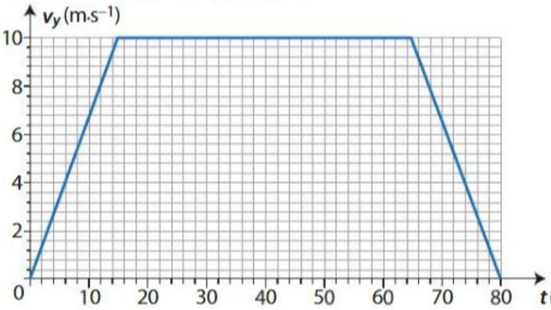
25 La cabine d'ascenseur

| 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 m·s^{-2}.

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 × 10^3 kg) sont animés d'un mouvement vertical uniformément accéléré vers le haut. La valeur de l'accélération est a = 0,20 m·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.

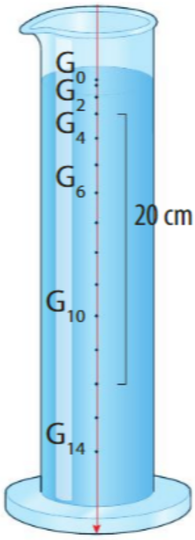
2. En déduire la valeur F_p de la poussée d'Archimède.

Donnée

Intensité de la pesanteur : g = 10 m·s^{-2}.

27 Chute dans un fluide

| Extraire et organiser l'information ; construire des vecteurs.



Un objet (masse m = 3,80 × 10^{-3} kg et volume V = 2,10 × 10^{-6} m^3) est lâché sans vitesse initiale dans un liquide de masse volumique ρ = 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 : τ = 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.

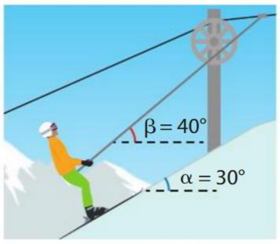
5. Déterminer la valeur f de la force de frottement qui s'exerce sur l'objet.

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}.

17 Saut au-dessus du canal de Corinthe

Mobiliser et organiser ses connaissances ;
exploiter des informations.

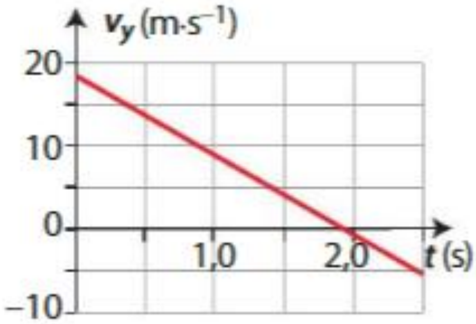
En avril 2010, le pilote de moto Robbie MADDISON a pris son élan pour franchir le canal de Corinthe.
Le mouvement du centre de masse G du système {R. MADDISON et sa moto} est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen. À l'instant $t = 0$ s, il se trouve à l'origine du repère et quitte le tremplin. Son vecteur vitesse $\vec{v_0}$ fait un angle $\alpha = 33°$ avec l'axe horizontal et a pour valeur $125\ \text{km} \cdot \text{h}^{-1}$.

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.

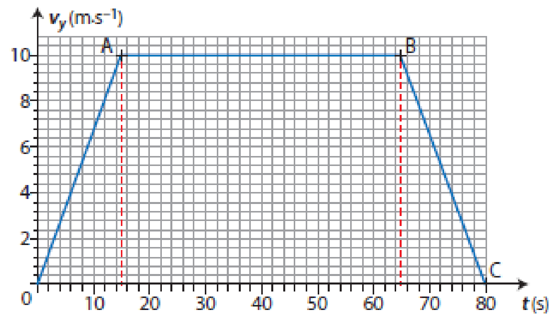
c. Vérifier que les réponses aux deux questions précédentes sont cohérentes entre elles.

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 ?

25 La cabine d'ascenseur



1. Pour chacune des phases, le vecteur accélération correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe $v_y = f(t)$.

• **Première phase**, pour t allant de 0 s à 15 s :

$a_y = \dfrac{v_A - 0}{t_A - 0}$ soit $a_y = \dfrac{10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} - 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{15\ \text{s} - 0\ \text{s}}$; $a_y = 0{,}67\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

• **Deuxième phase**, pour t allant de 15 s à 65 s : $a_y = 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

• **Troisième phase**, pour t allant de 65 s à 80 s :

$a_y = \dfrac{v_C - v_B}{t_C - t_B}$ soit $a_y = \dfrac{0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1} - 10\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{80\ \text{m} - 65\ \text{m}}$; $a_y = -0{,}67\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

2. a. La personne debout dans l'ascenseur est soumise à deux forces :
– $\vec{R}$, l'action du support (plancher de la cabine) ;
– $\vec{P}$, le poids de la personne.
Ces forces ont même direction mais sont de sens opposés.

b. On projette les vecteurs force sur un axe vertical ascendant.

• **Première phase :**
$R - P = m \times a_y$ donc $R = m \times (g + a_y)$
$R = 70\ \text{kg} \times (9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2} + 0{,}67\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2})$
soit $R = 7{,}3 \times 10^2$ N.

• **Deuxième phase :**
$R - P = 0$ donc $R = P = m \times g$
$R = 70\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ soit $R = 6{,}9 \times 10^2$ N.

• **Troisième phase :**
$R - P = m \times a_y$ donc $R = m \times (g + a_y)$
$R = 70\ \text{kg} \times (9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2} - 0{,}67\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2})$
soit $R = 6{,}4 \times 10^2$ N.

c. • **Première phase :**
La personne reste en équilibre relatif par rapport à la cabine. Si elle était sur un pèse-personne, l'action de ses pieds sur la « balance » serait égale et opposée à l'action de ce support sur ses pieds qui représente l'action $\vec{R}$ du support (troisième loi de Newton relative aux interactions).
Comme $R > P$, le pèse-personne indiquerait un poids apparent $P_{app} = R > P$! La personne a l'impression que son « poids » a augmenté ! On ressent comme un « écrasement ».

• **Deuxième phase :**
Rien ne différencie cette phase d'un repos. Pas de modification de perception ressentie.

• **Troisième phase :**
On obtient dans cette situation $P_{app} = R < P$: la personne a l'impression que son poids a diminué. Elle semble être soulevée.

13 Appliquer la deuxième loi de Newton (2)

1. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au système {montgolfière} dans un référentiel terrestre supposé galiléen : $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$.
Comme le mouvement est vertical uniformément accéléré, le vecteur accélération a même direction et même sens que celui du mouvement. Il est donc vertical vers le haut.
Il vient donc que le vecteur $\sum \vec{F}$ est vertical et orienté vers le haut.

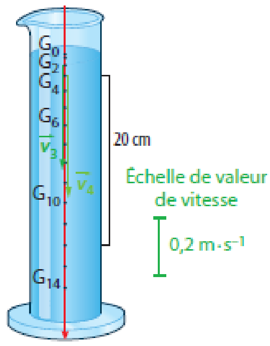
2. Le système {montgolfière} est soumis à son poids $\vec{P}$ et à la poussée d'Archimède $\vec{F}_P$.
$\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$ s'écrit $\vec{P} + \vec{F}_P = m \times \vec{a}_G$.
Par projection des vecteurs sur un axe vertical ascendant, on obtient $-P + F_P = m \times a_G$. On en déduit :
$F_P = m \times a_G + P$ soit $F_P = m \times a_G + m \times g$
c'est-à-dire $F_P = m \times (a_G + g)$.
Application numérique :
$F_P = 1{,}20 \times 10^3\ \text{kg} \times (0{,}20 + 10)\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$
$F_P = 1{,}2 \times 10^4$ N.

27 Chute dans un fluide

1. La valeur de la vitesse en G_3 est donnée par $v_3 = \dfrac{G_3G_4}{\Delta t}$ et en G_4 par $v_4 = \dfrac{G_4G_5}{\Delta t}$.
Graphiquement, et en utilisant l'échelle fournie, on mesure : $G_3G_4 = 1{,}8$ cm et $G_4G_5 = 2{,}1$ cm.

$v_3 = \dfrac{1{,}8 \times 10^{-2}\ \text{m}}{0{,}050\ \text{s}} = 0{,}36\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;

$v_4 = \dfrac{2{,}1 \times 10^{-2}\ \text{m}}{0{,}050\ \text{s}} = 0{,}42\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.



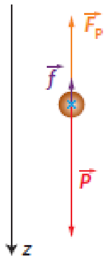
2. Pour construire en G_4 le vecteur accélération $\vec{a}_4$, on construit dans un premier temps le vecteur variation de vitesse $(\Delta\vec{v})_{3\to4}$.
Pour cela :
– reporter le vecteur $-\vec{v}_3$ à l'extrémité de $\vec{v}_4$;
– construire le vecteur qui a pour origine G_4 et pour extrémité $-\vec{v}_3$.
On mesure sur la figure en tenant compte de l'échelle :
$(\Delta v)_{3\to4} = 0{,}06\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.
La valeur du vecteur $\vec{a}_4$ est donnée par $a_4 = \dfrac{(\Delta v)_{3\to4}}{\Delta t}$.

$a_4 = \dfrac{0{,}06\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}}{0{,}050\ \text{s}}$ soit $a_4 = 1\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.

Ce vecteur sera représenté par un segment fléché vertical et orienté vers le bas, 2 fois plus long que le segment d'échelle des valeurs d'accélération.

3. Valeur de la poussée d'Archimède :
$F_P = \rho_{fluide} \times g \times V$.
$F_P = 1\,240\ \text{kg}\cdot\text{m}^{-3} \times 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2} \times 2{,}10 \times 10^{-6}\ \text{m}^3$.
Soit $F_P = 2{,}55 \times 10^{-2}$ N.
Valeur du poids : $P = m \times g$.
$P = 3{,}80 \times 10^{-3}\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.
Soit $P = 3{,}73 \times 10^{-2}$ N.
La valeur du poids est supérieure à celle de la poussée d'Archimède, donc le système ne flotte pas, mais les deux forces sont du même ordre de grandeur. La poussée d'Archimède n'est pas négligeable.

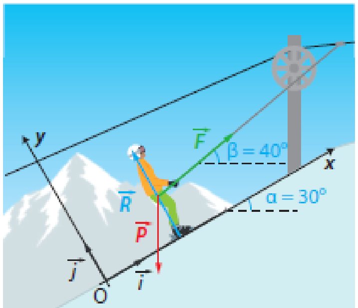
4. Dans un référentiel terrestre galiléen, les forces appliquées au système {bille} sont :
– son poids $\vec{P}$;
– la poussée d'Archimède $\vec{F}_P$;
– les forces de frottements du fluide $\vec{f}$.



5. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au système dans un référentiel terrestre supposé galiléen, $\sum \vec{F} = m\vec{a}$.
Soit $\vec{P} + \vec{f} + \vec{F}_P = m\vec{a}$.
On projette les vecteurs force sur un axe vertical orienté vers le bas. On obtient alors : $P - f - F_P = m \times a$.
$f = P - F_P - m \times a$.
On obtient $f = 7{,}2 \times 10^{-3}$ N.

28 Le téléski

1. Les forces agissant sur le système {skieuse} sont :
– son poids $\vec{P}$;
– la réaction normale du support $\vec{R}$;
– la force de traction exercée par la perche $\vec{F}$.



2. $\vec{P}\begin{cases} P_x = -m \times g \times \sin\alpha \\ P_y = -m \times g \times \cos\alpha \end{cases}$;

$\vec{R}\begin{cases} R_x = 0 \\ R_y = R \end{cases}$;

$\vec{F}\begin{cases} F_x = F \times \cos(\beta - \alpha) \\ F_y = F \times \sin(\beta - \alpha) \end{cases}$.

3. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au système dans un référentiel terrestre supposé galiléen, $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$.
En supposant la trajectoire du skieur rectiligne, le mouvement de son centre de masse est rectiligne uniforme, $\vec{a}_G = \vec{0}$.
La deuxième loi conduit donc à $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{0}$.
Par projection sur chacun des axes du repère $(O\,;\vec{i},\vec{j})$: $P_x + R_x + F_x = 0$ et $P_y + R_y + F_y = 0$.
Il vient :
$0 - m \times g \times \sin\alpha + 0 + F \times \cos(\beta - \alpha) = 0$
$-m \times g \times \cos\alpha + R + F \times \sin(\beta - \alpha) = 0$.
De la première égalité, on peut écrire :

$$F = \frac{m \times g \times \sin\alpha}{\cos(\beta - \alpha)}$$

donc $F = \dfrac{60\ \text{kg} \times 9{,}81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2} \times \sin(30°)}{\cos(10°)}$

soit $F = 3{,}0 \times 10^2$ N.

17 Saut au-dessus du canal de Corinthe

1. a. On projette sur l'axe (Ox) la position du centre de masse G du système étudié.

Les espaces parcourus horizontalement entre deux positions consécutives de G sont quasiment égaux.
Le mouvement de G suivant l'axe (Ox) est uniforme.
b. D'après la deuxième loi de Newton appliquée au système dans un référentiel terrestre supposé galiléen, $\sum \vec{F} = m\vec{a}_G$.
Si la seule force appliquée au système est le poids $\vec{P}$, il vient $\vec{P} = m\vec{a}_G$. $\vec{P}$ et $\vec{a}_G$ sont donc colinéaires et de même sens. Le vecteur accélération $\vec{a}_G$ est donc vertical.
c. Si le vecteur accélération $\vec{a}_G$ est vertical, sa coordonnée horizontale est nulle, et donc le mouvement horizontal s'effectue à vitesse de valeur constante : il est uniforme suivant l'axe (Ox). Les réponses aux questions **a.** et **b.** sont donc cohérentes entre elles.
2. a. La coordonnée verticale de la vitesse v_y est une fonction affine du temps, de la forme : $v_y(t) = a \times t + b$.

La coordonnée verticale $a_y = \dfrac{dv_y}{dt}$ s'identifie au coefficient directeur de la droite, soit, graphiquement, de l'ordre de 10 m·s^{-2} ; ainsi, $a_y = g =$ constante. Le mouvement vertical de G est uniformément accéléré.
b. Lorsque la valeur de la vitesse verticale est nulle ($v_y = 0$ m·s^{-1}), la seule coordonnée de la vitesse qui demeure est v_x. Le vecteur vitesse $\vec{v}$ est horizontal ; il est tangent à la trajectoire à l'instant considéré qui est par conséquent le sommet de la parabole. On a alors :
$v = \sqrt{(v_x)^2} = |v_x|$ soit $v = v_0 \times \cos\alpha$;
$v = 125\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1} \times \cos(33°) = 105\ \text{km}\cdot\text{h}^{-1}$.