EXERCICES Appliquer le cours

De la vitesse à l'accélération (§1 du cours)

12. Représenter la vitesse et l'accélération

a. La valeur de l'accélération est :

$$a = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} = 2\ \text{m·s}^{-2}.$$

b. Le mouvement du point est uniformément décéléré : le vecteur accélération est donc de sens opposé au vecteur vitesse. On choisit un sens de déplacement : le vecteur vitesse $\vec{v}$ a le sens du déplacement et sa valeur diminue alors que le vecteur accélération $\vec{a}$ est dans le sens opposé au vecteur vitesse $\vec{v}$ et garde une valeur constante.

13. Caractériser les vecteurs vitesse et accélération

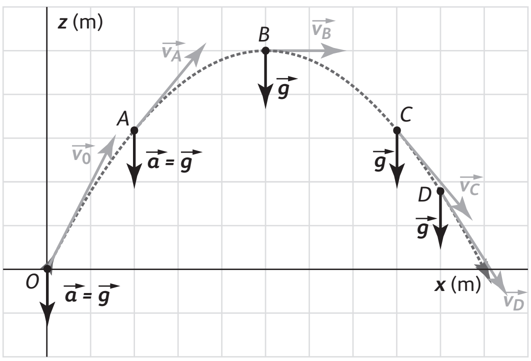
Le vecteur accélération est constant : $\vec{a} = \vec{g}$.

Le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire et orienté dans le sens du déplacement :

– sa composante sur la direction horizontale est constante ;

– sa composante sur la direction verticale diminue jusqu'au point *B* où elle s'annule puis augmente lors de la descente.

La valeur de la vitesse est la même aux points *A* et *C*, les vecteurs vitesse ont même valeur mais des sens et des directions différentes.



Les lois de Newton (§2 du cours)

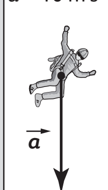
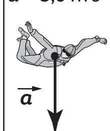
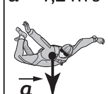
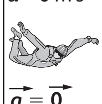
14. Caractériser une accélération lors d'un saut

a. et b. Le parachutiste équipé est le système choisi. Les forces qui s'exercent sur le système sont : son poids $\vec{P}$ de valeur $P = 800$ N et la force $\vec{F_{air}}$ due à l'air.

En appliquant la deuxième loi de Newton au système dont la masse est constante :

$$\vec{P} + \vec{F_{air}} = m\,\vec{a}$$

Le vecteur accélération $\vec{a}$ est vertical vers le bas et sa valeur est $a = \dfrac{P - F_{air}}{m}$.

	1	2	3	4
Accélération	$a = 10\ \text{m·s}^{-2}$ 	$a = 5{,}6\ \text{m·s}^{-2}$ 	$a = 1{,}2\ \text{m·s}^{-2}$ 	$a = 0\ \text{m·s}^{-2}$ 
Nature du mouvement	accéléré	accéléré	accéléré	uniforme

Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme (§3 du cours)

15. Étudier le lancer d'une bille

a. À $t_0 = 0$, la bille est à :

$z = -0{,}5 \times 9{,}8 \times 0 + 5 \times 0 + 1{,}2 = 1{,}2$ m.

b. $v_z(t) = \dfrac{dz}{dt} = -gt + v_{0z}$;

$v_z(t_0) = v_{0z} = 5{,}0\ \text{m·s}^{-1}$.

c. $v_{0z} > 0$: le vecteur $\vec{v_0}$ a donc le même sens que $z'z$, la balle est donc lancée vers le haut.

d. Quand la vitesse s'annule

$v_z(t_1) = -gt_1 + v_{0z} = 0$ soit $t_1 = \dfrac{v_{0z}}{g} = 0{,}51$ s.

Sa position est alors $z_1 = 0{,}5 \times 9{,}8 \times t^2_1 + 2t_1 + 1{,}2 = 3{,}5$ m.

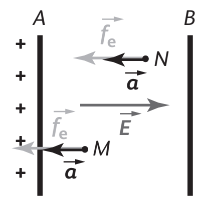
e. $a_z(t) = \dfrac{dv_z}{dt} = -g$.

Le vecteur $\vec{a}$ a une direction verticale, un sens vers le bas et une valeur constante : le mouvement est uniformément varié d'accélération $\vec{g}$: c'est une chute libre verticale.

Mouvement dans un champ électrostatique uniforme (§4 du cours)

16. Étudier la force électrique et l'accélération

a. Le champ $\vec{E}$ est uniforme ; il est donc identique en *M* et *N*. Ce champ est orthogonal aux plaques *A* et *B*, son sens est de la plaque portant une charge positive *A* à la plaque *B* et sa valeur est :



$E = \dfrac{400}{0{,}10} = 4{,}0 \times 10^3\ \text{V·m}^{-1}$.

La force qui s'exerce sur un électron est alors $\vec{f_e} = -e\vec{E}$ et elle est identique pour un électron en *M* ou en *N*. La force $\vec{f_e}$ est orthogonale aux plaques *A* et *B*, son sens va de la plaque *B* portant une charge négative à la plaque *A* et sa valeur $f_e = 1{,}6 \times 10^{-19} \times 4 \times 10^3 = 6{,}4 \times 10^{-16}$ N.

b. et c. $\vec{a} = \dfrac{\vec{f_e}}{m}$: l'accélération $\vec{a}$ a donc même direction, même sens que la force électrique et sa valeur est :

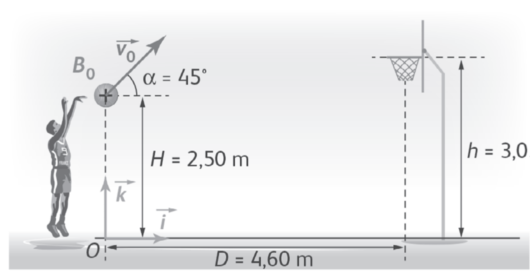
$$a = \frac{6{,}4 \times 10^{-16}}{9{,}1 \times 10^{-31}} = 7{,}0 \times 10^{14}\ \text{m·s}^{-2}.$$

EXERCICES S'entraîner

17. Exercice résolu dans le manuel

18. Application de l'exercice résolu

1. *Schéma de la situation*



171965_Mep_Ldp_PC_TermS.indd 80 30/06/2017 15:51

Le système étudié est la balle. Le référentiel choisi est le référentiel terrestre galiléen.
En faisant l'hypothèse que l'action de l'air est négligeable, la balle est soumise à une seule force, son poids.
En appliquant la deuxième loi de Newton pour le ballon considéré comme un solide de masse m constante, assimilable à un point matériel B, on obtient :

$$\vec{a} = \vec{g}$$

d'où dans le repère proposé :

$$a_x = 0$$
$$a_z = -g$$

Par intégration, on obtient les coordonnées du vecteur vitesse :

$$v_x = C_1 = v_0\cos\alpha \quad ; \quad v_z = -gt + C_2$$

soit ici $v_z = -gt + v_0\sin\alpha$.
Par intégration, on établit les coordonnées du vecteur position :
$t_0 = 0$, on a $x = 0$ et $z = H$;
$x = (v_0\cos\alpha)t + C_3$ soit ici $x = (v_0\cos\alpha)t$ car à $t_0 = 0$, on a $x = 0$.
$z = -\dfrac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t + C_4$ soit ici :
$z = -\dfrac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t + H$ car à $t_0 = 0$, on a $z = H$.

2. L'équation de la trajectoire du projectile est obtenue en éliminant t entre $x(t)$ et $y(t)$.
On obtient :

$$z = \frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + (\tan\alpha)\,x + H.$$

Pour que le joueur marque un panier, il faut que le ballon arrive au point P de coordonnées :

$$x_P = D \text{ et } z_P = h$$

soit :

$$h = \frac{-gD^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + (\tan\alpha)\,D + H.$$

On en déduit :

$$(\tan\alpha)\,D + H - h = \frac{gD^2}{2v_0^2\cos^2\alpha'}$$

soit : $v_0 = \sqrt{\dfrac{gD^2}{2((\tan\alpha)\,D + H - h)\cos^2\alpha}}$.

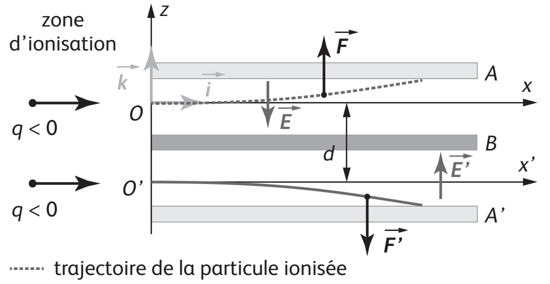
A.N. :

$$v_0 = \sqrt{\frac{9{,}8 \times 4{,}6^2}{2((\tan 45) \times 4{,}6 + 2{,}5 - 3{,}05)\cos^2 45}} = 7{,}2\ \text{m·s}^{-1}.$$

19. Exercice résolu dans le manuel

20. Application de l'exercice résolu

1. *Schéma de la situation*



Entre les plaques A et B la particule est déviée vers A donc la force F est orientée de B vers A. La charge q portée par la particule étant négative, on en déduit d'après la relation $F = qE$ que le champ E est orienté de A vers B comme indiqué sur la figure, ainsi que les signes positif de la plaque A et négatif de la plaque B.

2. En négligeant la valeur du poids devant la valeur de la force électrique, d'après la deuxième loi de Newton, l'accélération $\vec{a}$ de la particule chargée est telle que $m\vec{a} = \vec{F}$, soit :

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m}.$$

Le champ $\vec{E}$ étant orthogonal aux plaques, comme $\vec{a}$ a le même sens que k car la particule est déviée dans ce sens.

Les coordonnées de $\vec{a}$ sont alors $a_x = 0$ et $a_z = \dfrac{|q|E}{m}$.

3. Pour établir l'équation de la trajectoire, on établit dans un premier temps les coordonnées du vecteur vitesse de l'électron puis les coordonnées du vecteur position.
Par intégration des coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération, on obtient les coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse :

$$a_x = 0 \quad \text{et} \quad a_z = \frac{|q|E}{m}$$

$$v_x = C_1 = v_0 \quad \text{et} \quad v_z = \frac{|q|E}{m}t + C_2$$

$$\text{soit } v_z = \frac{|q|E}{m}t$$

$$\text{car à } t_0 = 0,\ v_z(t_0) = 0$$

Par intégration des coordonnées v_x et v_z du vecteur vitesse, on obtient les coordonnées, ou équations horaires, x et z du vecteur position OM :
$v_x = v_0$ donne $x = v_0t + C_3$; avec $C_3 = 0$ car à $t_0 = 0$, $x_0 = 0$.
On obtient : $x = v_0t$.
$v_z = \dfrac{|q|E}{m}t$ donne $z = \dfrac{|q|E}{2m}t^2 + C_4$;
avec $C_4 = \dfrac{d}{2}$ car à $t_0 = 0$, on a $z_0 = \dfrac{d}{2}$.
On obtient : $z = \dfrac{|q|E}{2m}t^2 + \dfrac{d}{2}$

4. Par rapport à la situation précédente, seul le sens de la force change : les coordonnées du vecteurs accélération sont :

$$a'_x = 0 \quad ; \quad a'_z = \frac{|q|E}{2m} = \frac{|q|E}{m}.$$

On obtient directement les coordonnées x' et z' du vecteur position $0'M'$:

$$x' = v_0t \quad \text{et} \quad z' = \frac{|q|E}{2m}t^2 - \frac{d}{2}.$$

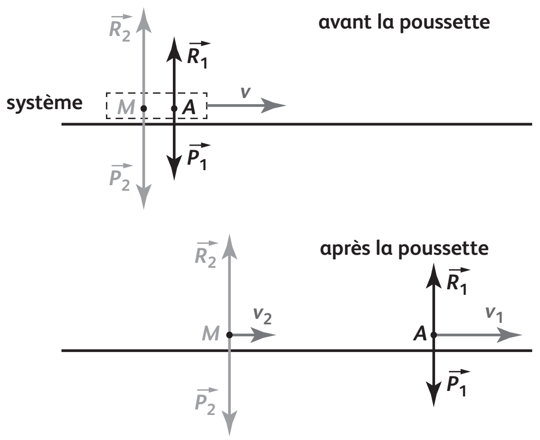
21. Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser.**

a. On choisit le système formé de l'ensemble {Abel + Maxime} et on étudie le mouvement dans le référentiel terrestre.

Le système est soumis à des forces qui se compensent : $(\vec{P}_1 + \vec{R}_1) + (\vec{P}_2 + \vec{R}_2) = \vec{0}$.

Juste avant la poussette, on appelle v la vitesse du système ; juste après la poussette on appelle v_1 et v_2 les vitesses respectives de Abel et Maxime.



D'après le principe d'inertie, le système étant soumis à des forces qui se compensent, il est isolé : la quantité de mouvement du système se conserve.

$$(m_1 + m_2)\vec{v} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2.$$

Cette relation montre que $\vec{v}_2$ a la même direction que $\vec{v}$ et $\vec{v}_1$.

On choisit un axe $(O\,;\vec{i})$ de direction la trajectoire, orienté dans le sens du déplacement des deux patineurs.

On obtient alors la relation algébrique :

$$(m_1 + m_2)v_x = m_1 v_{1x} + m_2 v_{2x}.$$

On en déduit :

$$v_{2x} = \frac{(m_1 + m_2)v_x - m_1 v_{1x}}{m_2}.$$

Soit $v_{2x} = 12\ \text{km·h}^{-1}$.

On en déduit que Maxime continue à se déplacer dans le même sens mais avec une vitesse plus faible de $v_2 = 12\ \text{km·h}^{-1}$.

b. On choisit maintenant le système formé de Abel.

Sa quantité de mouvement a varié pendant la poussette de :

$$\Delta\vec{p} = m_1\vec{v}_1 - m_1\vec{v}.$$

D'après la deuxième loi de Newton, la force $\vec{F}$ qui s'est exercée sur lui pendant la durée Δt de la poussette est :

$$\vec{F} = \frac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}.$$

La valeur moyenne de cette force est de :

$$\vec{F} = \frac{m_1(v_1 - v)}{\Delta t}.$$

Il est indispensable ici d'utiliser les unités SI pour les vitesses ($1\,\text{km·h}^{-1} = \frac{1\,000}{3\,600}\ \text{m·s}^{-1}$).

On obtient :

$$F = \frac{60 \times (26 - 18)\frac{1000}{3\,600}}{0{,}5} = 2{,}7 \times 10^2\ \text{N}.$$

c. D'après la troisième loi de Newton, la force exercée par Maxime sur Abel est opposée à la force exercée par Abel sur Maxime. La valeur de la force moyenne exercée par Abel sur Maxime est alors de $F = 2{,}7 \times 10^2$ N.

22. Accélération d'un ion

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser.**

a. Calcul de la force électrique qui s'exerce sur l'ion :

la charge électrique portée par l'ion vaut

$q = +2e = 3{,}2 \times 10^{-19}$ C , on en déduit la valeur de la force électrique :

$$f_e = \frac{3{,}2 \times 10^{-19} \times 8{,}0 \times 10^2}{1{,}2} = 2{,}1 \times 10^{-16}\ \text{N}.$$

b. Calcul de la masse de la particule : en négligeant la masse des électrons, la masse de l'ion Ne^{2+} est en moyenne (tous isotopes confondus) égale à :

$$\text{masse de l'ion } Ne^{2+} = \frac{\text{masse molaire du néon}}{\text{nombre d'Avogadro}}$$

$$m = \frac{20{,}2 \times 10^{-3}}{6{,}022 \times 10^{23}} = 3{,}35 \times 10^{-26}\ \text{kg}.$$

c. On applique la deuxième loi de Newton à un ion Ne^{2+} :

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_{ext} = \vec{f}_e \text{ soit } \vec{a} = \frac{\vec{f}_e}{m}.$$

La valeur de l'accélération des ions est alors :

$$a = \frac{f_e}{m} = \frac{2{,}1 \times 10^{-16}}{3{,}35 \times 10^{-26}} = 6{,}3 \times 10^9\ \text{m·s}^{-2}.$$

23. Galilée à Pise

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser.**

a. On choisit la bille comme système et on étudie son mouvement dans le référentiel terrestre considéré galiléen.

Le poids $\vec{P}$ de la bille est la seule force qui s'exerce sur elle.

La deuxième loi de Newton appliquée à la bille devient : $m\vec{a} = \vec{P}$ soit $\vec{a} = \vec{g}$, champ de pesanteur.

Dans le repère $(O, \vec{j})$ défini dans le texte, on obtient $a_y = g$.

On choisit $t_0 = 0$ s, date de lâcher de la bille.

Par intégration, on obtient (la vitesse à la date $t_0 = 0$ s étant nulle) : $v_y = gt$.

Et $y = \frac{1}{2}gt^2$ (la coordonnée y à la date $t_0 = 0$ s étant nulle).

b. Durée de chute jusqu'au sol : au niveau du sol $y_S = h$; on obtient alors la durée de chute

$$t_S = \sqrt{\frac{2h}{g}} \text{ soit } t_S = \sqrt{\frac{2 \times 54}{9{,}8}} = 3{,}3\ \text{s}.$$

171965_Mep_Ldp_PC_TermS.indd 82 30/06/2017 15:51

c. Vitesse à l'arrivée sur le sol :

$$v_s = gt_S \text{ soit } v_s = 9{,}8 \times 3{,}3 = 33 \text{ m·s}^{-1}.$$

24. De Galilée à Newton

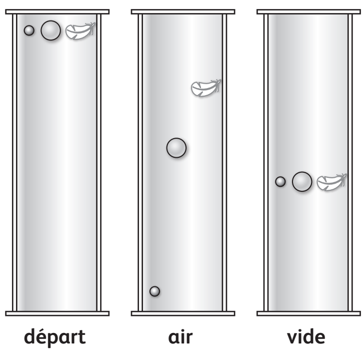
> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, valider, communiquer.**

a. Il faut comprendre que tous les corps auraient la même vitesse (en effet la vitesse ne reste pas constante au cours d'une chute).

b. « Si on éliminait complètement la résistance du milieu » est équivalent à « si on supprimait les forces exercées par l'air sur les corps ».

c. En faisant le vide dans le tube, Newton supprime l'air et donc les interactions entre le corps et l'air.

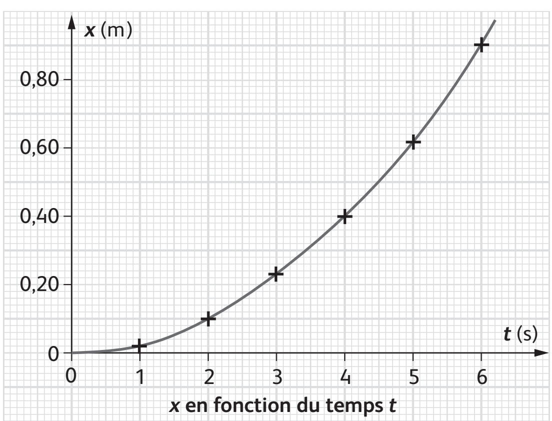
d.



25. Réalisation et exploitation d'un graphique

> COMPÉTENCES : **Réaliser, valider.**

a. La représentation graphique de $x(t)$ a une « allure » de parabole.

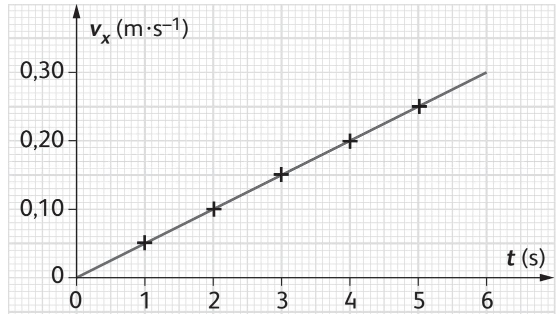


x* en fonction du temps *t

b. Pour déterminer les caractéristiques du mouvement, il est nécessaire d'étudier $v_x(t)$.

Avec un tableur on peut calculer les valeurs de v_x comme sur les enregistrements :

$$v_{xi} = \frac{x_{i+1} - x_{i-1}}{t_{i+1} - t_{i-1}}$$



v_x* en fonction du temps *t

v_x est une fonction linéaire de t, de coefficient directeur $a_x = 0{,}05$ m·s^{-2}.

c. L'accélération de ce mouvement rectiligne est :

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = 0{,}05 \text{ m·s}^{-2}.$$

Le mouvement est donc rectiligne uniformément varié, ici il est accéléré.

26. Une voiture au banc d'essai

> COMPÉTENCES : **Analyser, valider.**

Supposons l'accélération constante. Dans un premier temps, on calcule la valeur de l'accélération supposée constante, puis dans un deuxième temps, on calculera la distance qui serait ainsi parcourue par la voiture. La comparaison avec la valeur donnée permettra de conclure.

Soit a_x la coordonnée du vecteur accélération selon l'axe $(O ; i)$ de direction la piste et orienté dans le sens du déplacement du véhicule.

À $t = 0$ s, $v_{x_0} = 0$ et $x_0 = 0$.

À $t = 10{,}0$ s, on a $v_x = \dfrac{100}{3{,}6} = 27{,}8$ m·s^{-1}.

Par intégration, on obtient $v_x = a_x \times t + v_{x_0}$, soit $v_x = a_x \times t$, soit $a_x = 2{,}78$ m·s^{-2}.

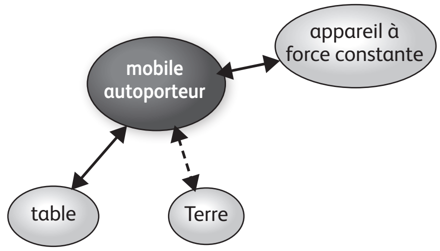
Par intégration, on obtient $x = \dfrac{1}{2} a_x t^2$.

Quand $t = 10{,}0$ s, on obtient $x = \dfrac{1}{2} \times 2{,}78 \times 10^2 = 139$ m, soit une distance très inférieure à la valeur indiquée. L'accélération n'a pas été constante pendant l'essai.

27. Masse d'un solide et mouvement

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser, valider.**

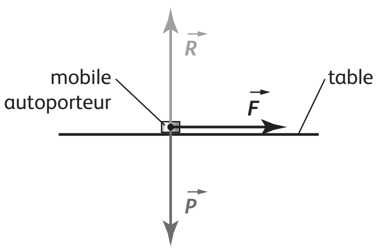
a. Les interactions avec le mobile se font avec la Terre (interaction à distance), la table et le fil de l'appareil à force constante (interactions de contact).



b. L'interaction entre la table et le mobile se fait sans frottement (mobile auto porteur), la force $\vec{R}$ exercée par la table sur le mobile est alors perpendiculaire au plan de la table, elle est donc verticale. L'ensemble des forces a une direction horizontale (mouvement rectiligne du point A), la force $\vec{R}$ exercée par la table sur le mobile s'oppose donc au poids $\vec{P}$ et compense celui ci, soit :

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$$

on a alors : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{F}$.



c. Pour $m = 740$ g :

$v_2 = \dfrac{0{,}034}{0{,}080} = 0{,}43 \text{ m·s}^{-1}$;

$v_4 = \dfrac{0{,}042}{0{,}080} = 0{,}53 \text{ m·s}^{-1}$;

$p_2 = 0{,}74 \times 0{,}425 = 0{,}32 \text{ kg·m·s}^{-1}$;

$p_4 = 0{,}740 \times 0{,}525 = 0{,}39 \text{ kg·m·s}^{-1}$.

Pour $m' = 1470$ g :

$v'_2 = \dfrac{0{,}024}{0{,}080} = 0{,}30 \text{ m·s}^{-1}$;

$v'_4 = \dfrac{0{,}028}{0{,}080} = 0{,}35 \text{ m·s}^{-1}$;

$p'_2 = 0{,}44 \text{ kg·m·s}^{-1}$;

$p'_4 = 0{,}51 \text{ kg·m·s}^{-1}$.

d. Pour $m = 740$ g, on a : $\dfrac{p_4 - p_2}{2\tau} = 0{,}88$.

Pour $m' = 1470$ g, on a : $\dfrac{p'_4 - p'_2}{2\tau} = 0{,}88$.

Dans ces expériences, le mobile est soumis à la même force $\vec{F}$. D'après la deuxième loi de Newton, on doit alors avoir $\dfrac{\vec{p_4} - \vec{p_2}}{2\tau} = \vec{F}$ pour chaque mobile et donc

$\dfrac{p_4 - p_2}{2\tau} = \dfrac{p'_4 - p'_2}{2\tau}$ puisque tous les vecteurs ont même direction et même sens. D'où $F = 0{,}88$ N.

Remarque : des écarts éventuels entre $\dfrac{p'_4 - p'_2}{2\tau} = \dfrac{p'_4 - p'_2}{2\tau}$ sont dus essentiellement aux mesures des longueurs qui sont faites avec une incertitude de l'ordre du millimètre.

28. In English Please

> COMPÉTENCES : **S'approprier, connaître, analyser, réaliser, valider.**

a. La première phrase du texte fait référence à la première loi de Newton : la conservation de la quantité de mouvement d'un système isolé.

b. La quantité de mouvement de l'ensemble « fusée – gaz » reste constante entre deux instants qui encadrent l'expulsion des gaz. On a alors $\overrightarrow{\Delta p_{\text{fusée}}} = -\overrightarrow{\Delta p_{\text{gaz}}}$. Pour la fusée, la variation de la quantité de mouvement se fait en sens opposé de celle des gaz éjectés : la vitesse de la fusée augmente.

c. Les forces citées sont les deux forces d'interaction entre l'eau et le poisson.

d. Dans l'interaction, les deux forces sont opposées, elles ont donc la même valeur (3e loi de Newton).

La vitre ne semble pas bouger car la masse m de la vitre et des supports solidaires de cette vitre étant beaucoup plus grande que celle de la mouche, une force de même valeur F provoque une variation de vitesse Δv beaucoup plus faible :

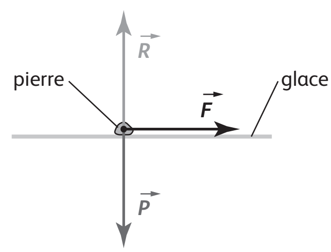
$$F = \frac{m\Delta v}{\Delta t} \quad \text{soit} \quad \Delta v = \frac{F\Delta t}{m}$$

(si m est grande alors Δv est petite)

29. ★ Curling : le lancer de pierres

> COMPÉTENCES : **Analyser, réaliser.**

a. La pierre est le système dont on étudie le mouvement dans le référentiel terrestre galiléen.



Dans la phase ①, la pierre est soumise à des forces : son poids $\vec{P}$, la force exercée $\vec{R}$ par la glace et la force $\vec{F}$ exercée par le joueur.

On applique la deuxième loi de Newton pour un solide de masse m :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$$

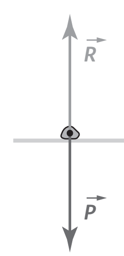
Le poids et la force exercée par la glace ont une direction verticale.

Le mouvement de A étant rectiligne et selon une droite horizontale, il est donc nul sur l'axe vertical ce qui implique que les forces de direction verticale se compensent. On a :

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}.$$

On obtient alors $\vec{a} = \dfrac{\vec{F}}{m}$: le vecteur accélération est constant, il a la même direction et le même sens que la force $\vec{F}$ et sa valeur est :

$$a = \frac{F}{m}.$$



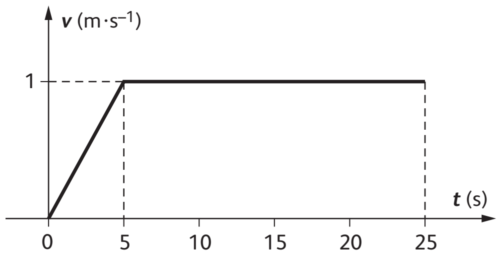
La pierre a un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

Dans la **phase ②**, la pierre n'est plus soumise à l'action du joueur on a alors :

$$\vec{P} + \vec{R} = \vec{0}.$$

D'après le principe d'inertie, le point matériel A a un mouvement rectiligne uniforme.

b.



Au cours de la phase ②, la pierre conserve la vitesse atteinte en fin de la phase. Cette vitesse est de :

$$v_2 = \frac{D}{\Delta t} = 1 \text{ m·s}^{-1}.$$

On choisit un axe $(O ; \vec{i})$ de direction la trajectoire et de sens celui du déplacement avec une origine $x = 0$ au point de lancement à la date $t_0 = 0$. On appelle t' la date de fin de la phase ①.

$v_{1x} = a_x t$ quand $t = t'$, alors $v_{1x} = v_{2x}$.

Dans la phase ①, la vitesse est une fonction linéaire du temps, dans la phase ②, la vitesse de A reste constante et égale à 1 m·s^{-1}.

c. Nous avons établi que $v_{1x} = a_x t$ avec $a_x = \dfrac{F}{m}$.

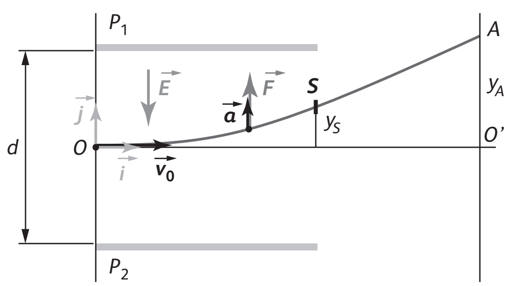
À la fin de la phase ①, on a $v_{1x} = v_{2x}$ soit $v_{2x} = \dfrac{Ft'}{m}$ on a alors $F = \dfrac{mv_{2x}}{t'}$.

$v_{2x} = 1$ m·s^{-1} d'où $F = 4$N.

30. ★ Principe de l'oscilloscope

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser.**

1. Le système que l'on étudie est l'électron entre les plaques P_1 et P_2.



Dans le champ électrique, l'électron est soumis à une force électrique $\vec{F} = -e\vec{E}$.

D'après la deuxième loi de Newton, l'accélération $\vec{a}$ de l'électron est telle que $m\vec{a} = \vec{F}$, soit :

$$\vec{a} = -\frac{e\vec{E}}{m}$$

Le champ $\vec{E}$ est orthogonal aux plaques, comme $\vec{a}$ a le même sens que $\vec{j}$ car la particule est déviée dans ce sens, le vecteur $\vec{E}$ est de sens opposé et va donc de P_1 vers P_2.

Les coordonnées de $\vec{a}$ sont alors $a_x = 0$ et $a_y = \dfrac{eE}{m}$.

2. a. Pour établir l'équation de la trajectoire, on établit dans un premier temps les coordonnées du vecteur vitesse de l'électron puis les coordonnées du vecteur position.

Par intégration :

$a_x = 0$ et $a_y = \dfrac{eE}{m}$;

$v_x = C_1 = v_0$ et $v_y = \dfrac{eE}{m}t + C_2$

soit $v_y = \dfrac{eE}{m}$ car à $t_0 = v_y = 0$.

Par intégration :

$x = v_0 t + C_3$ avec $C_3 = 0$ car à $t_0 = 0$, on a $x_0 = 0$.

On obtient $x = v_0 t$ **(1)** :

$y = \dfrac{eE}{2m}t^2 + C_4$ avec $C_4 = 0$, car à $t_0 = 0$, on a $y_0 = 0$.

On obtient : $y = \dfrac{eE}{2m}t^2$ **(2)**.

À partir de l'équation **(1)**, on obtient : $t = \dfrac{x}{v_0}$.

En reportant cette expression dans **(2)**, on obtient l'équation de la trajectoire de l'électron :

$$y = \frac{eE}{2mv_0^2}x^2.$$

b. Entre O et S, la trajectoire est une courbe d'équation de la forme $y = Ax^2$, c'est donc une portion de parabole d'axe $y'y$.

c. À la sortie S de l'espace entre les plaques, on a $x_S = l^2$

soit $y_S = \dfrac{eE}{2mv_0^2}l^2$.

Le champ $\vec{E}$ a une valeur qui dépend de la tension U et de la distance d entre les plaques P_1 et P_2 ; soit : $E = \dfrac{U}{d}$.

En reportant cette expression dans l'expression de y_S ; on obtient :

$$y_S = \frac{eU}{2mdv_0^2}l^2 \quad \text{d'où} \quad y_S = kU \quad \text{avec} \quad k = \frac{el^2}{2mdv_0^2}.$$

3. a. $y_S = \dfrac{eE}{2mdv_0^2}l^2$ soit pour $y_A = y_s \times \dfrac{2L}{l}$

$$y_A = \frac{elL}{mdv_0^2}U.$$

La déviation verticale y_A est proportionnelle à la tension U appliquée entre les plaques.

b. Si U diminue, y_A diminue proportionnellement.

Si U change de signe, le champ $\vec{E}$ change de sens et la déviation change de sens : y_A devient négatif.

31. ★ Ions de l'atmosphère

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, valider.**

a. La force électrique qui s'exerce sur un ion positif de charge $q = e$ est :

$$\vec{f_e} = e\vec{E}.$$

On en déduit que $\vec{f_e}$ a même direction et même sens que le champ $\vec{E}$ et sa valeur est $f_e = eE$.
Le champ est vertical et son sens va de l'ionosphère (plaque chargée positivement) vers la Terre (plaque chargée négativement).
b. Le poids de l'ion a pour valeur :

$$p = mg \text{ soit } p = 4{,}8 \times 10^{-26} \times 9{,}8 = 4{,}7 \times 10^{-25} \text{ N}.$$

La force électrique qui s'exerce sur l'ion a pour valeur :

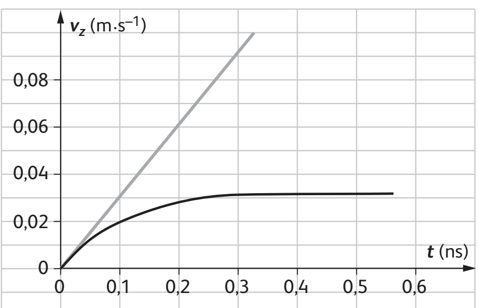
$$f_e = 1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}0 \times 10^2 = 1{,}6 \times 10^{-17} \text{ N}.$$

$$\frac{f_e}{p} = \frac{1{,}6 \times 10^{-17}}{4{,}7 \times 10^{-25}} = 3{,}4 \times 10^7.$$

La valeur p du poids est donc environ 30 millions de fois plus faible que la valeur f_e de la force électrique.

c. Si la force électrique $\vec{f_e} = e\vec{E}$ était la seule force qui s'exerçait sur l'ion, celui-ci aurait une accélération $\vec{a} = \frac{e}{m}\vec{E}$; soit une accélération constante, et donc le mouvement de l'ion serait uniformément accéléré.

On aurait : $a_z = \frac{eE}{m}$ et $v_z = a_z t$. v_z serait une fonction linéaire de t.



Dans le cas étudié, la valeur de la vitesse tend très rapidement vers une valeur limite. La particule est donc soumise à des forces qui ne sont pas négligeables devant la force électrique.
d. Quand la valeur limite est atteinte, le mouvement de l'ion est rectiligne uniforme. D'après le principe d'inertie, on a $\vec{F} + \vec{f_e} = \vec{0}$. On a alors $\vec{F} = -\vec{f_e}$.
Proposition : l'atmosphère est constituée de nombreuses molécules et de nombreux ions avec lesquels l'ion étudié peut entrer en interaction. $\vec{F}$ modélise à chaque instant l'ensemble de ces interactions.

32. ★★ S'auto-évaluer

Dans le référentiel terrestre, on choisit un repère orthonormé $\{O ; \vec{i}, \vec{k}\}$ dans le plan vertical de B_0 et S_0.
On établit les équations du mouvement de chute libre des points matériels B et S d'accélération $\vec{a} = \vec{g}$.
L'ordonnée de B_0 est h, celle de S_0 est H.

Pour B	Pour S
$a_{Bx} = 0$ et $a_{Bz} = -g$	$a_{Sx} = 0$ et $a_{Sz} = -g$
$v_{Bx} = v_0 \cos\alpha$ et $v_{Bz} = -gt + v_0 \sin\alpha$	$v_{Sx} = 0$ et $v_{Sz} = -gt$
$x_B = (v_0 \cos\alpha)t$ et	$x_S = d$
$y_B = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)t + h$	et $y_S = -\frac{1}{2}gt^2 + H$

(1) S et B se rencontrent s'il existe une date t pour laquelle on a simultanément :

$$x_B = x_S \quad \text{et} \quad y_B = y_S.$$

(2) S et B se rencontrent avant d'arriver sur le sol si pour cette date t, on a :

$$y_B \text{ ou } y_S > 0.$$

Conditions (1) : quand $x_B = x_S$; on déduit $t = \frac{d}{v_0 \cos\alpha}$.

De $y_B = y_S$, on déduit $-\frac{1}{2}gt^2 + (v_0 \sin\alpha)t + h = -\frac{1}{2}gt^2 + H$ soit :

$$\frac{(v_0 \cos\alpha)d}{v_0 \cos\alpha} + h = H \text{ soit } d \tan\alpha = H - h.$$

Avec les données géométriques de la situation, on trouve :

$$\tan\alpha = \frac{H - h}{d}.$$

Les conditions **(1)** sont donc toujours réalisées : B et S se rencontrent toujours si la condition **(2)** est réalisée.

Condition **(2)** : $y_S > 0$ amène à $y_S = -\frac{1}{2}gt^2 + H > 0$ soit

$$-\frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v_0 \cos\alpha}\right)^2 + H > 0.$$

On exprime v_0 en fonction des autres données de l'inégalité précédente :

$$-\frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v_0 \cos\alpha}\right)^2 > -H \text{ soit}$$

$$H > \frac{1}{2}g\left(\frac{d}{v_0 \cos\alpha}\right)^2$$

$$\text{d'où } v_0^2 > \frac{gd^2}{2H\cos^2\alpha}$$

$$\text{or, } \cos\alpha = \frac{d}{d^2 + (H-h)^2} \text{ ce qui implique}$$

$$v_0^2 > \frac{g(d^2 + (H-h)^2)}{2H} \text{ soit au final :}$$

$$v_0 > \sqrt{\frac{g(d^2 + (H-h)^2)}{2H}}$$

A.N. :

$$v_0 > \sqrt{\frac{9{,}81 \times (5{,}1 - 1{,}3)^2}{2 \times 5{,}1}} = 6{,}4 \text{ m·s}^{-1}.$$

Il existe donc une vitesse limite de lancement de la balle pour qu'elle atteigne le singe pendant sa chute : cette vitesse doit être supérieure à 6,4 m·s^{-1}.

33. ★★ Flèche et portée

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser.**

a. Coordonnées du vecteur vitesse à $t_0 = 0$ s :

$$v_{0x} = v_0 \cos\alpha ; \ v_{0z} = v_0 \sin\alpha$$

b. Le système étudié est la balle. Le référentiel choisi est le référentiel terrestre galiléen.
La balle est soumise à une seule force, son poids. En appliquant la deuxième loi de Newton pour un solide de masse m constante on obtient :

$$\vec{a} = \vec{g}$$

d'où dans le repère proposé :

$$a_x = 0 \text{ et } a_z = -g$$

c. Par intégration, on obtient les coordonnées du vecteur vitesse :

$v_x = C_1 = v_0\cos\alpha$

$v_z = -gt + C_2$ soit ici $v_z = -gt + v_0\sin\alpha$

d. Par intégration, on établit les coordonnées du vecteur position :

$t_0 = 0$, on a $x = 0$ et $z = 0$

$x = (v_0\cos\alpha)t + C_3$ soit ici $x = (v_0\cos\alpha)t$ car à $t_0 = 0$, on a $x = 0$.

$z = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t + C_4$ soit ici $z = \frac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t$ car à $t_0 = 0$, on a $z = 0$.

L'équation de la trajectoire du projectile est obtenue en éliminant t entre $x(t)$ et $y(t)$.

On obtient :

$$z = \frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + (\tan\alpha)x$$

e. La vitesse en S ne peut être nulle, car quelle que soit sa position, la balle garde une même vitesse de déplacement horizontale $v_x = v_0\cos\alpha$.

f. Au point S, le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire :

$$v_{Sz} = 0 \quad \text{soit} \quad -gt_S + v_0\sin\alpha = 0$$

On déduit :

$$t_S = \frac{v_0\sin\alpha}{g}$$

d'où :

$$z_S = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_0\sin\alpha}{g}\right)^2 + (v_0\sin\alpha)\left(\frac{v_0\sin\alpha}{g}\right) = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$$

La flèche vaut donc :

$$z_S = \frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}.$$

g. La portée du tir correspond à la valeur de la distance OI soit à x_I (abscisse du point d'impact I).

Au point I, on a $z_I = 0$, soit :

$$\frac{-gx^2}{2v_0^2\cos^2\alpha} + (\tan\alpha)x_1 = 0 \text{ pour } x \neq 0.$$

On déduit la portée du tir :

$$x_I = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}.$$

h. Calcul de la flèche et de la portée.

flèche : $y_S = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{2g} = 4{,}1$ m.

portée : $x_I = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g} = 29$ m.

i. *La simulation est à disposition sur les sites compagnon Sirius.*

Avec la simulation on retrouve ces valeurs :

– Deux tirs ayant la même vitesse de lancement ont la même portée lorsque les angles de tir sont complémentaires.

– La portée est maximale lorsque l'angle de tir est de 45°.

Remarque : ces résultats peuvent être établis à partir des expressions de y_S et de x_I.

Même portée pour un angle de tir de α et $\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$:

$\sin 2\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) = \sin(\pi - 2\alpha) = \sin 2\alpha$.

On a dans les deux cas une même portée : $x_I = \frac{v_0^2\sin 2\alpha}{g}$.

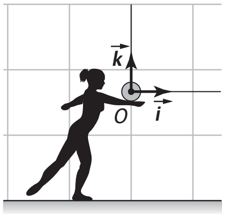
Portée maximale pour $\alpha = 45°$:

x_I est maximum pour $\sin 2\alpha = 1$ soit pour $2\alpha = \frac{\pi}{2}$ soit $\alpha = \frac{\pi}{4}$ rad $= 45°$.

34. ★★ Lancer de ballon en GRS

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, valider.**

a.



Dans le référentiel lié à la gymnaste, le ballon est lancé verticalement avec une vitesse v.

Dans le référentiel terrestre, la vitesse de lancement a deux composantes :

– l'une horizontale de valeur V ;

– l'autre verticale de valeur v.

Écrivons les équations horaires du centre du ballon et de la main de la gymnaste dans le référentiel terrestre.

On choisit un repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ dans le plan de déplacement du ballon et de la gymnaste, l'origine O étant la position du point de lancement du ballon et $t_0 = 0$ s la date du lancement.

Pour la gymnaste qui a un mouvement rectiligne uniforme de vitesse V, l'équation de son déplacement est :

$$x_G = V \times t.$$

Pour le ballon, en mouvement de chute libre, son accélération est $\vec{a} = \vec{g}$ d'où dans le repère proposé :

$$a_x = 0 \text{ et } a_z = -g.$$

Par intégration, on obtient les coordonnées du vecteur vitesse :

$$v_x = V \text{ et } v_z = -g \times t + v$$

Par intégration, on établit les coordonnées du vecteur position du ballon :

$$x_B = V \times t \text{ et } z_B = -\frac{1}{2}gt^2 + v \times t.$$

On note qu'à chaque instant t on a :

$$x_G = x_B = V \times t.$$

La gymnaste récupèrera donc toujours le ballon si elle garde une vitesse constante car elle est toujours sur la même verticale que le ballon (choisir dans la simulation le référentiel lié à la gymnaste).

Par contre, suivant la vitesse verticale de lancement, le ballon montera plus ou moins haut au-dessus d'elle.

b. En donnant différentes valeurs à v et V, on retrouve bien ce résultat en utilisant la simulation (fichier IP) de l'exercice 34 disponible sur le site :
sirius.nathan.fr/sirius2017

35. Accélérateurs de particules

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, communiquer**.

Nous avons choisi de faire travailler les élèves sur deux grands instruments scientifiques que sont le LHC (Large Hadron Collider) et le synchrotron SOLEIL avec comme objectif premier d'aborder des réalisations scientifiques de portée internationale dont les mises en œuvre et résultats sont cités dans l'actualité.

Le deuxième objectif est bien sûr d'aider les élèves à structurer des informations pour réaliser une synthèse. Bien que dans les exercices traditionnels de synthèse, les documents soient des textes, nous avons ici intégré des animations qui sont, a priori, d'un abord plus facile que les textes de vulgarisation scientifique concernant le principe de ces deux instruments.

Remarque : l'animation concernant le LHC est commentée en anglais mais elle est sous-titrée en français.

Les questions posées permettent de structurer la synthèse en trois parties :

1. Rôle des champs électriques et magnétiques dans le mouvement des particules.
2. Points communs et différences entre les deux instruments.
3. Exemples d'applications en recherche fondamentale et appliquée.

Nous donnons ci-dessous quelques pistes concernant chacune de ces parties :

1. Rôle des champs électriques et magnétiques dans le mouvement des particules

D'après les deux animations :

– le champ électrique permet d'accélérer des électrons (Soleil) ou des protons (LHC) dans un accélérateur linéaire (LINAC), puis d'augmenter leur énergie (boosters, boucle du LHC) ;

– le champ magnétique a pour rôle de courber ou de maintenir la courbure de la trajectoire des particules chargées (boosters, anneaux de stockage, LHC).

2. Points communs et différences entre les deux instruments

Points communs :

– le LHC et le synchrotron SOLEIL sont les deux grands équipements qui utilisent l'énergie de faisceaux de particules pour la recherche fondamentale ;

– ces deux instruments possèdent accélérateurs de particules et larges boucles dans lesquelles circulent les faisceaux de particules chargées ;

– les particules circulant dans ces instruments ont des vitesses proches de celle de la lumière.

Différences :

– les particules sont différentes : électrons dans le synchrotron Soleil, protons dans le LHC ;

– les expériences sont également différentes : dans le LHC (Large Hadron Collider), ce sont les particules émises lors de chocs entre protons de très haute énergie qui sont étudiées ;

– dans SOLEIL, ce sont les interactions entre le rayonnement synchrotron (rayonnement lumineux très intense) et l'échantillon de matière qui permettent d'étudier les propriétés de celle-ci ;

– les objectifs scientifiques diffèrent également pour ces deux instruments.

Pour SOLEIL, ce sont les structures et propriétés de la matière qui sont explorées avec le rayonnement synchrotron. Pour le LHC, les recherches concernent la physique théorique.

3. Exemples d'applications en recherche fondamentale et appliquée

– pour le LHC : découverte du boson de Higgs, nature de la matière noire, antimatière, recherches sur les premiers instants de l'Univers (le Big Bang) – tests de théories physique ;

– pour SOLEIL : les domaines d'application sont en physique, médecine et biologie, chimie, etc.

EXERCICES Objectif BAC

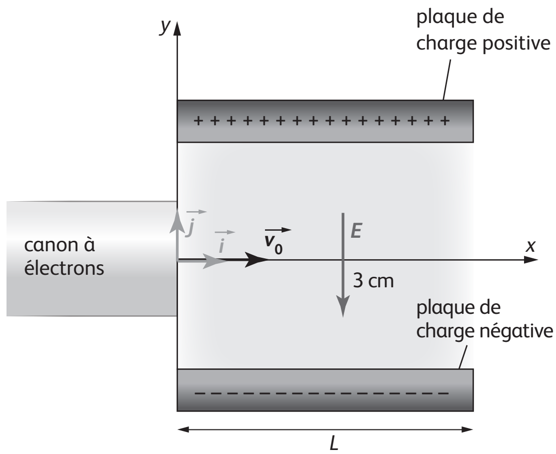
Les fiches-guides permettant d'évaluer ces exercices par compétences sont disponibles sur le site :
sirius.nathan.fr/sirius2017

36. Détermination du rapport $\frac{e}{m}$ pour l'électron

> COMPÉTENCES : **S'approprier, analyser, réaliser, valider**.

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J. J. Thomson

a. D'après l'échelle de 1,0 cm pour 5,0 kV·m^{-1}, et comme E = 15,0 kV·m^{-1}, on en déduit que $\vec{E}$ sera représenté par une flèche de 3,0 cm.



b. D'après la loi de Coulomb, des particules de charges opposées s'attirent. Le faisceau d'électrons étant attiré par la plaque chargée positivement, c'est que les électrons sont porteurs d'une charge négative.

c. $\vec{F} = -e \times \vec{E}$

Entre les plaques, l'électron n'est soumis qu'à la force électrostatique qui le dévie vers la plaque chargée positivement (le poids de l'électron est négligeable devant la force électrique). Cette force est donc de sens opposé au champ électrostatique, et comme $\vec{F} = q \times \vec{E}$, cela impose que $q < 0$.

2. Accélération de la particule électron

On applique la deuxième loi de Newton au système électron, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

$$\vec{F} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}m \times v}{\mathrm{d}t} \times \frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} \times \vec{v} + m \times \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} \text{ comme } m = \text{Cte}$$

alors $\frac{\mathrm{d}m}{\mathrm{d}t} = 0$ et il vient $\vec{F} = m \times \frac{\mathrm{d}\vec{v}}{\mathrm{d}t} = m \cdot \vec{a}$

soit $-e \times \vec{E} = m \times \vec{a}$ d'où $\vec{a} = \frac{-e \times \vec{E}}{m}$

Le vecteur accélération est de sens opposé au vecteur champ $\vec{E}$.

Par projection suivant les axes du repère défini dans le Document 2, on obtient :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \dfrac{e \times E}{m} \end{cases}$$

3. Détermination du rapport $\frac{e}{m}$ pour l'électron

a. En $x = L$ on a $y(x) = h$

soit : $h = \frac{e \times E}{2 \times m \times v_0^2} \times L^2$

d'où : $\frac{e}{m} = \frac{2 \times v_0^2 \times h}{E \times L^2}$.

b. A.N. :

$$\frac{e}{m} = \frac{2 \times (2{,}27 \times 10^7) \times 1{,}85 \times 10^{-2}}{15{,}0 \times 10^3 \times 8{,}50 \times 10^{-2})^2}$$

$= 1{,}76 \times 10^{11}\ \mathrm{C \cdot kg^{-1}}$.

c.

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m} \times \sqrt{\left[\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)\right]^2}$$

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = 1{,}76 \times 10^{11} \times \sqrt{\left[\left(\frac{0{,}05}{1{,}85}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{15{,}0}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}02}{2{,}27}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}05}{8{,}50}\right)^2\right]}$$

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = 6 \times 10^9\ \mathrm{C \cdot kg^{-1}} = 0{,}06 \times 10^{11}\ \mathrm{C \cdot kg^{-1}}.$$

On ne conserve qu'un seul chiffre significatif pour l'incertitude.

On en déduit : $\frac{e}{m} = (1{,}76 \pm 0{,}06) \times 10^{11}\ \mathrm{C \cdot kg^{-1}}$.

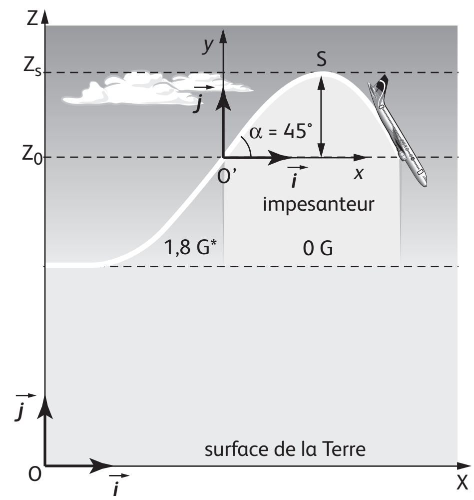
37. RÉSOLUTION DE PROBLÈME

Vol Zéro-G

> COMPÉTENCES : **S'approprier, connaître, analyser, réaliser, valider, communiquer**.

• Le **Document 1** précise que l'avion est en chute libre dans le référentiel terrestre, c'est à dire « *lorsque la seule force qui s'exerce sur lui est le poids* ».

• Les données du **Document 2** sont relatives au référentiel terrestre avec un repère associé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ dont l'origine est prise sur la surface de la Terre. Dans ce référentiel, la trajectoire est parabolique et on peut la représenter comme ci-dessous :



Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, l'altitude au départ et à la fin de la parabole est notée $Z_o = 7600$ m et l'altitude au sommet S de la parabole est notée $Z_s = 8200$ m. La valeur v_0 de la vitesse initiale est 527 $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$ soit 146 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Cette vitesse fait un angle $\alpha = 47°$ par rapport à l'horizontale comme indiqué sur le schéma. La vitesse au sommet de la parabole, atteinte au bout de $t_s = \frac{22}{2} = 11$ s, est de direction horizontale et sa valeur v_S est de 355 $\mathrm{km \cdot h^{-1}}$ soit 98,6 $\mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

• Pour simplifier la résolution du problème, on choisit de prendre un nouveau repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ avec origine au point de départ de la trajectoire parabolique. Dans ce nouveau repère, l'altitude de départ est $z_o = 0$ m et l'altitude au sommet S de la parabole est notée :

$$z_s = 8\,200 - 7\,600 \text{ m} = 600 \text{ m}.$$

Le but de la résolution de problème est de vérifier la cohérence des données avec une trajectoire de type parabolique dans le champ de pesanteur terrestre, c'est à dire la trajectoire représentative d'un mouvement de chute libre avec une vitesse initiale faisant un angle de 47° par rapport à l'horizontale et de valeur $v_0 = 146\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. Ainsi, il faut vérifier que pour la vitesse v_0, l'altitude maximale atteinte vaut $z_s = 600$ m, que la date associée à cette altitude vaut $t_s = 11$ s et que la valeur de la vitesse au sommet de la parabole vaut $v_S = 98{,}6\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

Pour résoudre ce problème, il faut obtenir les coordonnées du vecteur vitesse en fonction du temps ainsi que les équations horaires du mouvement :

– Les coordonnées du vecteur vitesse à $t_0 = 0$ s :

$$v_{0x} = v_0\cos\alpha \text{ et } v_{0z} = v_0\sin\alpha.$$

– Le système étudié est l'avion ramené à son centre d'inertie. Le référentiel choisi est le référentiel terrestre galiléen.

L'avion est soumis à une seule force, son poids. En appliquant la deuxième loi de Newton pour un solide de masse m constante, on obtient :

$$\vec{a} = \vec{g}$$

D'où dans le repère proposé :

$$a_x = 0 \text{ et } a_z = -g.$$

– Par intégration, on obtient les coordonnées du vecteur vitesse :

$v_x(t) = C_1 = v_0\cos\alpha$; $v_z(t) = -gt + C_2$

soit ici $v_z(t) = -gt + v_0\sin\alpha$

v_z est nulle au sommet, on doit donc avoir :

$$-gt_S + v_0 \sin\alpha = 0$$

On déduit :

$$t_S = \frac{v_0 \sin\alpha}{g}$$

A.N. :

$$t_S = \frac{146 \times \sin 47°}{9{,}8} = 11 \text{ s} ;$$

ce qui correspond bien à la moitié de la durée totale du vol parabolique.

De plus la valeur de la vitesse verticale au sommet étant nulle, la valeur de la vitesse au sommet est égale à $v_x = v_0\cos\alpha$. On a donc $v_S = v_0\cos\alpha$.

A.N. :

$v_S = 146 \times \cos 47° = 1{,}0 \times 10^2\,\text{m·s}^{-1}$, ce qui est bien cohérent avec la valeur de v_S donnée dans le document 2 :

$$v_S = \frac{355}{3{,}6} = 98{,}6\ \text{m·s}^{-1}$$

soit $1{,}0 \times 10^2$ m·s^{-1} avec 2 chiffres significatifs.

– Par intégration, on établit les coordonnées du vecteur position ou équations horaires du mouvement :

$t_0 = 0$, on a $x = x_o = 0$ et $z = z_o = 0$

$x(t) = (v_0\cos\alpha)t + C_3$, soit ici :

$x(t) = (v_0\cos\alpha)t$ car à $t_0 = 0$, on a $x = 0$.

$z(t) = -\dfrac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t + C_4$ soit ici :

$z(t) = -\dfrac{1}{2}gt^2 + (v_0\sin\alpha)t$ car à $t_0 = 0$, on a $z = 0$.

Au sommet de la trajectoire, on a :

$$z_S = -\frac{1}{2}gt_S^{\,2} + (v_0\sin\alpha)t_S.$$

A.N. :

$$z_S = -\frac{1}{2}\,9{,}8 \times 11^2 + (146 \times \sin 47°) \times 11 = 6{,}0 \times 10^2 \text{ m},$$

ce qui est bien cohérent avec la valeur de $z_S = 600$ m calculée à partir des données du document 2 et exprimée avec 2 chiffres significatifs.

38. ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES

Décollage d'une fusée

Pour cette évaluation, se reporter à la fiche-guide disponible sur le site : sirius.nathan.fr/sirius2017

171965_Mep_Ldp_PC_TermS.indd 90 30/06/2017 15:51