Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Mouvement et interactions	M.KUNST-MEDICA	
Chapitre 7 : Mouvement dans un champ uniforme		Cours livre p 242 à 247	

Nom : ……………………. Prénom : …………………. Classe : ……………………..

Mon livret « plan de travail et parcours d'exercices ».

A remettre au professeur le jour du DS avec les feuilles d'exercices

Site internet : http://www.lasallesciences.com

Les « attendus » du chapitre

Bilan	Mon opinion après avoir réalisé les exercices	Avis du professeur après le DS
AE 7.1 : Étude d'un lancer franc au basket et AD 7.2 : Étude d'un accélérateur de particules (LINAC)		
Discuter de l'influence des grandeurs physiques sur les caractéristiques du champ électrique créé par un condensateur plan.	- +	- +
Établir et exploiter les équations horaires du mouvement.	- +	- +
Établir l'équation de la trajectoire.	- +	- +
Exploiter la conservation de l'énergie mécanique dans le cas d'un mouvement dans un champ uniforme.	- +	- +

Côté maths

À retenir !

Soit F et f deux fonctions définies sur un intervalle I.
La fonction F est une primitive de f sur I si : $\forall x \in I, F'(x) = f(x)$.

Côté maths

On considère la fonction f définie pour tout x par $f(x) = 5$.
1. Déterminer la fonction F_1, primitive de la fonction f, qui vérifie $F_1(0) = 2$.
2. Déterminer la fonction F_2, primitive de la fonction F_1, qui vérifie $F_2(0) = 0$.

Méthode

1. On recherche les fonctions F_1 telles que $F'_1(x) = 5$.
Les fonctions de la forme $F_1(x) = 5x + B$ le vérifient.
Comme $F_1(0) = 2$, il vient : $F_1(0) = 5 \times 0 + B = 2$, donc $B = 2$.
La fonction F_1 est définie par : $F_1(x) = 5x + 2$.

2. On recherche les fonctions F_2 telles que $F'_2(x) = 5x + 2$.
Les fonctions de la forme $F_2(x) = 2{,}5x^2 + 2x + C$ le vérifient.
Comme $F_2(0) = 0$, il vient : $F_2(0) = 2{,}5 \times 0^2 + 2 \times 0 + C = 0$, donc $C = 0$.
La fonction F_2 est définie par : $F_2(x) = 2{,}5x^2 + 2x$.

Côté physique & chimie

La coordonnée a_z de l'accélération d'une balle lâchée sans vitesse initiale est $-10\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.
À l'instant initial, la balle est située en une position de coordonnée $z = 2{,}0$ m.
1. Exprimer la coordonnée v_z du vecteur vitesse de cette balle.
2. Exprimer la coordonnée z de son vecteur position.

Méthode

1. La coordonnée v_z de la vitesse est la primitive de celle a_z de l'accélération par rapport au temps : $v_z = -10t + C_1$.
Comme à $t_0 = 0$ s, $v_z(0) = 0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$, il vient :
$v_z(0) = -10 \times 0 + C_1 = 0$, donc $C_1 = 0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.
La coordonnée v_z a pour expression : $v_z = -10t\ (\mathrm{m \cdot s^{-1}})$.

2. La coordonnée z du vecteur position est la primitive de celle v_z de la vitesse par rapport au temps : $z = -5t^2 + C_2$.
Comme à $t_0 = 0$ s, $z(0) = 2{,}0$ m, il vient :
$z(0) = -5 \times 0^2 + C_2 = 2{,}0$ m, donc $C_2 = 2{,}0$ m.
La coordonnée z a pour expression : $z = -5t^2 + 2{,}0$ (m).

Les bons réflexes pour les exercices

Réflexe 1
Dans tous les cas, une étude de mouvement débute par la définition du système et du référentiel, et par l'inventaire des forces exercées sur le système.

Si l'énoncé demande de…	Il est nécessaire de…
Établir les équations horaires du mouvement.	**Réflexe 2** — Ex. 18 p. 252 • **Écrire** la deuxième loi de Newton pour exprimer l'accélération du système. • **Exprimer**, dans le repère choisi, les coordonnées du vecteur accélération du système. • **Déterminer** les coordonnées du vecteur vitesse du système en recherchant les primitives qui tiennent compte des conditions initiales sur la vitesse. • **Déterminer** les coordonnées du vecteur position du système en recherchant les primitives qui tiennent compte des conditions initiales sur la position.
Établir l'équation de la trajectoire.	**Réflexe 3** — Ex. 16 p. 252 • **Extraire** le temps t de l'équation horaire ayant la forme mathématique la plus simple. • **Remplacer** l'expression de t établie précédemment dans l'autre équation horaire.
Exploiter, dans le cas du mouvement dans un champ uniforme, la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique.	**Réflexe 4** — Ex. 20 p. 253 • **S'assurer** que le travail des forces non conservatives est nul. • **Exploiter** la conservation de l'énergie mécanique entre une position initiale et une position finale pour déterminer la grandeur recherchée. **ou** • **Énoncer** le théorème de l'énergie cinétique dans le référentiel choisi entre une position initiale et une position finale du mouvement du système étudié. • **Exploiter** le théorème pour déterminer la grandeur recherchée.

Les vidéos du chapitre

https://youtu.be/Bdqzd7YfTaA	https://youtu.be/WNgYLgBPmuk	https://youtu.be/kU8cj-ZAiQ0
Rappels : Cartographier un champ	**Rappels : Théorème de l'énergie cinétique**	**Rappels : Variation d'énergie mécanique**
https://www.youtube.com/watch?v=mRCZu3tWvwo	https://www.youtube.com/watch?v=i8qwBT8QWb8	https://www.youtube.com/watch?v=buY7lcMZkeA
Vidéo cours mouvement dans un champ uniforme (Hachette-éducation)	**Vidéo cours Stella : Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme**	**Vidéo cours Stella : Mouvement dans un champ électrique uniforme**

Le plan de travail
(surligner les étapes réalisées)

A faire dès la semaine où commence le chapitre en classe

Fiche de préparation au chapitre

***Visionner** les vidéos «cartographier un champ, théorème de l'énergie cinétique er variation d'énergie mécanique » de rappels de 1ère.*
***Réaliser** une fiche de synthèse et **étudier** la carte bilan de la fiche révisions.*
***Faire** les exercices de la fiche de préparation, et **comparer** mes résultats à la correction disponible*

A faire après le cours I et l'AE 7.1 : Étude d'un lancer franc au basket

***Lire** la correction de l'AE 7.1*
***Étudier** le « I, II, III » du cours*
***Visionner** la vidéo « mouvement dans un champ de pesanteur uniforme »*
***Visionner** la vidéo « mouvement dans un champ de électrique uniforme »*

Exercices d'application : 2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-27 p 253 à 254

1 Des champs uniformes

2 Reconnaître un champ vectoriel uniforme (1)

CORRIGÉ

| Exploiter des informations.

Le tableau ci-dessous regroupe les caractéristiques de trois champs vectoriels en fonction de leur position dans l'espace.

	Champ 1	Champ 2	Champ 3
Direction	Constante	Variable	Constante
Sens	Constant	Variable	Constant
Valeur	Variable	Constante	Constante

- Lequel est un champ vectoriel uniforme ?

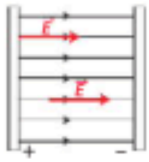
3 Reconnaître un champ vectoriel uniforme (2)

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

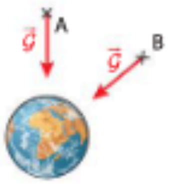
Voici la cartographie de quatre champs vectoriels.

a Champ électrique dû à une charge ponctuelle

b Champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan



c Champ gravitationnel terrestre



d Champ de pesanteur terrestre dans l'espace de la photographie

- Identifier le(s) champ(s) uniforme(s).

4 Caractériser le champ de pesanteur terrestre (1)

CORRIGÉ

| Mobiliser ses connaissances.

1. Donner la direction et le sens du champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$.

2. Pourquoi le champ de pesanteur terrestre est-il uniforme dans une région de l'espace de faibles dimensions ?

5 Caractériser le champ de pesanteur terrestre (2)

| Exploiter une formule.

Le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ est assimilable au champ de gravitation terrestre $\vec{\mathcal{G}}$ au voisinage de la Terre.

- Calculer la valeur g du champ de pesanteur terrestre en un point situé à la surface de la Terre proche de l'équateur.

Données

- Valeur du champ de gravitation terrestre à la surface de la Terre : $\mathcal{G} = G \times \frac{M_T}{R_T^2}$.
- Rayon terrestre à l'équateur : $R_T = 6\,378$ km.
- Masse de la Terre : $M_T = 5{,}97 \times 10^{24}$ kg.
- Constante universelle de gravitation : $G = 6{,}67 \times 10^{-11}\ \text{N}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-2}$.

6 Étudier le champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan

CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Entre les plaques A et B d'un condensateur plan reliées à un générateur de tension continue, règne un champ électrique uniforme de valeur $E = 1{,}0 \times 10^4\ \text{N}\cdot\text{C}^{-1}$.
Les plaques sont distantes de $d = 10{,}0$ cm.

1. Calculer la valeur absolue $|U_{AB}|$ de la tension appliquée entre les plaques.

2. Comment varie la valeur du champ électrique si la distance entre les plaques augmente ?

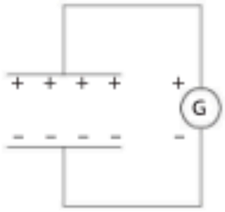
Donnée

Valeur du champ électrique $\vec{E}$: $E = \frac{|U_{AB}|}{d}$.

7 Caractériser le champ électrique entre les armatures d'un condensateur plan

| Construire des vecteurs.

On a représenté ci-dessous les armatures d'un condensateur plan reliées aux bornes d'une source de tension continue. Les plaques sont distantes de $d = 20{,}0$ cm et la source impose une tension U de 10 kV.



1. Déterminer les caractéristiques (direction, sens et valeur) du champ électrique $\vec{E}$ qui règne entre les plaques.

2. Représenter le vecteur $\vec{E}$ en différentes positions entre les armatures, sans souci d'échelle mais avec cohérence.

Donnée

Valeur du champ électrique $\vec{E}$: $E = \frac{|U|}{d}$.

2 Le mouvement dans un champ uniforme

Vidéo

VIDÉO DE COURS Mouvement dans un champ uniforme
QR Code p. 246

8 Représenter un vecteur accélération

CORRIGÉ

| Faire un schéma adapté.

Les coordonnées cartésiennes du vecteur accélération d'un point matériel M dans un repère orthonormé $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ lié à un référentiel terrestre sont :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ a_y = 7{,}8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \end{cases}$$

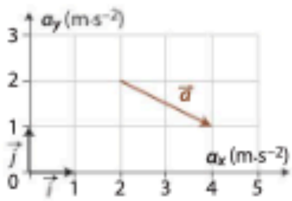
1. Représenter ce vecteur accélération dans le repère choisi.

2. Calculer la valeur a de l'accélération de M.

9 Déterminer les coordonnées d'un vecteur accélération

| Exploiter un graphique.

On a représenté ci-dessous le vecteur accélération d'un point mobile M en mouvement plan dans un champ de pesanteur uniforme.



1. Déterminer les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ de M dans le repère orthonormé $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.

2. Calculer la valeur a de l'accélération de M.

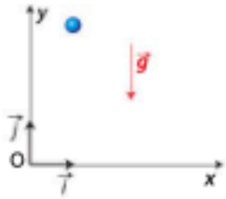
10 Exprimer le vecteur accélération (1)

CORRIGÉ

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

On étudie le mouvement du centre de masse d'une bille dans un champ de pesanteur uniforme.

Le mouvement de cette bille, soumise uniquement à son poids, est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen auquel on associe le repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$.



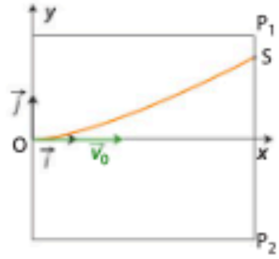
1. À l'aide de la deuxième loi de Newton, exprimer le vecteur accélération du centre de masse de la bille.

2. Déterminer ses coordonnées cartésiennes.

11 Exprimer le vecteur accélération (2)

| Exploiter un schéma.

Un positon, particule de charge e et de masse m, pénètre dans un champ électrique uniforme créé entre les deux plaques P_1 et P_2 d'un condensateur plan. On suppose que le positon n'est soumis qu'à la seule force électrique $\vec{F}$. Son mouvement est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen.



1. Représenter sur le schéma le vecteur champ électrique pour que le positon suive la trajectoire orange.

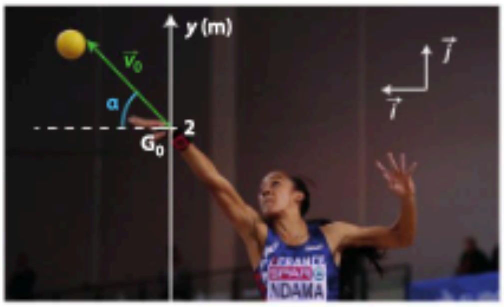
2. En appliquant la deuxième loi de Newton, exprimer le vecteur accélération du positon assimilé à un corps ponctuel et déterminer ses coordonnées cartésiennes.

12 Exprimer les conditions initiales

CORRIGÉ

| Exploiter des informations.

Une athlète lance un poids, assimilé à un point matériel, dans un champ de pesanteur uniforme. On représente ci-dessous la situation du lancer à la date $t = 0$ s.



1. Dans quel référentiel le mouvement du poids est-il étudié ?

2. Exprimer les coordonnées cartésiennes du vecteur position initiale $\overrightarrow{OG_0}$ et celles du vecteur vitesse initiale $\vec{v}_0$ du poids.

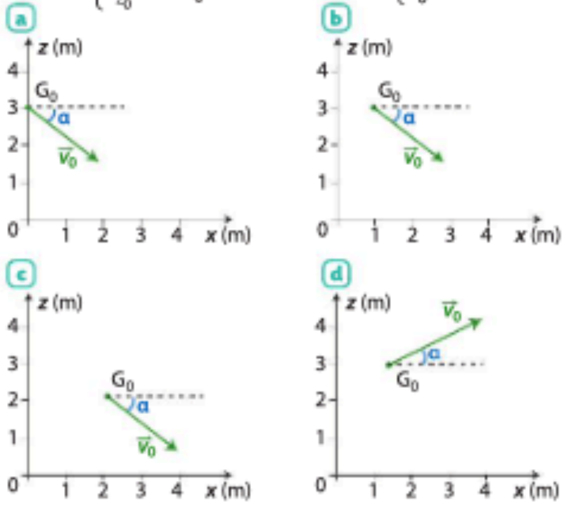
Utiliser le réflexe 1

13 Identifier les conditions initiales

| Interpréter des formules.

Parmi les schémas proposés ci-dessous, le(s)quel(s) tradui(sen)t les conditions initiales suivantes :

$$\vec{v}_0 \begin{cases} v_{x_0} = v_0 \times \cos\alpha \\ v_{z_0} = -v_0 \times \sin\alpha \end{cases} \quad \text{et} \quad \overrightarrow{OG_0} \begin{cases} x_0 = 1 \text{ m} \\ z_0 = 3 \text{ m} \end{cases}$$



14 Exprimer le vecteur vitesse

CORRIGÉ

| Interpréter des équations.

Les coordonnées cartésiennes du vecteur accélération d'un point matériel M dans un repère orthonormé $(O ; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ lié à un référentiel terrestre sont :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ a_y = 6{,}2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \\ a_z = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \end{cases}$$

1. Déterminer les coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse de M dans le cas où le vecteur vitesse initiale a pour coordonnées $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{x_0} = 0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ v_{y_0} = 5{,}0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \\ v_{z_0} = 7{,}8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \end{cases}$

2. Montrer que le mouvement du point M est plan.

15 Exprimer le vecteur position

| Effectuer des calculs.

Une boule de pétanque est lancée dans un champ de pesanteur uniforme. À l'instant initial, son centre de masse P coïncide avec l'origine du repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$. Dans ce repère, les coordonnées cartésiennes du vecteur vitesse du point P, exprimées en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$, sont :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = 6{,}0 \\ v_y = -9{,}81t - 6{,}0 \end{cases}$$

1. Déterminer les coordonnées cartésiennes du vecteur position $\overrightarrow{OP_0}$ à la date $t = 0$ s.

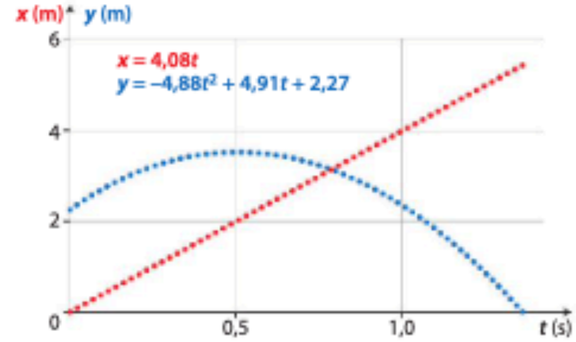
2. Établir les coordonnées cartésiennes de $\overrightarrow{OP}$.

16 Établir l'équation de la trajectoire

CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Le graphique ci-dessous représente l'abscisse x et l'ordonnée y du centre de masse G d'une balle au cours du temps. Les équations horaires sont précisées sur le graphique.



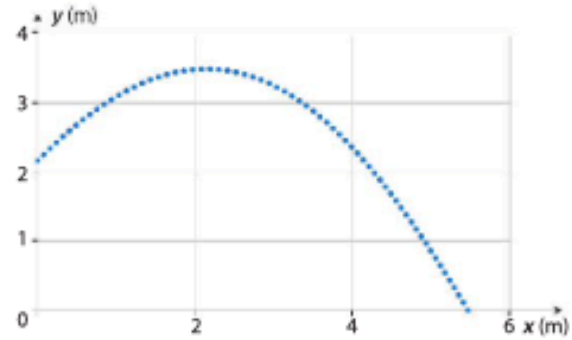
• Établir l'équation cartésienne de la trajectoire de G.

Utiliser le réflexe 3

17 Identifier l'équation d'une trajectoire

| Faire preuve d'esprit critique.

• Choisir l'équation de la trajectoire de la balle étudiée ci-dessous, avec x et y en mètre, et t en seconde.



a $y = -0{,}304x^2 + 1{,}26x$ b $y = -0{,}304x^2 + 1{,}26x + 2{,}21$

c $y = -0{,}304t^2 + 1{,}26t + 2{,}21$

18 Établir les équations horaires (1)

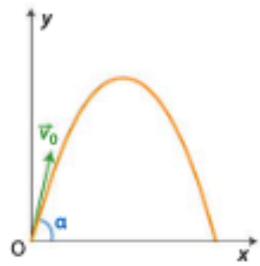
CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Au cours d'un match de rugby, un joueur réalise une chandelle.

On se place dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On négligera toutes les actions dues à l'air.

À l'instant $t = 0$ s, le ballon, assimilé à un point matériel, est à l'origine du repère, et le vecteur vitesse initiale du ballon fait un angle α avec l'axe horizontal Ox. Le graphique ci-dessus représente la trajectoire du ballon dans le repère choisi.



Les coordonnées cartésiennes du vecteur accélération du ballon, exprimées en $m \cdot s^{-2}$, sont : $\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$

1. Établir les coordonnées du vecteur vitesse $\vec{v}$ du ballon.

2. Montrer que les équations horaires du mouvement sont : $x = v_0 \times \cos\alpha \times t$ et $y = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin\alpha \times t$.

Utiliser le réflexe 2

19 Établir les équations horaires (2)

| Mobiliser et organiser ses connaissances.

Un positon, particule de charge e et de masse m, pénètre, à $t = 0$ s, dans un champ électrique uniforme avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$. On assimile le positon à un corps ponctuel G soumis uniquement à la force électrique, et on étudie son mouvement dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

1. Exprimer les coordonnées cartésiennes du vecteur position $\overrightarrow{OG}_0$ et celles du vecteur vitesse $\vec{v}_0$ à $t = 0$ s.

2. Utiliser la deuxième loi de Newton pour exprimer le vecteur accélération $\vec{a}$ du positon.

3. En déduire les coordonnées cartésiennes des vecteurs accélération, vitesse et position du positon.

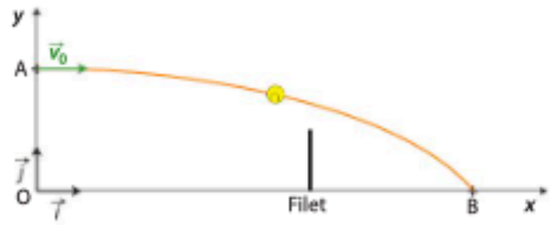
20 Appliquer la conservation de l'énergie (1)

CORRIGÉ

| Effectuer des calculs.

Pour servir au tennis, un joueur placé en O lance une balle verticalement et la frappe en A à une hauteur $H = 2{,}7$ m au-dessus du sol.

La balle part avec une vitesse horizontale de valeur $v_0 = 126$ km $\cdot$ h^{-1} dans un référentiel terrestre supposé galiléen. De masse m, elle n'est soumise qu'à son poids.



1. L'énergie mécanique de la balle est-elle constante ?

2. Montrer que l'expression de la valeur v_B de la vitesse de la balle lorsqu'elle touche le sol s'écrit :

$$v_B = \sqrt{v_0^2 + 2g \times H}$$

3. Calculer cette valeur.

Utiliser le réflexe 4

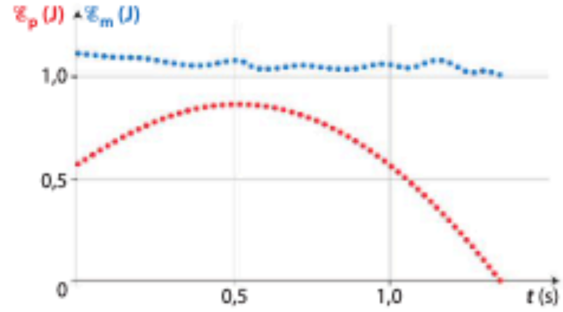
Donnée

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

21 Appliquer la conservation de l'énergie (2)

| Exploiter un graphique.

L'étude énergétique de la chute libre d'une balle de masse $m = 25$ g considérée comme ponctuelle dans un champ de pesanteur conduit aux graphiques suivants :



1. Justifier que l'énergie mécanique de la balle se conserve.

2. Calculer la hauteur initiale de la balle.

3. Déterminer l'énergie cinétique de la balle à $t = 0$ s.

Données

- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m $\cdot$ s^{-2}.
- L'énergie potentielle de pesanteur est nulle au niveau du sol.

22 Utiliser les équations horaires (1)

CORRIGÉ

| Utiliser un modèle pour prévoir.

Dans un référentiel terrestre supposé galiléen, l'étude du mouvement du centre de masse G d'un projectile conduit aux coordonnées cartésiennes :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = 5{,}0 \times \cos(50°) \\ v_y = -9{,}8t + 5{,}0 \times \sin(50°) \end{cases}$$

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = 5{,}0 \times \cos(50°) \times t \\ y = -\frac{1}{2} \times 9{,}8t^2 + 5{,}0 \times \sin(50°) \times t \end{cases}$$

1. Écrire les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et position de G à la date $t = 0$ s.

2. À quelle date t_S le vecteur vitesse est-il horizontal ?

3. Déterminer l'altitude atteinte par G à cette date.

23 Utiliser les équations horaires (2)

| Effectuer des calculs.

On étudie, dans un référentiel supposé galiléen, le mouvement d'un cation de masse m et de charge 2e placé entre les plaques chargées d'un condensateur plan.

On suppose que le poids du cation est négligeable devant la force électrique qu'il subit.

On obtient :

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 \times t \\ y = \frac{e}{m} \times E \times t^2 \end{cases}$$

1. Établir l'équation cartésienne de la trajectoire du cation.

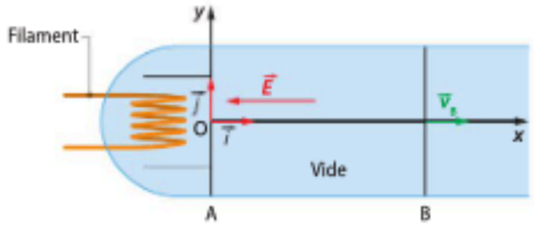
2. Déterminer l'ordonnée y_S du cation quand il a parcouru la distance horizontale d.

24 Utiliser le théorème de l'énergie cinétique (1)

CORRIGÉ

| Interpréter une formule.

Le filament d'un canon à électrons émet des électrons avec une vitesse initiale de valeur négligeable. Ils sont ensuite accélérés à l'intérieur d'un condensateur plan dont les armatures A et B sont verticales. On néglige le poids de l'électron devant la force électrique. Le référentiel d'étude est supposé galiléen.



1. Montrer, en appliquant le théorème de l'énergie cinétique, que l'expression de la valeur v_B de la vitesse en B est $v_B = \sqrt{\dfrac{-2e \times U_{AB}}{m_e}}$.

2. Comment faut-il modifier la tension appliquée entre les plaques pour que cette valeur de la vitesse augmente ?

Donnée

Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre les positions A et B : $W_{A\to B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$.

25 Utiliser le théorème de l'énergie cinétique (2)

| Effectuer des calculs.

Un ion Mg^{2+} est produit dans la chambre d'ionisation d'un spectromètre de masse.

Cet ion pénètre en position A, avec une vitesse initiale de valeur négligeable, dans un champ électrique uniforme entre deux armatures planes parallèles. Il est accéléré jusqu'à la position B où il atteint une vitesse de valeur $v_B = 5{,}61 \times 10^5\ m \cdot s^{-1}$.

On étudie le mouvement de cet ion assimilé à un corps ponctuel G dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

On néglige le poids de l'ion Mg^{2+} devant la force électrique à laquelle il est soumis entre les positions A et B du condensateur plan.

1. Exprimer la variation de l'énergie cinétique de l'ion Mg^{2+} entre les positions A et B.

2. Appliquer le théorème de l'énergie cinétique pour exprimer la masse de l'ion Mg^{2+}. La calculer.

Données

- Tension appliquée entre les deux armatures : $U = 20$ kV.
- Charge élémentaire : $e = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.
- Travail de la force électrique lors du déplacement d'une particule de charge q entre les positions A et B :

$$W_{A\to B}(\vec{F}) = q \times U_{AB}$$

A faire régulièrement « Erreurs et incertitudes ».

<u>Reprendre</u> seul le cours sur « erreurs et incertitudes (I à IX)

A faire la semaine et les jours qui précède le devoir surveillé

<u>Visionner</u> à nouveau les vidéos de cours « mouvement dans un champ uniforme »
<u>Reprendre</u> et <u>étudier</u> le cours. Possibilité de lire dans le livre : cours p 242 à 247
<u>Reproduire</u> une fiche de la partie « essentiel » et la <u>maitriser</u>

Faire l'exercice résolu sans correction, puis corriger

1 Exercice résolu

Le *water jump*

| Exploiter des informations ; effectuer des calculs ; interpréter des formules.

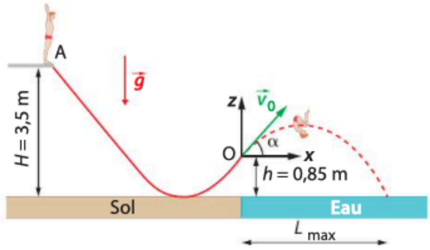
Le *water jump* est une activité au cours de laquelle une personne glisse sur un toboggan mouillé qui se termine par un tremplin. À la sortie du tremplin, elle effectue un saut en chute libre et termine sa course dans l'eau.

Le sol horizontal est choisi comme origine de l'énergie potentielle de pesanteur. La personne est modélisée par son centre de masse G. L'étude de son mouvement est effectuée dans un référentiel terrestre supposé galiléen. On considère que l'action de l'air et les frottements sont négligeables. L'action du toboggan est alors constamment perpendiculaire au vecteur déplacement.

1. La personne part depuis la position A sans vitesse initiale. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, établir l'expression, puis calculer la valeur de sa vitesse en O.

2. On choisit comme origine des dates l'instant où la personne se trouve en O. Établir les équations horaires du mouvement dans le repère (O ; x, z).

3. Établir l'équation de la trajectoire du centre de masse de la personne.



Données

- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}$.
- Masse de la personne : $m = 73$ kg.

Solution rédigée

- **On utilise le Réflexe 1.**

Définition du système et du référentiel, et inventaire des forces

1. Le mouvement du système {personne} est étudié dans un référentiel terrestre supposé galiléen.

Le système est soumis à son poids et à l'action du toboggan.

- **On utilise le Réflexe 4.**

Vérification du travail des forces non conservatives

Le poids est une force conservative. L'action du toboggan ne travaille pas, car elle est constamment perpendiculaire au vecteur déplacement. Entre les positions A et O, il y a donc conservation de l'énergie mécanique :

$\Delta\mathscr{E}_{m_{A\to O}} = \mathscr{E}_{m_O} - \mathscr{E}_{m_A} = 0$ J,

soit $\mathscr{E}_{m_O} = \mathscr{E}_{m_A}$ où $\mathscr{E}_{m_O} = \mathscr{E}_{p_O} + \mathscr{E}_{c_O}$.

Exploitation de la conservation de l'énergie mécanique entre A et O

On cherche v_O, les autres grandeurs étant connues :

$\mathscr{E}_{m_O} = m \times g \times h + \frac{1}{2} m \times v_O^2$ et $\mathscr{E}_{m_A} = m \times g \times H$ car $v_A = 0\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Il vient : $m \times g \times h + \frac{1}{2} m \times v_O^2 = m \times g \times H$ puis $v_O = \sqrt{2g \times (H - h)}$.

$v_O = \sqrt{(2 \times 9,81\ \text{m}\cdot\text{s}^{-2}) \times (3,5\ \text{m} - 0,85\ \text{m})} = 7,2\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$.

- **On utilise le Réflexe 2.**

Utilisation de la deuxième loi de Newton

2. D'après la deuxième loi de Newton : $\Sigma\vec{F} = m\vec{g} = m\vec{a}$, et ainsi $\vec{a} = \vec{g}$.

Expression des coordonnées du vecteur accélération

Dans le repère choisi, le vecteur accélération a pour coordonnées cartésiennes :

$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_z = -g \end{cases}$ Or $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$ donc $\vec{v}\begin{cases} v_x = C_x \\ v_z = -g \times t + C_z \end{cases}$ de plus $\vec{v}_0\begin{cases} v_{x0} = v_0 \times \cos\alpha \\ v_{z0} = v_0 \times \sin\alpha \end{cases}$

Recherche de primitives et utilisation des conditions initiales sur la vitesse

Par identification $\begin{cases} C_x = v_0 \times \cos\alpha \\ C_z = v_0 \times \sin\alpha \end{cases}$ d'où $\vec{v}\begin{cases} v_x = v_0 \times \cos\alpha \\ v_z = -g \times t + v_0 \times \sin\alpha \end{cases}$

Recherche de primitives et utilisation des conditions initiales sur la position

Or $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$ donc $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 \times \cos\alpha \times t + D_x \\ z = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin\alpha \times t + D_z \end{cases}$ de plus $\overrightarrow{OG_0} = \begin{cases} x_0 = 0 \\ z_0 = 0 \end{cases}$

Par identification $\begin{cases} D_x = 0 \\ D_z = 0 \end{cases}$ d'où $\overrightarrow{OG}\begin{cases} x = v_0 \times \cos\alpha \times t \\ z = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin\alpha \times t \end{cases}$

- **On utilise le Réflexe 3.**

Extraction de t de la plus simple équation horaire

3. On a $x = v_0 \times \cos\alpha \times t$ donc $t = \dfrac{x}{v_0 \times \cos\alpha}$.

Remplacement de t dans l'autre équation horaire

$z = -\frac{1}{2} g \times \left(\dfrac{x}{v_0 \times \cos\alpha}\right)^2 + v_0 \times \sin\alpha \times \dfrac{x}{v_0 \times \cos\alpha}$

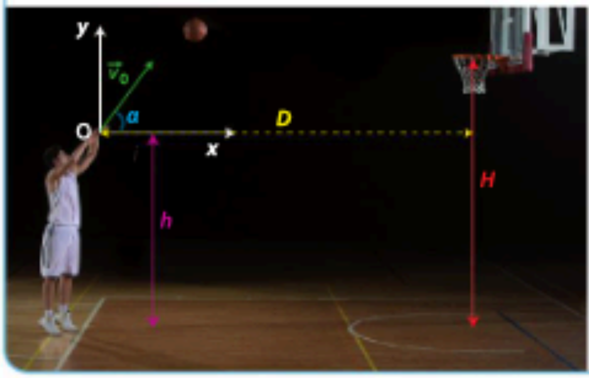
soit $z = -\dfrac{g}{2(v_0 \times \cos\alpha)^2} \times x^2 + \tan\alpha \times x$.

$z(x)$ est de la forme $z(x) = Ax^2 + Bx + C$: le mouvement est parabolique.

Répondre au QCM de fin de chapitre

A

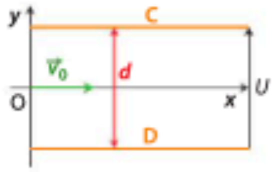
Un ballon de basket est lancé avec la vitesse initiale $\vec{v}_0$ contenue dans le plan (Oxy). On néglige toute autre force que le poids $\vec{P}$ du ballon.



$v_0 = 10\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$\alpha = 40°$
$h = 2{,}2$ m
$D = 4{,}6$ m
$H = 3{,}05$ m

B

Un proton de charge $q = +e$ entre, avec une vitesse initiale $\vec{v}_0$, entre les plaques C et D d'un condensateur plan où règne un champ électrique $\vec{E}$.



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

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s), puis vérifier la correction p. 462.

1 Des champs uniformes

Exercice interactif

Si erreur, revoir § 1 p. 242

	A	B	C
1. Dans la situation A, le vecteur champ de pesanteur est :	horizontal.	vertical vers le haut.	vertical vers le bas.
2. Le champ de pesanteur est uniforme à l'échelle :	d'un terrain de basket.	d'un continent.	de la Terre.
3. Dans un condensateur plan, le champ électrique est :	uniforme.	perpendiculaire aux plaques.	orienté de la plaque positive vers la plaque négative.

2 Le mouvement dans un champ uniforme

Exercice interactif

Si erreur, revoir § 2 p. 242

	A	B	C
4. Dans la situation A, le vecteur accélération $\vec{a}_G$ du centre de masse du ballon est :	horizontal.	vertical vers le haut.	vertical vers le bas.
5. Dans la situation A, à la date $t = 0$ s, la coordonnée horizontale du vecteur vitesse est :	$v_{x_0} = v_0$	$v_{x_0} = v_0 \times \sin\alpha$	$v_{x_0} = v_0 \times \cos\alpha$
6. Dans la situation A, $v_x = v_0 \times \cos\alpha$. Le mouvement horizontal du ballon est :	ralenti.	uniforme.	accéléré.
7. Dans la situation A, $y = -\dfrac{g}{2(v_0 \times \cos\alpha)^2} \times x^2 + \tan\alpha \times x$. Quand le centre de masse G du ballon a parcouru la distance horizontale D :	$y = 2{,}1$ m	$y = -4{,}3$ m	$y = -0{,}1$ m
8. Dans la situation B, si la plaque C est chargée négativement et D positivement, le proton est :	dévié vers le bas.	dévié vers le haut.	accéléré sans être dévié.
9. Dans un accélérateur linéaire de particules chargées :	le champ électrique $\vec{E}$ est perpendiculaire au vecteur vitesse $\vec{v}$ des particules chargées.	les particules chargées sont déviées.	le champ électrique $\vec{E}$ a la même direction que le vecteur vitesse $\vec{v}$ des particules chargées.

Faire les exercices suivants de fin de chapitre

Exercice 1 (Type bac) : Water Bottle Flip (45 min)

Le « water bottle flip » est un jeu d'adresse consistant à lancer une bouteille plastique partiellement remplie d'eau afin qu'elle se pose verticalement sur sa base sur une table placée à proximité. Il faut beaucoup s'entraîner pour réussir un « water bottle flip ». Initialement, la bouteille n'est tenue que par son col. Le mouvement ascendant du bras communique la vitesse juste suffisante à la bouteille. Tandis qu'elle monte puis redescend, celle-ci tourne sur elle-même.

Quelques photos successives tirées d'une vidéo montrant un lancer réussi.			
		(a)	(b)
			
(c)	(d)	(e)	(f)
			
(g)	(h)	(i)	(j)

Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement du centre de masse de la bouteille.

Le système considéré est l'ensemble {bouteille + eau} de masse m = 162 g dont on étudie le mouvement du centre de masse, noté G.

Le système évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ uniforme.

On fait l'hypothèse que l'action de l'air est négligeable.

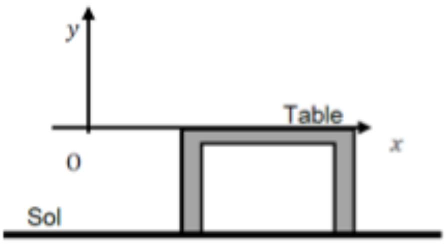
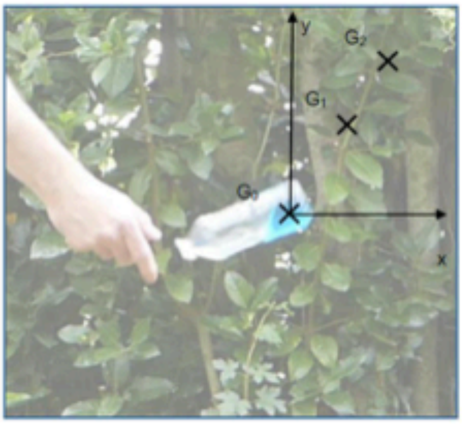


figure 1

Le mouvement est étudié dans le système d'axes (Oxy) (Cf. **figure 1**).

À la date t = 0 s, le centre de masse G est placé à l'origine du repère O et sa vitesse initiale, notée $\vec{v_0}$ a une direction faisant un angle α avec l'axe horizontal (Ox).

Recherche des conditions initiales sur la vitesse



Grâce à la vidéo montrant un lancer réussi, on a pu pointer la position du centre de masse G à différents instants.

Sur la **figure 2**, la durée entre deux positions successives est $\tau = 40$ ms.

L'échelle est donnée par la bouteille dont la hauteur est 18,8 cm.

figure 2 : chronophotographie du mouvement du centre de masse G lors du « water bottle flip » réussi.

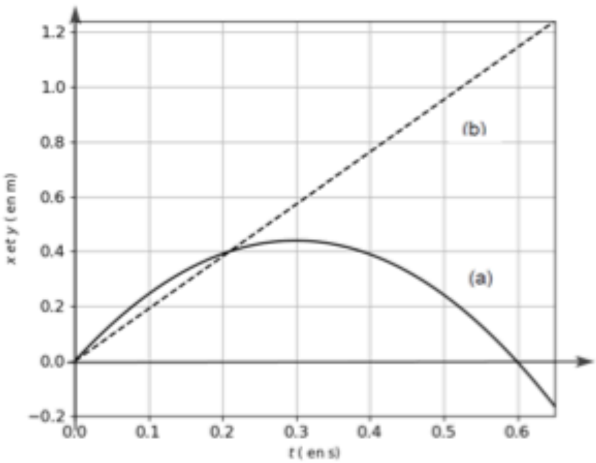
1. Représenter sur la copie, sans souci d'échelle, le système d'axes (Oxy), le vecteur $\overrightarrow{v_0}$, l'angle α ainsi que les coordonnées v_{0x} et v_{0y} et l'allure de la trajectoire du centre de masse de la bouteille.
2. À partir des données expérimentales fournies et de la **figure 2**, vérifier que la valeur expérimentale v_0 du vecteur initial $\overrightarrow{v_0}$ est proche de 3,6 m.s^{-1}
3. Proposer une méthode permettant de déterminer expérimentalement la valeur de l'angle α.

Modélisation du déplacement du centre de masse

4. En précisant la loi utilisée, donner les expressions des coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse : $a_x(t)$ et $a_y(t)$.
5. En déduire les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse et montrer que les équations horaires du mouvement sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0.\cos(\alpha).t \\ y(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + v_0.\sin(\alpha).t \end{cases}$$

Pour déterminer la distance à laquelle tombe la bouteille par rapport au point O, on utilise les valeurs expérimentales : v_0 = 3,6 m·s^{-1} α = 59 ° g = 9,81 m·s^{-2}



6. Associer chacun de ces tracés à $x(t)$ et $y(t)$.

On estime que le centre de masse G se trouve à une hauteur voisine de 2 cm du fond de la bouteille lorsque celle-ci se pose sur la table.

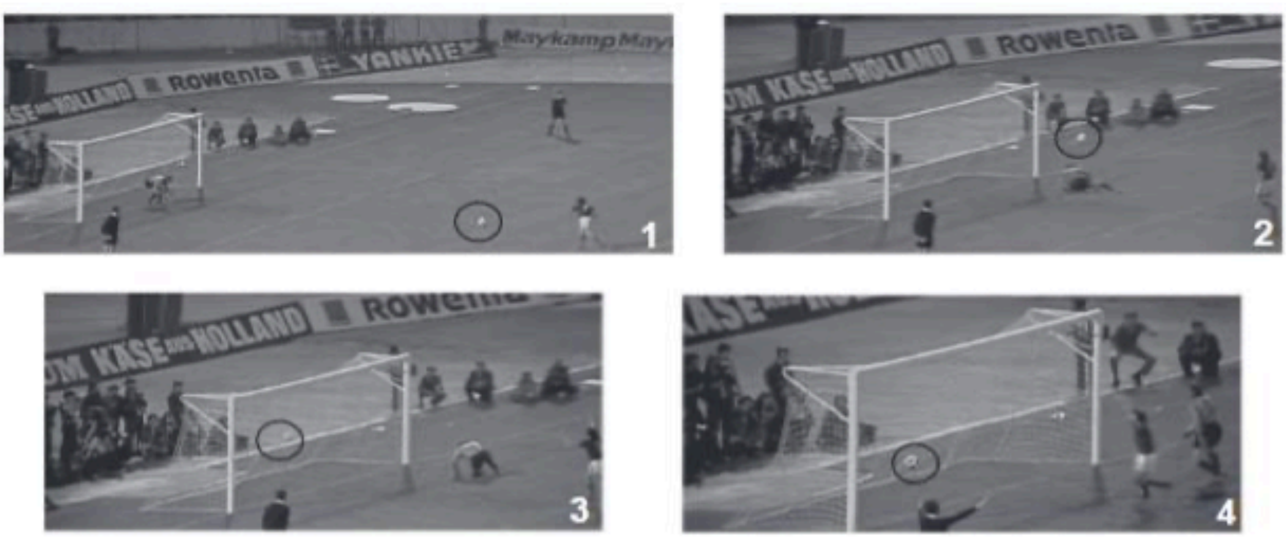
7. Estimer la durée du mouvement de la bouteille obtenue par la modélisation.

La durée du mouvement de la bouteille lors de la réalisation de ce « water bottle flip » a été mesurée. On a obtenu Δt = (0,50 ± 0,05) s.

8. Proposer au moins une explication permettant de rendre compte de l'écart entre cette durée réelle et la durée obtenue par la modélisation.
9. À l'aide du modèle, déterminer la distance à laquelle la bouteille tombe sur la table par rapport à l'origine du repère. Indiquer ce qu'il est possible de prévoir pour la distance réelle.

Exercice 2 (type bac) : La Panenka

En 1976, lors de la finale de l'Euro, le match est serré et doit se décider aux tirs aux buts. Antonín Panenka, joueur tchécoslovaque, doit effectuer un tir décisif. Il prend une longue course d'élan et frappe... mollement et en plein milieu du but. Le gardien allemand Sepp Maier, qui a plongé sur sa gauche, regarde impuissant ce ballon qui retombe doucement dans ses filets. Panenka vient de donner à la fois le titre à son équipe et naissance à une véritable œuvre d'art : « la panenka ».



Captures d'écran du tir de Panenka

On cherche à étudier la trajectoire du ballon lors du tir au but à partir de la vidéo de la finale de 1976. Malheureusement, le zoom progressif de la vidéo ne permet pas de faire des mesures de vitesse très précises. En revanche on peut faire des chronométrages à l'aide d'un logiciel de pointage. On étudie le mouvement à partir de l'instant, choisi comme origine des temps, où le ballon ne touche plus ni le sol ni le pied de Panenka.

Les informations extraites de la vidéo sont les suivantes :

- le ballon traverse la ligne de but à $t_b = 0{,}96$ s ;
- le ballon semble traverser la ligne de but en plein milieu de la cage à la fois dans le sens de la hauteur et de la largeur.

Le ballon est choisi comme système d'étude. Le référentiel d'étude est décrit sur la figure ci-dessus. Il est supposé galiléen.

1. Représenter sur un schéma le ballon et la ou les force(s) qui s'exercent sur lui entre l'instant de la frappe et celui de l'impact avec le sol (on néglige l'influence de l'air).

2. Donner l'expression des coordonnées du vecteur accélération dans le repère proposé sur la figure 1.

3. Montrer que les équations horaires du mouvement sont les suivantes :

$$x(t) = v_{0x}.t$$
$$y(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + v_{0y}.t$$

4. Recopier le schéma de situation de la figure 1 et tracer l'allure de la trajectoire du ballon.

5. En utilisant les équations horaires et les données fournies, déterminer les valeurs de v_{0x} et de v_{0y}.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Exercice 3 (type bac) : Apprentissage du saut en parachute

L'élève parachutiste ainsi que son moniteur quittent simultanément l'avion en un point A, à un instant pris comme origine des dates (t=0s). Lorsqu'ils sautent de l'avion, celui-ci vole horizontalement à l'altitude z_A=1500 m avec une vitesse v_A=130km·h^{-1}.

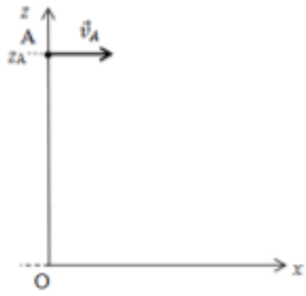


figure 1

L'élève a pour consigne d'enclencher l'ouverture de son parachute après avoir compté 10 secondes.

On étudie le mouvement du système {parachutiste + équipement} avant l'ouverture du parachute. Cette étude est réalisée dans le référentiel terrestre considéré comme galiléen.

Dans cette partie, pour modéliser le mouvement du parachutiste, on fait l'hypothèse que les actions de l'air sont négligeables et que le mouvement du système est plan.

La position du parachutiste est repérée dans le système d'axes (O,x,z),l'origine O étant prise au niveau du sol qui correspond également ici au niveau de la mer. Le point Aest situé à la verticale du point O sur l'axe (Oz).

1. Indiquer la (ou les) action(s) exercée(s) sur le parachutiste et la (ou les) modéliser par une (ou des) force(s).
2. En déduire, en justifiant, les coordonnées théoriques du vecteur accélération $ax(t)$et $az(t)$et les expressions des coordonnées $v_x(t)$et $v_z(t)$du vecteur vitesse du centre de masse du système.

3. Montrer que les équations horaires du mouvement du parachutiste dans le repère (O,x,z) sont modélisées par :

$$\begin{cases} \mathbf{x(t) = v_a.t} \\ \mathbf{z(t) = -\frac{1}{2}g.t^2 + z_a} \end{cases}$$

avec t en seconde, v_A en mètre par seconde et $x(t)$, $z(t)$ et z_A en mètre.

4. Déterminer l'altitude théorique z_C à laquelle le parachutiste devrait ouvrir son parachute sachant que cette ouverture doit avoir lieu 10 s après le saut.

L'altimètre du moniteur indique z_B = 1,2 x 10^3 m lorsque l'élève ouvre son parachute.

5. Proposer au moins deux raisons pour expliquer la différence entre la valeur mesurée z_B et la valeur calculée z_C.

Si le parachute ne s'ouvre pas, la vitesse de chute peut atteindre 200km·h^{-1}. Un déclencheur de sécurité doit alors libérer le parachute de secours. Pour être pleinement fonctionnel, il doit respecter les deux conditions suivantes :

- Il doit entrer en action avant que l'altitude ne devienne inférieure à 320 m (condition sur l'altitude).
- Il doit permettre de passer de 200 km·h^{-1} à moins de 20 km·h^{-1} en 10 s (condition sur la vitesse).

Une fois le parachute de secours ouvert, les frottements dans l'air ne sont plus négligeables. Ils sont modélisés par une force, notée $\vec{f}$, de sens opposé au vecteur vitesseet de valeur proportionnelle au carré de la vitesse :

$$f = k\,v^2$$

k est appelé coefficient de frottement.

Cette modélisation des frottements a permis de tracer le graphique représentant l'évolution de la vitesse du centre de masse du système {parachutiste + équipement} (figure 2). Sur ce graphique, l'origine des dates correspond à l'ouverture du parachute de secours.
Dans la suite, le mouvement est considéré vertical depuis la date d'ouverture du parachute de secours jusqu'à la date d'arrivée sur le sol.

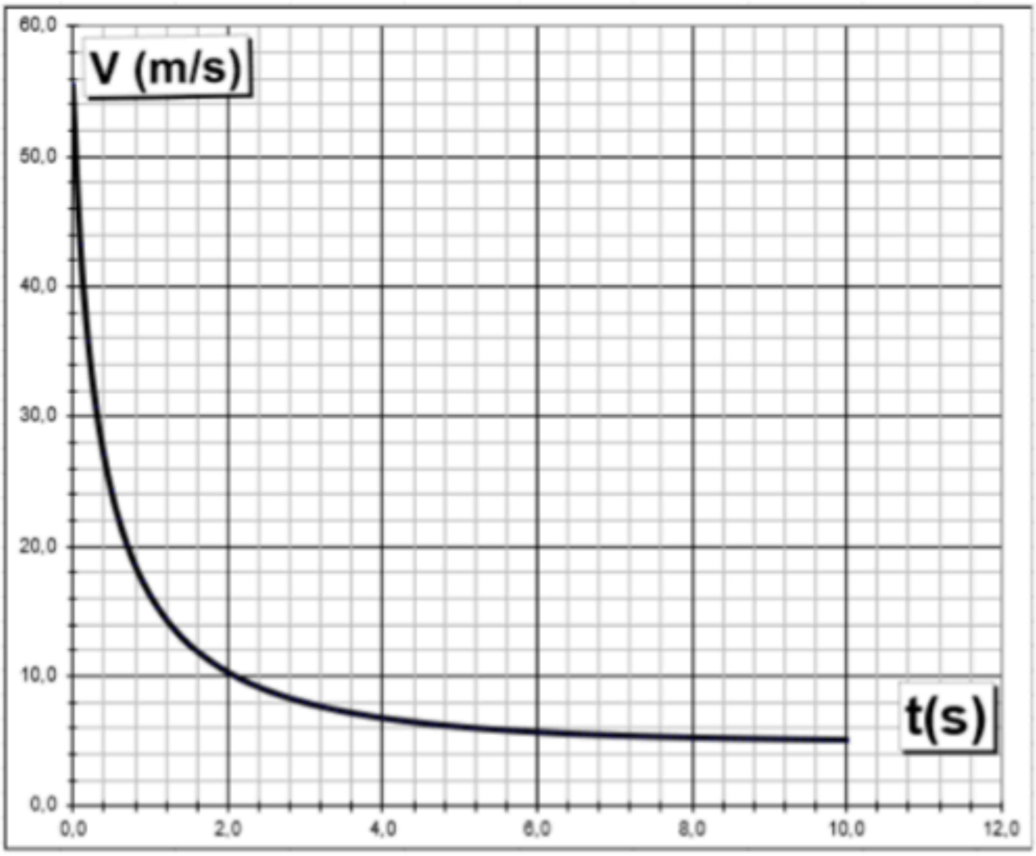


figure 2 : évolution de la valeur de la vitesse du système, dans le référentiel terrestre, après l'ouverture du parachute de secours

6. Montrer que la modélisation rend bien compte de la condition de fonctionnement du parachute de secours portant sur la vitesse.

On cherche à déterminer les caractéristiques du vecteur accélération 2 s après le déclenchement du parachute de secours. Pour cela, on doit d'abord retrouver la valeur du coefficient de frottement k utilisée dans cette modélisation.

7. Écrire la relation entre le vecteur accélération $\vec{a}$ du système, et les forces modélisant les actions s'exerçant sur le système.

Après la date t=9s, on peut considérer que la vitesse prend une valeur constante v_f.

8. Écrire, à partir de cette date, la relation entre les valeurs des forces et en déduire l'expression du coefficient de frottement k en fonction de m, g et v_f.

9. En déduire la valeur du coefficient de frottement k choisi pour la modélisation. Préciser l'unité de k.

10. Donner les caractéristiques (sens, direction et valeur) du vecteur accélération du système à la date t = 2 s. Commenter

<u>**Exercice 4 (type bac) : Un peu de balistique**</u>

.Ce type de pistolet était très utilisé car, en plus de lancer des fusées éclairantes, il pouvait servir de moyen de communication. En effet, à l'époque très peu de moyens étaient mis à disposition des troupes : les ondes hertziennes étaient très peu utilisées et c'étaient des kilomètres de câbles téléphoniques qui devaient être déroulés pour permettre la transmission de messages divers et variés.
Ainsi les pistolets signaleurs se sont avérés très utiles.

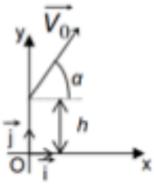
Durée de visibilité de la fusée

Sur la notice des fusées éclairantes que l'on peut utiliser dans ce type de pistolet, on trouve les informations suivantes :

> Cartouche qui lance une fusée éclairante s'allumant 1,0 seconde après son départ du pistolet et éclaire d'une façon intense pendant 6 secondes environ.
> Masse de la fusée éclairante : m_f = 58 g.

On se place dans le référentiel terrestre supposé galiléen.
Le champ de pesanteur terrestre est considéré uniforme, de valeur g = 9,8 m.s^{-2}.
On négligera toutes les actions dues à l'air ainsi que la perte de masse de la fusée pendant qu'elle brille et on considèrera cette dernière comme un objet ponctuel.

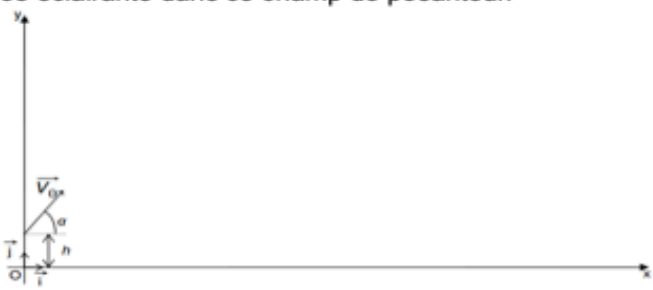
On définit un repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) avec O au niveau du sol et tel que la position initiale de la fusée éclairante à la sortie du pistolet soit à une hauteur h = 1,8 m. Le vecteur vitesse initiale est dans le plan (O,x,y) ; Ox est horizontal et Oy est vertical et orienté vers le haut.



À l'instant t = 0 s, le vecteur vitesse de la fusée éclairante fait un angle α égal à 55 ° avec l'axe Ox et sa valeur est v_0 = 50 m.s^{-1}. On pourra se référer au schéma ci-contre.

1. Recopier le schéma suivant puis représenter le vecteur champ de pesanteur $\vec{g}$ et tracer qualitativement l'allure de la trajectoire suivie par la fusée éclairante dans ce champ de pesanteur.

Figure 1 : Trajectoire de la fusée éclairante



2. En utilisant une loi de Newton que l'on énoncera, déterminer les coordonnées du vecteur accélération de la fusée éclairante : a_x(t) suivant x et a_y(t) suivant y.
3. En déduire les expressions des coordonnées v_x(t)et v_y(t) du vecteur vitesse de la fusée éclairante et montrer que les équations horaires du mouvement de la fusée s'écrivent x(t) = v_0.cos(α).t et $y(t) = \frac{-g}{2}t^2 + V_0.\sin(\alpha).t + h$ avec t en seconde, v_0 en mètre par seconde et x(t), y(t) et h en mètre.

4. Déterminer la valeur de la durée du vol de la fusée éclairante.

On rappelle qu'une équation du second degré de la forme ax^2+ bx + c = 0 admet deux solutions $x_1 = \frac{-b-\sqrt{\Delta}}{2a}$ et $x_2 = \frac{-b+\sqrt{\Delta}}{2a}$ si Δ = b² – 4a.c est positif.

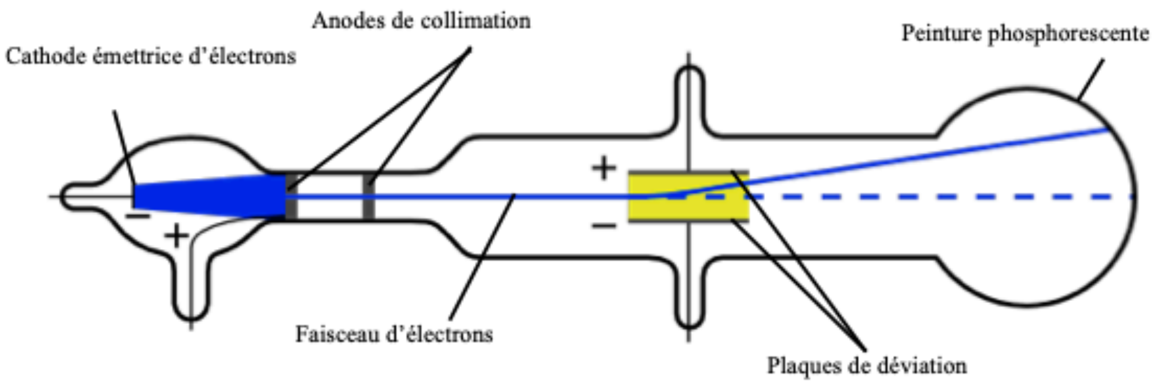
5. Calculer l'altitude à partir de laquelle la fusée commence à éclairer puis l'altitude à laquelle elle s'arrête. Ces valeurs paraissent-elles adaptées au but recherché ?

Exercice 5 (type bac) : Détermination du rapport e/m d'un électron.

Document 1 : La deuxième expérience de Thomson

Le physicien anglais Joseph John Thomson utilisa un tube à vide, dans lequel une cathode émet des électrons. Ceux-ci sont accélérés dans un champ électrostatique créé par des anodes de collimation. À la sortie de ces anodes, les électrons forment un faisceau très étroit. Ce faisceau passe ensuite entre deux plaques métalliques de charges opposées. Les électrons, soumis à un nouveau champ électrostatique, sont alors déviés de leur trajectoire et viennent frapper un écran constitué d'une couche de peinture phosphorescente.

Tube utilisé par Thomson pour montrer la déviation de particules chargées par un champ électrostatique :



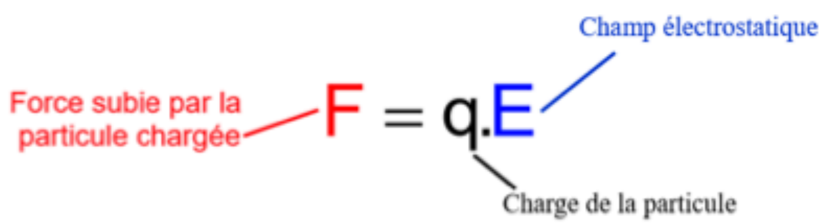
Document 2 : Création d'un champ électrostatique

Deux plaques métalliques horizontales portant des charges opposées possèdent entre elles un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ caractérisé par :

- sa direction : perpendiculaire aux plaques
- son sens : de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement.

Joseph John Thomson (1856 -1940), physicien anglais

Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans champ électrique $\vec{E}$



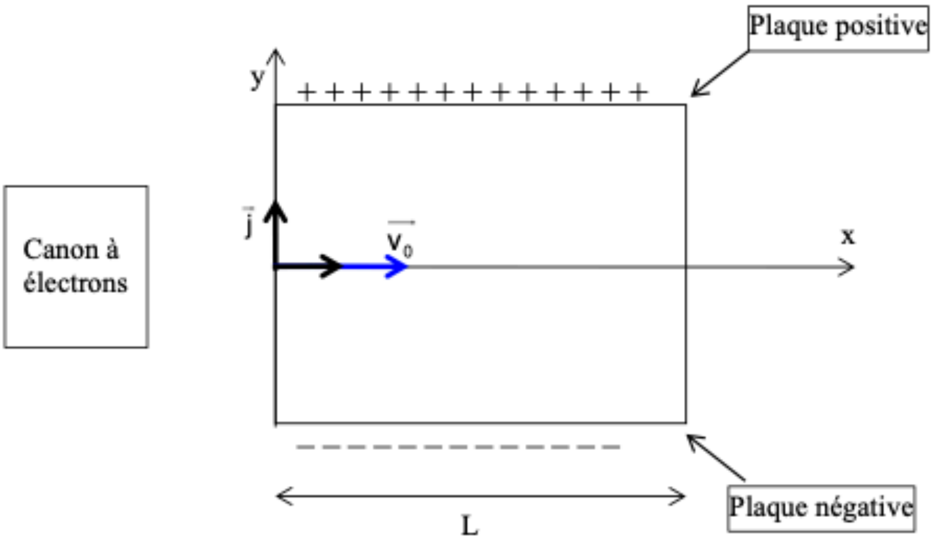
Pour un électron : q = - e ; e étant la charge élémentaire.

Document 4 : Interactions entre particules chargées

Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

<u>**Document 5**</u> **: Expérience de laboratoire ; détermination du rapport e/m pour l'électron**

Le montage ci-dessous reprend le principe de la deuxième expérience de Thomson. Il comporte un tube à vide dans lequel un faisceau d'électrons est dévié entre deux plaques de charges opposées. On mesure la déviation verticale du faisceau d'électrons lors de la traversée des plaques sur une longueur L, afin de déterminer la valeur du rapport e/m.



<u>**Données de l'expérience :**</u>

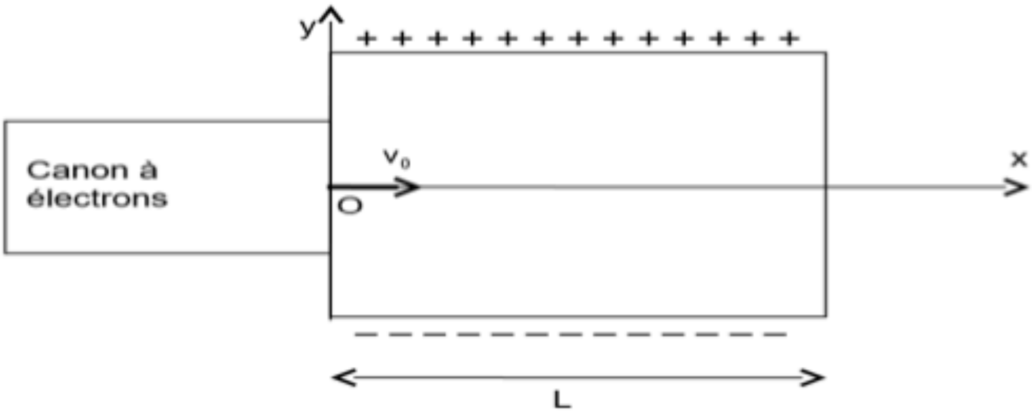
Les électrons sortent du canon à électrons avec une vitesse $v_0 = 2{,}27 \times 10^7$ m.s^{-1}.
Le faisceau d'électrons passe entre les deux plaques chargées et est dévié d'une hauteur h quand il sort des plaques.
L'intensité du champ électrostatique entre les deux plaques est : E = 15,0 kV.m^{-1}.
La longueur des plaques est : L = 8,50 cm.

On fait l'hypothèse que le poids des électrons est négligeable par rapport à la force électrostatique $\vec{F}$.

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

1.1. À l'aide du **document 2**, recopier et représenter sur le schéma suivant vecteur correspondant au champ électrostatique $\vec{E}$. On prendra l'échelle suivante : 1,0 cm pour 5,0 kV.m^{-1}.

L'intensité du champ électrique entre les deux plaques est E = 15,0 kV.m⁻¹.



1.2. *J.J. Thomson a observé une déviation du faisceau d'électrons vers la plaque métallique chargée positivement (**voir document 1**).*
Expliquer comment J.J. Thomson en a déduit que les électrons sont chargés négativement.

1.3. À l'aide du **document 3**, donner la relation entre la force électrostatique $\vec{F}$ subie par un électron, la charge élémentaire e et le champ électrostatique $\vec{E}$. Montrer que le sens de déviation du faisceau d'électrons est cohérent avec le sens de $\vec{F}$.

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron.

2.1. En appliquant la deuxième loi de Newton à l'électron, montrer que les relations donnant les coordonnées de son vecteur accélération sont : $a_x = 0$ et $a_y = \frac{eE}{m}$

2.2. Montrez que l'équation de la trajectoire s'écrit :

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

À la sortie des plaques, en x = L, la déviation verticale du faisceau d'électrons par rapport à l'axe (Ox) a une valeur h = 1,85 cm.

2.3. En déduire l'expression du rapport $\frac{e}{m}$ en fonction de E, L, h et v_0.

2.4. Donner la valeur du rapport $\frac{e}{m}$.

2.5. *On donne ci-dessous les valeurs des grandeurs utilisées, avec les incertitudes associées :*
$v_0 = (2,27 \pm 0,02) \times 10^7$ m.s⁻¹ ;
$E = (15,0 \pm 0,1)$ kV.m⁻¹ ;
$L = (8,50 \pm 0,05)$ cm ;
$h = (1,85 \pm 0,05)$ cm ;

L'incertitude du rapport $\frac{e}{m}$, notée $U(\frac{e}{m})$, s'exprime par la formule suivante :

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

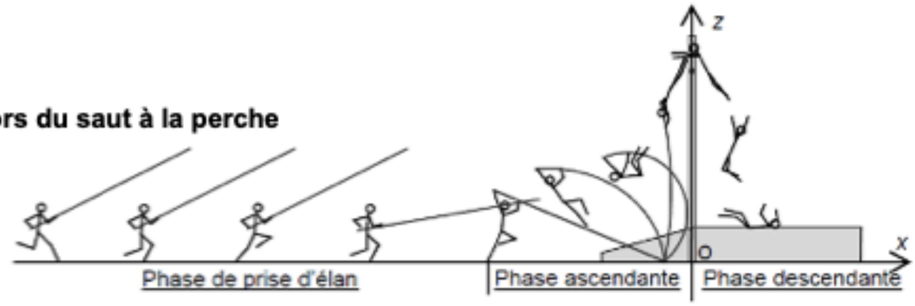
Calculer l'incertitude $U(\frac{e}{m})$,, puis exprimer le résultat de $\frac{e}{m}$, avec cette incertitude.

Exercice 6 (type bac) : Saut à la perche.

Le saut à la perche fait partie des épreuves olympiques depuis les premiers jeux olympiques modernes de 1896. Dans cette discipline, l'amélioration des records a souvent été liée à l'évolution du matériel. C'est en particulier avec l'apparition, dans les années 1960, des perches en fibre de verre que l'on a pu franchir la barre des 5 mètres, puis des 6 mètres. Ces perches en fibre de verre, que l'on utilise encore aujourd'hui, sont très flexibles. Cela leur permet, comme pour un ressort, d'emmagasiner de l'énergie lorsqu'elles sont déformées et de la restituer lorsqu'elles reprennent leur forme initiale.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le mouvement d'un perchiste au cours des différentes phases de son saut : phase de prise d'élan, phase ascendante et phase descendante.

Figure 1 : Différentes phases lors du saut à la perche



Données :

- masse du perchiste : m = 70 kg ;
- intensité du champ de pesanteur : g = 9,8 m.s^{-2} ;
- hauteur du tapis de réception : h = 0,70 m ;
- hauteur du saut : H = 5,4 m.

1. Prise d'élan

La prise d'élan se fait sur une distance d'environ 40 m. Pour le perchiste, l'objectif est de parvenir avec une vitesse maximale au moment de l'impulsion (début de la phase ascendante). Si le perchiste atteint trop rapidement sa vitesse maximale, il s'épuise et risque d'arriver au moment de l'impulsion avec une vitesse trop faible. Il doit donc gérer son effort. Pour cela, ce n'est que dans les derniers mètres, lorsqu'il approche du sautoir, qu'il rythme davantage sa course pour atteindre sa vitesse maximale.

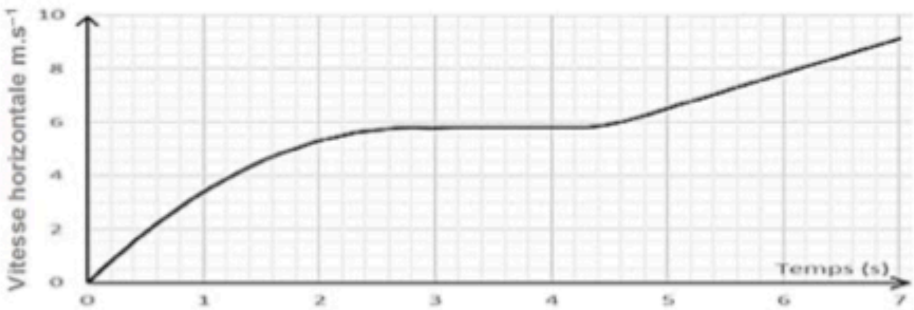


Figure 2 : Vitesse horizontale (selon l'axe (Ox)) du perchiste au cours du temps lors de la phase d'élan

1.1. Entre 3,0 s et 4,0 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.
1.2. Entre 5,5 s et 6,5 s, estimer la valeur de l'accélération du perchiste.
1.3. Entre 5,5 s et 6,5 s, comment peut-on qualifier le mouvement du perchiste ? Justifier votre réponse.

2. Phase ascendante

La phase ascendante est composée de trois étapes :

- Étape 1 : la flexion de la perche (la perche emmagasine de l'énergie en se déformant) ;

- Étape 2 : la déflexion de la perche (la perche restitue son énergie en reprenant sa forme initiale) ;
- Étape 3 : la « chute libre » ascendante.

La figure 3 montre l'évolution des différentes formes d'énergie du perchiste au cours de cette phase.

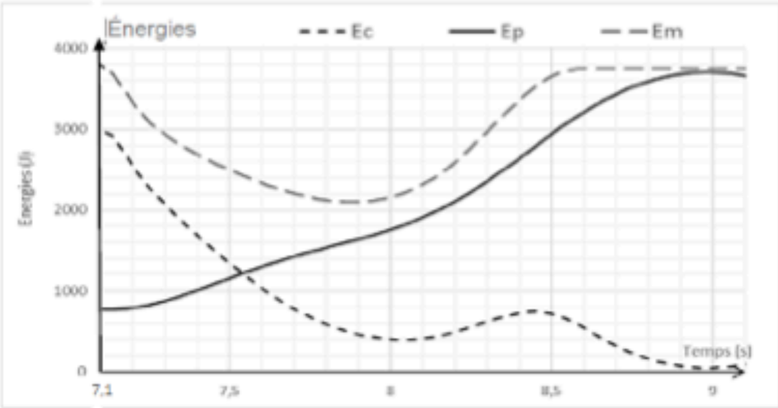
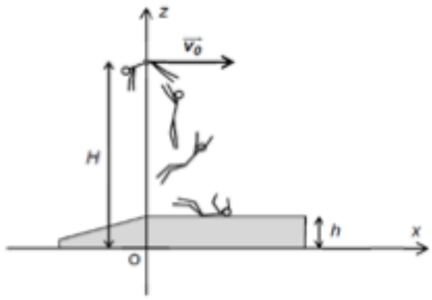


Figure 3 : Énergie mécanique Em, énergie cinétique Ec et énergie potentielle de pesanteur Ep du perchiste au cours du temps lors de la phase ascendante

2.1. Déterminer, à partir des courbes d'énergies, la valeur de la vitesse à l'instant t_1 = 7,1 s et vérifier si cette valeur est cohérente avec celle de la vitesse à la fin de la course d'élan.
Pour simplifier l'étude on assimile le perchiste à un point matériel dans toute la suite du problème.
2.2. Déterminer, à partir des courbes, la valeur de la hauteur H du saut (distance entre le sol et la position la plus haute du perchiste) et comparer avec la valeur proposée dans les données.
2.3. Identifier, sur la figure 3, les différentes étapes de la phase ascendante, en indiquant pour chaque étape l'instant du début et de la fin de l'étape.
2.4. Comparer les énergies mécaniques du perchiste aux instants t_1 = 7,1 s et t_2 = 9 s. Interpréter.
2.5. Comment évoluerait la performance du perchiste si sa vitesse à l'instant t_1 était plus élevée ?

3. Phase descendante

La phase descendante est très spectaculaire. Elle correspond à une chute libre de plusieurs mètres.
On admet, qu'au début de la phase descendante, le vecteur vitesse $\overrightarrow{v_0}$du perchiste est horizontal et que sa valeur est v_0 = 1,1 m.s^{-1}.



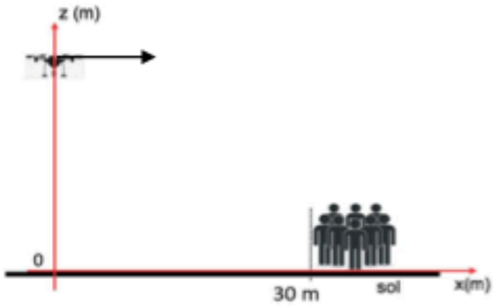
3.1. Énoncer la seconde loi de Newton.
3.2. En appliquant la seconde loi de Newton, montrer que les composantes du vecteur accélération $\overrightarrow{a_G}$du perchiste sont : a_x = 0 et a_z = – g.
3.3. En prenant le début de la phase descendante comme origine des temps (t = 0 s) et en se plaçant dans le repère (Oxz), montrer que les équations horaires du mouvement du perchiste s'écrivent :

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

3.4. Quelle est la durée de la phase descendante ? Commenter le résultat.
frappe le sol. Calculer cette vitesse.

Exercice 7 (type bac) : Panne d'un drone en plein vol

Depuis quelques années, les spectacles de drones remplacent peu à peu les feux d'artifice classiques. Lors d'une représentation, un drone est en mouvement rectiligne uniforme à l'altitude constante $h = 100$ m. Celui-ci se déplace alors à la vitesse maximale autorisée dans ce contexte. On note $\overrightarrow{v_0} = v_0\,\overrightarrow{u_x}$ la vitesse du drone.
À l'instant $t = 0$ s, à la suite d'un problème technique, les moteurs s'arrêtent alors que le drone vole en direction du public.
On considère alors que le drone est en chute libre. La situation est modélisée au moyen du schéma et du graphique ci-dessous.



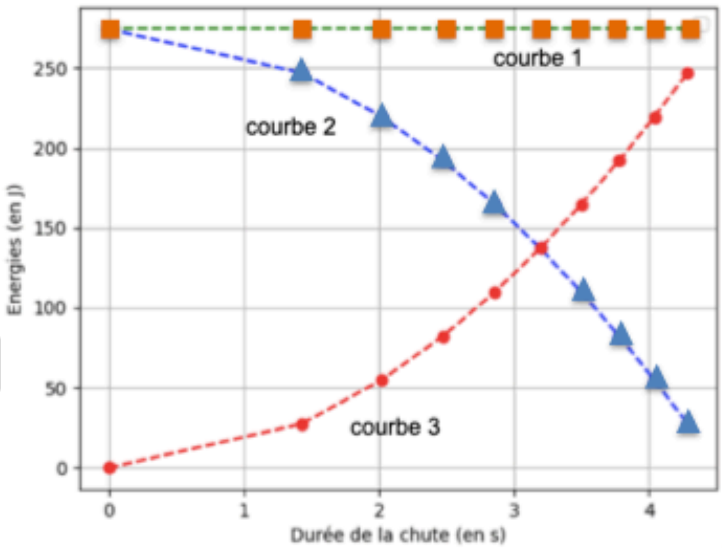
L'exercice porte sur l'étude du mouvement du drone.

Caractéristiques du drone

Type	Quadricoptère avec hélices couvertes
Taille	384 mm × 384 mm × 93 mm
Poids maximal au décollage	280 g
Temps de vol	jusqu'à 20 minutes
Vitesse maximale	3,0 m·s^{-1}

Simulation de l'évolution temporelle de différentes énergies associées au drone dans le cadre du modèle de la chute libre

Document 1 →



Donnée :
Accélération du champ de pesanteur terrestre :
$g = 9{,}81\ \mathrm{m\cdot s^{-2}}$.

1. Définir le modèle de la « chute libre ».
2. Établir la direction et le sens du vecteur accélération $\vec{a}$ du drone au cours de sa chute.
3. Établir les équations horaires du mouvement du drone lors de la chute.
4. Montrer que la position horizontale x_P du point d'impact P avec le sol a pour expression : $x_P = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$. Calculer la valeur de x_P et commenter ce résultat.
5. Déterminer l'altitude minimale au-delà de laquelle le drone pourrait atteindre le public, celui-ci étant toujours placé à 30 mètres de la verticale du drone à $t = 0$. Commenter.

On cherche désormais à étudier la vitesse de chute.

6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique appliqué au drone entre l'instant où les moteurs s'arrêtent et le moment où il va toucher le sol, déterminer l'expression de sa vitesse v_P au moment de l'impact en fonction de v_0, g et h.
7. Associer chaque courbe du document « évolution temporelle des différentes énergies associées au drone » au type d'énergie correspondant. Justifier.

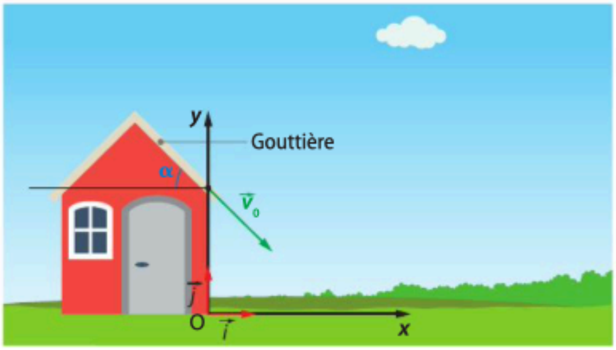
Les courbes sont des simulations établies dans le cadre du modèle de la chute libre : elles ne rendent pas compte des mesures effectuées.

8. Déterminer le phénomène qui n'a pas été pris en compte pour ces simulations.
9. Dans le cas réel, tracer sur le document 1 en la courbe modifiée représentant l'évolution de l'énergie mécanique en fonction du temps. Même question pour la courbe représentant l'énergie cinétique.

Préparation à l'ECE

Dispositif expérimental

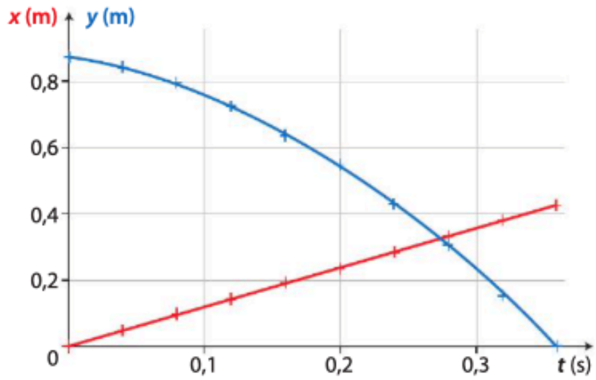
On étudie, dans un référentiel terrestre supposé galiléen, le mouvement d'une balle de masse $m = 50$ g assimilée à son centre de masse G, lâchée de la gouttière d'une cabane de jardin dont la direction fait un angle α avec l'horizontale. Lorsqu'elle quitte la gouttière à la date $t = 0$ s, la balle a une vitesse initiale $\vec{v}_0$. Le repère d'étude $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ sera choisi comme indiqué sur la figure ci-dessous.
On suppose que l'action de l'air est négligeable.
On enregistre une vidéo de la chute de la balle.

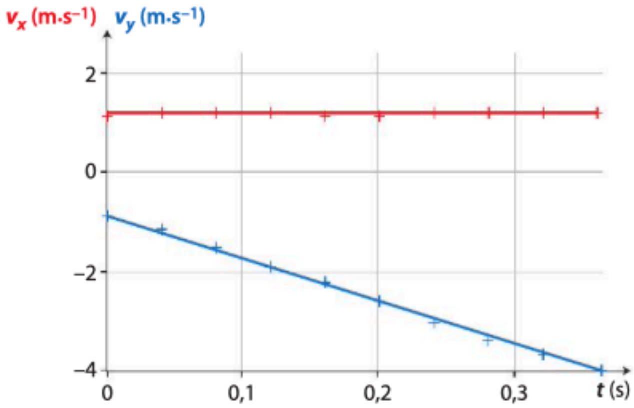


Travail à effectuer

1. ANA-RAIS En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées cartésiennes des vecteurs accélération, vitesse et position de la balle à chaque instant.

2. APP · ANA-RAIS Proposer un traitement informatique, à partir de la vidéo, permettant d'obtenir les courbes ci-après.





3. ANA-RAIS · RÉA Déduire de ces courbes :
– la hauteur h de départ ;
– la valeur v_0 de la vitesse initiale ;
– l'angle α.

Faire le DS de l'année N-1

Se mettre en situation durant 1h et faire le DS type de l'année N-1 si disponible en ligne. Comparer sa copie avec la correction.

Préparer la pochette de révisions

Elle doit contenir le livret « Parcours d'exercices et l'ensemble des exercices faits dans le chapitre, les fiches de révisions réalisées.

Après mes révisions, je me sens dans l'état d'esprit suivant pour aborder le devoir surveillé :