B est lancée verticalement à un instant $t = 0$ s. Ses positions sont repérées dans un repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$ lié à un référentiel terrestre par :

$$\overrightarrow{OB}\begin{cases} x = 0 \\ y = -4{,}9t^2 + 4{,}0t + 1{,}5 \end{cases}$$

avec x et y en mètre, et t en seconde.

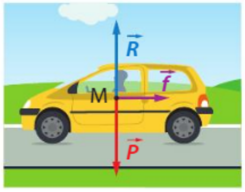
• Établir l'expression des coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse puis du vecteur accélération de la bille.

12 Appliquer la deuxième loi de Newton (1)

CORRIGÉ

| Utiliser un modèle pour prévoir.

Une voiture de masse $m = 900$ kg se déplace moteur arrêté sur une route horizontale. Elle ralentit sous l'effet des forces de frottements exercées par l'air et par la route sur les pneus.



Toutes les forces qui s'appliquent sur la voiture sont représentées en son centre de masse M sans souci d'échelle. Le poids $\vec{P}$ du véhicule et la réaction $\vec{R}$ de la route sur les pneus se compensent. La valeur de la force de frottement est $f = 300$ N.

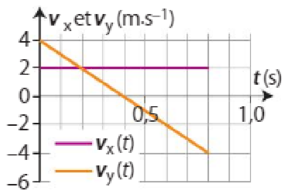
1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2. Exploiter cette loi pour déterminer les caractéristiques du vecteur accélération de M. Utiliser le réflexe 3

5 Déterminer les coordonnées d'un vecteur accélération (2)

| Exploiter un graphique.

Une bille est lancée dans le plan vertical $(O\,;x,y)$ associé à un repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$ lié à un référentiel terrestre (voir graphique ci-contre).



1. Déterminer l'expression des coordonnées cartésiennes v_x et v_y du vecteur vitesse.

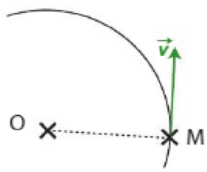
2. Établir l'expression des coordonnées cartésiennes a_x et a_y du vecteur accélération.

6 Étudier un mouvement circulaire

CORRIGÉ

| Faire un schéma adapté.

Un point matériel M décrit un mouvement circulaire uniforme autour d'un point O.



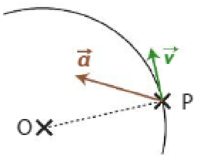
1. Reproduire le schéma, puis définir et représenter le repère de Frenet lié à M.

2. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ de M dans ce repère. Utiliser le réflexe 2

7 Exploiter la représentation d'un vecteur accélération

| Exploiter un schéma.

On a représenté sur le schéma ci-contre le vecteur accélération $\vec{a}$ d'un point matériel P qui se déplace suivant une trajectoire circulaire autour d'un point O.



1. a. Définir et représenter le repère de Frenet lié à P.
b. Exprimer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ de P dans ce repère.

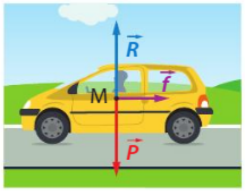
2. Le mouvement de P est-il uniforme ?

12 Appliquer la deuxième loi de Newton (1)

CORRIGÉ

| Utiliser un modèle pour prévoir.

Une voiture de masse $m = 900$ kg se déplace moteur arrêté sur une route horizontale. Elle ralentit sous l'effet des forces de frottements exercées par l'air et par la route sur les pneus.



Toutes les forces qui s'appliquent sur la voiture sont représentées en son centre de masse M sans souci d'échelle. Le poids $\vec{P}$ du véhicule et la réaction $\vec{R}$ de la route sur les pneus se compensent. La valeur de la force de frottement est $f = 300$ N.

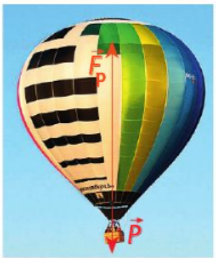
1. Énoncer la deuxième loi de Newton.

2. Exploiter cette loi pour déterminer les caractéristiques du vecteur accélération de M. Utiliser le réflexe 3

13 Appliquer la deuxième loi de Newton (2)

| Utiliser un modèle pour décrire.

Une montgolfière et l'air qu'elle contient (masse $m = 1{,}20 \times 10^3$ kg) sont animés d'un mouvement vertical uniformément accéléré vers le haut. La valeur de l'accélération est $a = 0{,}20\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.



La montgolfière est soumise à son poids $\vec{P}$ et à la poussée d'Archimède $\vec{F}_p$ exercée par l'air extérieur. On néglige les forces de frottement devant les autres forces. Les forces sont représentées sans souci d'échelle au centre de masse du système sur la photo ci-dessus.

1. Déterminer les caractéristiques de la somme des forces $\Sigma\vec{F}$ appliquées au système.

2. En déduire la valeur F_p de la poussée d'Archimède.

Donnée

Intensité de la pesanteur : $g = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

15 Ion acceleration

| Pratiquer une langue vivante étrangère.

› Orsay's Linear Accelerator

The highly energetic ion beams are used in material physics and radiobiology to study the influence of this radiation on matter and life.

An Al^{3+} ion enters a linear accelerator which maintains a voltage $U = 1\ 000$ V between its electrodes. The distance between the electrodes is $d = 20$ cm. The ion is subjected to an electrostatic force of value $F = \dfrac{|q| \times U}{d}$.

1. Calculate F.

2. Check that the weight of the ion is negligible compared to the value F.

3. Determine the value of the ion acceleration.

Data

- Elementary charge: $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C.
- Mass of ion $A\ell^{3+}$: $m = 4.48 \times 10^{-26}$ kg.
- $g = 9.81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

17 Saut au-dessus du canal de Corinthe

| Mobiliser et organiser ses connaissances ;
exploiter des informations.

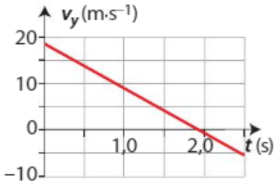
En avril 2010, le pilote de moto Robbie MADDISON a pris son élan pour franchir le canal de Corinthe.
Le mouvement du centre de masse G du système {R. MADDISON et sa moto} est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen. À l'instant $t = 0$ s, il se trouve à l'origine du repère et quitte le tremplin. Son vecteur vitesse $\vec{v}_0$ fait un angle $\alpha = 33°$ avec l'axe horizontal et a pour valeur 125 km · h^{-1}.

1. a. Utiliser la chronophotographie ci-dessous pour montrer que le mouvement suivant l'axe (Ox) est uniforme.

b. Montrer que si le poids est la seule force qui s'applique sur le système, le vecteur accélération est vertical.

c. Vérifier que les réponses aux deux questions précédentes sont cohérentes entre elles.

2. a. En utilisant l'allure de la courbe ci-contre, justifier que le mouvement suivant l'axe vertical est uniformément varié.

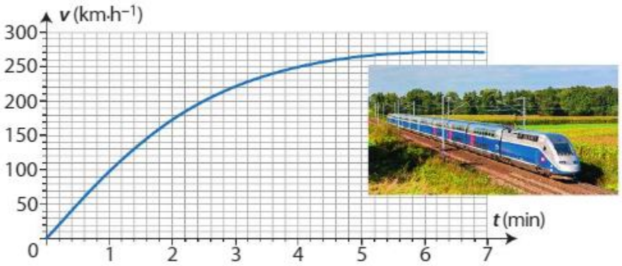


b. Quelle position particulière de la trajectoire est occupée par G à la date pour laquelle $v_y = 0$? Quelle est alors la valeur de la vitesse ?

18 Accélération d'un TGV

| Exploiter un graphique.

L'étude du mouvement du centre de masse G d'une rame de TGV se déplaçant en ligne droite donne les résultats suivants :



1. Expliquer comment déterminer graphiquement la valeur a_G de l'accélération.

2. Comment la valeur de l'accélération évolue-t-elle au cours du temps ?

3. Caractériser le vecteur accélération à $t = 2$ min, instant de la photographie.

20 Le curling

| Extraire et organiser l'information ; effectuer des calculs.

Une pierre de curling initialement immobile de masse $m = 18$ kg est poussée par une joueuse qui exerce sur elle une force parallèle au sol, de valeur constante F pendant la durée $\Delta t_1 = 4{,}0$ s (phase 1).

La pierre est ensuite lâchée et glisse sur la glace à vitesse constante. Elle parcourt la distance $d = 20$ m en une durée $\Delta t_2 = 10$ s (phase 2).
On néglige les frottements de l'air et de la glace sur la pierre de centre de masse G lors de son mouvement.

1. Représenter les forces exercées sur la pierre durant les deux phases du mouvement et sans souci d'échelle.

2. Calculer la valeur v_G de la vitesse lors de la phase 2.

3. En déduire la valeur a_G constante de l'accélération de la pierre lors de la première phase.

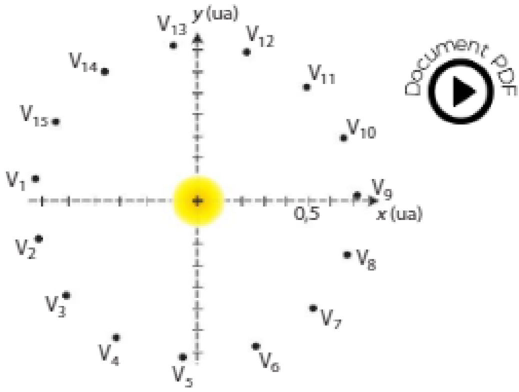
4. Calculer la valeur F de la force exercée par la joueuse sur la pierre lors de la phase de lancer.

21 Le mouvement de Vénus

| Effectuer des calculs ; construire des vecteurs ; interpréter des observations.

Vénus, deuxième des huit planètes du Système solaire en partant du Soleil, est la sixième par masse ou par taille décroissante. La distance Vénus-Soleil est voisine de 0,72 ua. Sa trajectoire autour du Soleil est quasiment circulaire.

Le site de l'Institut de mécanique céleste et de calcul des éphémérides permet d'obtenir, pour une durée au choix, la trajectoire de Vénus dans un référentiel donné. Ci-dessous sont représentées les positions de Vénus tous les 15 jours entre le 1er septembre 2019 (V_1) et le 29 mars 2020 (V_{15}).



1. a. Dans quel référentiel le mouvement de Vénus est-il étudié ?

b. Utiliser le schéma fourni pour vérifier la cohérence entre les informations extraites du pointage et celles du texte.

2. On suppose que la vitesse de Vénus autour du Soleil a une valeur constante $v = 34\ \text{km}\cdot\text{s}^{-1}$.

a. Construire en V_2 et en V_3 les vecteurs vitesse $\vec{v}_2$ et $\vec{v}_3$ en précisant l'échelle utilisée.

b. Construire en V_3 le vecteur accélération $\vec{a}_3$ de Vénus en précisant l'échelle utilisée.

c. Indiquer les caractéristiques (direction, sens et valeur) de ce vecteur.

3. a. Exprimer la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par le Soleil sur Vénus.

b. Par application de la deuxième loi de Newton, exprimer le vecteur accélération $\vec{a}$ et calculer sa valeur.

c. Vérifier alors le caractère galiléen du référentiel.

Données

- 1 ua = $1{,}5 \times 10^{11}$ m.
- Masse de Vénus : $m_V = 4{,}9 \times 10^{24}$ kg.
- Masse du Soleil : $m_S = 2{,}0 \times 10^{30}$ kg.
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$

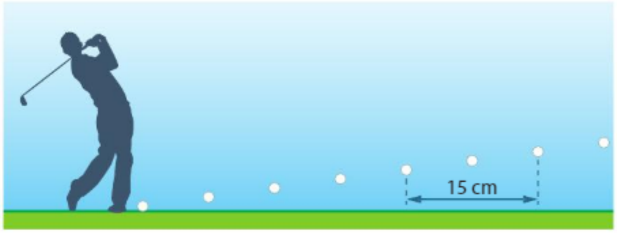
23 À chacun son rythme

Vol d'une balle de golf

Mobiliser et organiser ses connaissances ; rédiger une explication.

Commencer par résoudre l'énoncé compact. En cas de difficultés, passer à l'énoncé détaillé.

Le swing d'un joueur de golf expérimenté permet d'envoyer une balle à une distance voisine de 250 m. Les huit premières positions d'une balle de golf sont pointées ci-dessous toutes les 1,0 ms.



L'étude du mouvement de la balle dans un repère cartésien (O ; x, y) montre qu'elle touche le sol à une distance $D = \frac{v_0^2 \times \sin 2\theta}{a}$ de O, appelée « portée du swing ». Dans cette relation, θ est l'angle entre le sol horizontal et le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ de la balle ; a est la valeur constante de son accélération.

Lorsque le golfeur imprime à la balle un mouvement de rotation arrière, appelé *backspin*, la balle se met en rotation à grande vitesse et est alors soumise à une force verticale $\vec{F}$ considérée comme constante, orientée vers le haut.

Énoncé compact

Vérifier que la portée du swing correspond à la distance annoncée dans le texte introductif.

Énoncé détaillé

1. Déterminer, à l'aide du pointage, la valeur de la vitesse initiale $\vec{v}_0$ de la balle.

2. Établir l'inventaire des forces qui s'exercent sur la balle lors de son mouvement.

3. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur a de l'accélération de la balle.

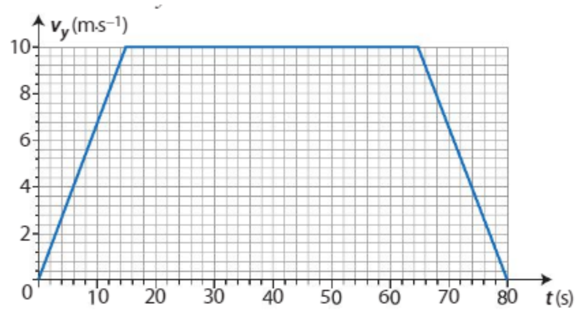
4. Vérifier que la portée du swing correspond à la distance annoncée dans le texte introductif.

Données
- Masse de la balle : $m = 46$ g.
- Valeur de la force $\vec{F}$: $F = 5{,}0 \times 10^{-2}$ N.
- $\theta = 11°$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

25 La cabine d'ascenseur

Exploiter un graphique ; mobiliser et organiser ses connaissances.

À Dubaï, le Bürj Khalifa, plus haut gratte-ciel du monde, est équipé d'un ascenseur pouvant se déplacer à 40 km·h^{-1}. Le graphique ci-après donne l'évolution de la coordonnée verticale v_y de la vitesse d'un ascenseur en fonction du temps. L'axe vertical Oy est ascendant.



1. Calculer la coordonnée a_y de l'accélération de la cabine d'ascenseur pendant chaque phase du mouvement.

2. a. Une personne de masse $m = 70$ kg se trouve dans la cabine. Établir l'inventaire des forces s'exerçant sur elle.

b. Par application de la deuxième loi de Newton, déterminer la valeur de la force $\vec{R}$ exercée par le sol de l'ascenseur sur la personne lors de chaque phase.

c. Quel sera à chaque fois le ressenti de la personne ?

Donnée

Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

26 L'expérience de Millikan

Mobiliser et organiser ses connaissances.

Pour déterminer la charge de l'électron, l'Américain Robert MILLIKAN a réalisé l'expérience suivante, qui lui valut le prix Nobel de physique en 1923.

Un pulvérisateur produit un nuage de gouttelettes d'huile chargées négativement. Ces gouttelettes tombent, sous l'effet de leur poids, dans une zone où règne un champ électrique $\vec{E}$ uniforme, vertical et dirigé vers le bas.

Pour maintenir en équilibre une gouttelette de rayon $r = 2{,}0\ \mu$m, R. MILLIKAN a appliqué un champ électrique de valeur $E = 1{,}83 \times 10^5\ \text{N} \cdot \text{C}^{-1}$.

1. Déterminer les caractéristiques (direction, sens et valeur) de la force électrique $\vec{F}$ à laquelle est soumise la gouttelette.

2. Effectuer l'inventaire des forces qui s'exercent sur la gouttelette d'huile assimilée à un point matériel.

3. Caractériser l'accélération de la gouttelette maintenue en équilibre.

4. Déterminer la charge électrique q de la gouttelette.

5. Cette charge q étant due à un excès de 10 électrons, déterminer la charge de l'électron.

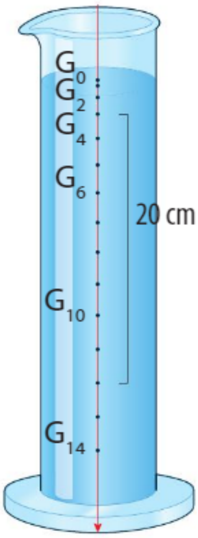
Données
- Masse volumique de l'huile : $\rho = 890\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.
- Volume d'une sphère de rayon r : $V = \frac{4}{3}\pi \times r^3$.

27 Chute dans un fluide

Extraire et organiser l'information ; construire des vecteurs.

Un objet (masse $m = 3{,}80 \times 10^{-3}$ kg et volume $V = 2{,}10 \times 10^{-6}$ m^3) est lâché sans vitesse initiale dans un liquide de masse volumique $\rho = 1\,240$ kg·m^{-3}. Sa chute est filmée avec une webcam puis analysée à l'aide d'un logiciel adapté. Le schéma ci-contre montre l'ensemble des positions successives occupées par le centre de masse G de l'objet à intervalles de temps réguliers : $\tau = 0{,}050$ s.

Les frottements du fluide sur l'objet sont modélisés par une force $\vec{f}$ opposée au vecteur vitesse $\vec{v}$ et de valeur proportionnelle à v.



1. Reproduire le schéma ci-dessus ou utiliser le document fourni et calculer la valeur des vitesses en G_3 et G_4. Tracer sur le schéma les vecteurs vitesse en ces positions avec l'échelle 1 cm ↔ 0,20 m·s^{-1}.

2. Calculer la valeur a_4 de l'accélération en G_4, puis tracer le vecteur accélération en cette position avec l'échelle 1 cm ↔ 0,50 m·s^{-2}.

3. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède $\vec{F}_P$ et la comparer à celle du poids de l'objet.

4. Représenter les forces exercées sur l'objet sans souci d'échelle.

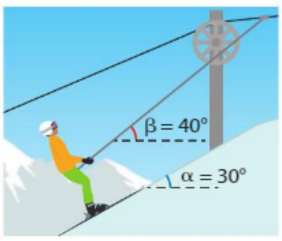
5. Déterminer la valeur f de la force de frottement qui s'exerce sur l'objet.

Données

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}.
- Caractéristiques de la poussée d'Archimède exercée par un fluide sur un objet complètement immergé dans ce fluide : force verticale, vers le haut, de valeur $F_P = \rho_{fluide} \times V_{objet} \times g$.

28 Le téléski

Mobiliser et organiser ses connaissances ; effectuer des calculs.



Une skieuse de masse $m = 60$ kg est accrochée à la perche d'un téléski et se déplace avec une vitesse de valeur constante. Le téléski exerce sur la skieuse une force constante $\vec{F}$ dans l'axe de la perche. Les forces de frottement exercées par l'air et par la neige sont négligées.

1. Établir l'inventaire des forces exercées sur la skieuse et représenter l'ensemble de ces forces sans souci d'échelle au centre de masse G de la skieuse.

2. Exprimer les coordonnées de chacune des forces dans un repère cartésien $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ dont l'axe Ox est parallèle à la pente.

3. Calculer la valeur F de la force exercée par la perche sur la skieuse.

Donnée

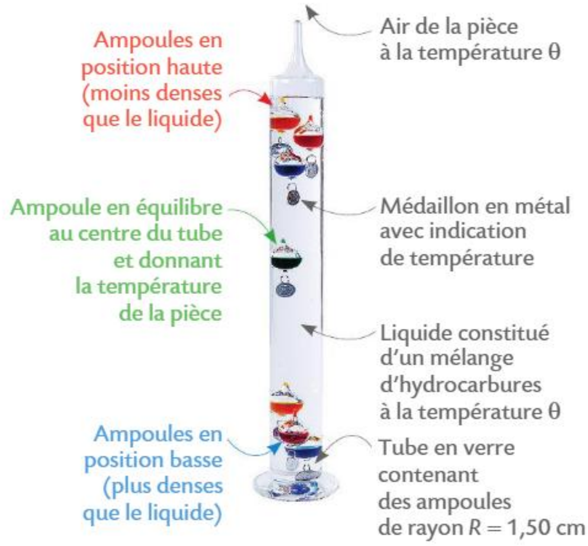
Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}.

29 CORRIGÉ 30 min Le thermomètre de Galilée

Document PDF

Faire un schéma adapté ; effectuer des calculs ; faire preuve d'esprit critique.

Le liquide d'un thermomètre de Galilée a une masse volumique $\rho_\ell(\theta)$ qui décroît lorsque sa température augmente.



Partie I Étude théorique du mouvement

Le liquide du thermomètre est à 18 °C ; à cette température, l'ampoule portant le médaillon « 18 °C », de 12,0 g et de volume V, flotte. On chauffe le liquide jusqu'à 20 °C, l'ampoule descend alors dans le tube.

On prend pour origine des dates ($t = 0$ s) l'instant où l'ampoule se met en mouvement.

On modélise la valeur f de la force de frottement fluide exercée par le liquide sur l'ampoule par $f = k \times v_G$, avec v_G la valeur de la vitesse du centre de masse de l'ampoule et k le coefficient de frottement. On définit un axe Oy dirigé vers le bas dont l'origine O coïncide avec le centre de masse de l'ampoule portant le médaillon « 18 °C » à la date $t = 0$ s.

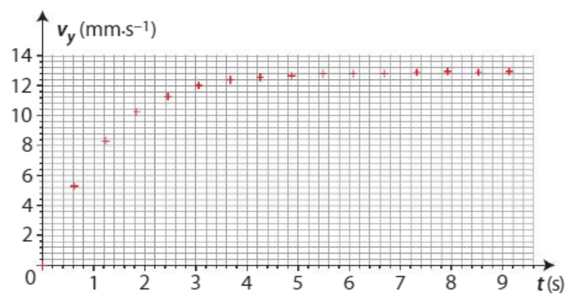
1. Représenter, sans souci d'échelle mais de façon cohérente, les forces s'exerçant sur l'ampoule en mouvement.

2. Montrer que les valeurs a_G de l'accélération et v_G de la vitesse de G sont liées par $a_G = A - B \times v_G$. Exprimer A et B en fonction de m, g, k, $\rho_\ell(\theta)$ et V. Utiliser le réflexe 3

3. Calculer A et B.

Partie II Étude expérimentale du mouvement

Une capture vidéo permet d'obtenir la courbe ci-dessous.



1. Justifier que l'ampoule atteint une vitesse de valeur constante v_ℓ et la déterminer.

2. Montrer que $v_\ell = \frac{A}{B}$. Utiliser le réflexe 1

Données

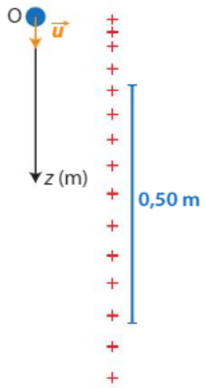
- Volume de l'ampoule : $V = \frac{4}{3}\pi \times R^3$.
- Masse volumique du liquide à 20 °C : $\rho_\ell = 848\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.
- Coefficient de frottement : $k = 8{,}8 \times 10^{-3}\ \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Préparation à l'ECE

L'huile utilisée dans les moteurs de voitures permet de limiter les frottements entre les pièces.
Une des grandeurs caractéristiques d'une huile pour moteur est sa viscosité η.
Un groupe d'élèves dispose d'un bidon d'huile dont l'étiquette a été arrachée.
L'objectif de cet exercice est de déterminer la viscosité de l'huile contenue dans le bidon.

A Protocole de mesure de la viscosité

On filme la chute d'une bille de rayon R dans un tube vertical rempli de l'huile à analyser.
Les positions de la bille sont repérées sur un axe vertical (Oz) orienté vers le bas, muni d'un vecteur unitaire $\vec{u}$.
L'intervalle de temps entre deux images consécutives est $\tau = 400$ ms.



B Résultats et données utiles

- Concernant la bille :

rayon $R = 2{,}00$ cm ; masse $m = 35{,}5$ g ; volume $V = 33{,}5\ \text{cm}^3$.

- Concernant les forces :

Lors de sa chute dans l'huile, la bille est soumise à :
– la poussée d'Archimède $\vec{F}_p = (\rho_{huile} \times V_{bille} \times g)\ \vec{u}$;
– la force de frottement $\vec{f} = (6\pi \times \eta \times R \times v)\ \vec{u}$.

- Concernant l'huile :

– masse volumique $\rho = 920\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
– viscosité de quelques huiles témoins à 20 °C :

	Huile 1	Huile 2	Huile 3
η (Pa·s)	0,088	0,290	0,700

Donnée

Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ \text{m} \cdot \text{s}^{-2}$.

1. APP Montrer que la bille atteint une vitesse de valeur constante v_ℓ.

2. RÉA Déterminer la valeur de cette vitesse v_ℓ.

3. ANA-RAIS Par application de la deuxième loi de Newton, montrer que la viscosité de la bille s'exprime par la relation :

$$\eta = \frac{(m - \rho \times V) \times g}{6\pi \times R \times v_\ell}$$

4. VAL Identifier l'huile moteur étudiée.