Nom:............................ Prénom:............................ Classe:.................... Date: ....

Angry birds en voyage sur la planète Tatoine

Objectifs	Classe
☐ *Utiliser des capteurs ou une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse d'un système dans un champ uniforme. Étudier l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique.* ☐ Représenter, à partir de données expérimentales variées, l'évolution des grandeurs énergétiques d'un système en mouvement dans un champ uniforme à l'aide d'un langage de programmation ou d'un tableur.	Terminale Spé **Durée** 2 h

Sur la paillasse

- Un ordinateur connecté à internet et avec *Tracker* et *Regressi*.
- La vidéo « AngryBird.avi », relative au mouvement de l'oiseau rouge, située à l'adresse ci-dessous. Sur cette vidéo, la hauteur des deux cubes bleus sur la droite est égale à 2,83 m.

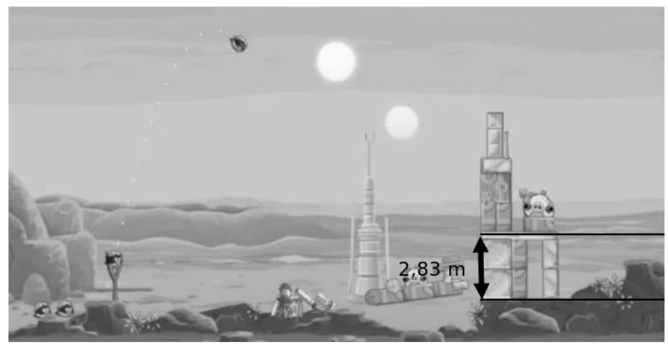


Figure 1: Échelle à prendre en compte durant le pointage.

Les créateurs de jeux vidéo possèdent en général une formation scientifique, ce qui leur permet d'utiliser les lois universelles de la physique pour rendre leurs jeux plus réalistes[1].
Le but de cette épreuve est de modéliser la « chute libre parabolique » d'un oiseau du jeu Angry Bird afin de déterminer l'intensité du champ de pesanteur de la planète Tatooine et de faire une étude énergétique de cette chute.

Document 1: L'oiseau rouge du jeu Angry Birds

Il existe plusieurs types d'oiseaux. Dans les premiers niveaux, l'oiseau de base, rouge, est le seul disponible. Au fur et à mesure, d'autres types d'oiseaux sont disponibles ; certains sont plus efficaces contre des matériaux spécifiques ou ont des capacités spéciales.
L'oiseau rouge a été créé à partir du cardinal rouge une espèce de passereaux d'Amérique du Nord.

Figure 2: Le cardinal rouge d'Amérique du Nord

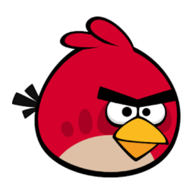


Figure 3: Le cardinal rouge du jeu *Angry Birds*

Les dégâts causés par l'oiseau rouge du jeu permettent d'estimer sa masse à cinquante grammes.
Sa forme particulièrement aérodynamique le rend peu sensible aux forces de frottement de l'atmosphère.

[1] D'après le travail du lycée Louis Armand.

Document 2: La planète Tatooine

« La plus célèbre planète de la saga Star Wars est sans aucun doute Tatooine, repère de brigands galactiques de tout poil sur lequel règne le fameux et puissant Jabba le Hutt. Vous avez sûrement remarqué que cette planète a pour particularité de posséder deux soleils. Force est de constater que cette propriété n'est pas si improbable qu'on pourrait l'imaginer : les étoiles doubles sont en effet légion dans notre Galaxie, les deux tiers des étoiles visibles à l'œil nu faisant partie d'un système double ou multiple. »

D'après Roland Lehoucq « Faire des sciences avec Star Wars » éditions Le Bélial

Il règne sur la planète Tatooine un champ de pesanteur dont l'intensité est proche de celle du champ de pesanteur terrestre. Son atmosphère est respirable.

Document 3: Modélisation de la chute libre parabolique

« Chute libre » : Un objet en mouvement de « chute libre » n'est soumis qu'à la force d'attraction gravitationnelle, ainsi son énergie mécanique se conserve.

Un repère (O, x, y) est placé au centre de masse G du système à l'instant $t = 0\,\text{s}$. Cet instant correspond au début de la chute libre parabolique.

La vitesse initiale du système est notée v_0 et le vecteur vitesse correspondant $\vec{v}_0$ fait un angle θ ($0° < \theta < 90°$) par rapport à l'axe horizontal (O, x).

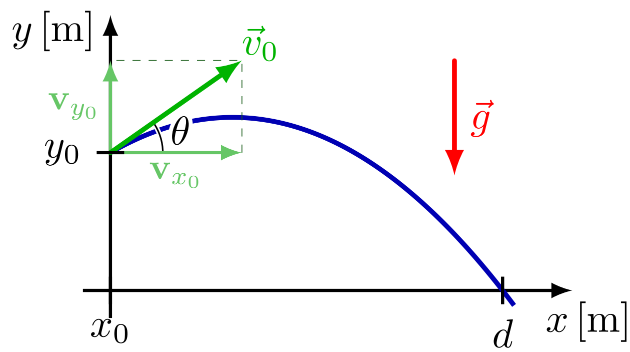


Figure 4: Définition du problème de la chute libre

Vecteur vitesse: Les coordonnées $\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix}$ du vecteur vitesse se calculent en dérivant les coordonnées du vecteur $\overrightarrow{OM} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ du centre de masse du système par rapport au temps: $\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\mathrm{d}x}{\mathrm{d}t} \\ \frac{\mathrm{d}y}{\mathrm{d}t} \end{pmatrix}$. La norme $||\vec{v}||$ du vecteur vitesse se calcule grâce au théorème de Pythagore: $||\vec{v}|| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$.

Question 1: **Équations horaires du mouvement (20 minutes conseillées)**

Montrer, à l'aide de la deuxième loi de Newton, que la vitesse verticale de l'oiseau peut s'exprimer comme $v_y(t) = v_{y_0} - gt$ puis que l'altitude de l'oiseau $y(t) = y_0 + v_{y_0} t - \frac{1}{2} g t^2$. Donner l'expression de v_{y_0} et v_{x_0} en fonction de l'angle θ et de v_0.

Solution: D'après le principe fondamental de la dynamique:

$$\begin{aligned} \sum \vec{F}_{\text{extérieures}} &= m\vec{a} \\ \vec{P} &= m\vec{a} \\ \cancel{m}\,\vec{g} &= \cancel{m}\,\vec{a} \end{aligned}$$

donc comme $\overrightarrow{g}(0;-g)$ alors:

$$\overrightarrow{a} = \begin{cases} a_x = 0 & \text{non demandé ici} \\ a_y = -g & \text{(le mouvement est uniformément accéléré selon l'axe } (Oy)) \end{cases}$$

On sait que $\overrightarrow{a} = \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{v}}{\mathrm{d}t}$. Pour obtenir $\overrightarrow{v}$, il faut intégrer le vecteur accélération par rapport au temps:

$$\overrightarrow{v} = \begin{cases} v_x = K_1 \\ v_y = -gt + K_2 \end{cases}$$

Pour déterminer les constantes d'intégrations K_1 et K_2, on utilise les conditions initiales de vitesse: à $t = 0$, on a $\overrightarrow{v}(t=0) = \overrightarrow{v_0}$. Ce qui nous permet de trouver K_1 et K_2 tels que

$$\overrightarrow{v} = \begin{cases} v_x = v_{x_0} & \text{Non demandé ici} \\ v_y = -gt + v_{y_0} \end{cases}$$

On sait que $\overrightarrow{v} = \frac{\mathrm{d}\overrightarrow{OM}}{\mathrm{d}t}$. En intégrant le vecteur vitesse par rapport au temps, on obtient:

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} x = v_{x_0} \cdot t + K_3 & \text{Non demandé ici} \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{y_0} \cdot t + K_4 \end{cases}$$

On utilise les conditions initiales de position : à $t = 0$, $\overrightarrow{OM}(t=0) = (x_0; y_0)$ donc **les équations horaires du mouvement** sont:

$$\overrightarrow{OM} = \begin{cases} x = v_{x_0} \cdot t + x_0 & \text{Non demandé ici} \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_{y_0} \cdot t + y_0 \end{cases}$$

Par projection, on a également $v_{y_0} = v_0 \sin(\theta)$ et $v_{x_0} = v_0 \cos(\theta)$.

Question 2: **Sélection de la séquence vidéo à exploiter (10 minutes conseillées)**

À l'aide du logiciel de pointage vidéo "Tracker", visualiser la vidéo « AngryBird.avi » à télécharger grâce au lien qrcode. **Aucun pointage n'est demandé pour le moment.**

Indiquer les numéros des images entre lesquelles l'oiseau est en mouvement de « chute libre ». Justifier brièvement.

Solution: L'oiseau est en mouvement de chute libre entre les images 4 (au moment ou le lance-pierre cesse d'être au contact de l'oiseau) et 93 (l'image juste avant l'impact sur le sol). Entre ces moments, la seule force s'exerçant sur l'oiseau est son poids.

Question 3: **Modélisation du mouvement parabolique de l'oiseau (30 minutes conseillées)**

(a) Proposer un protocole expérimental utilisant les logiciels mis à disposition pour obtenir l'équation horaire $y(t) = y_0 + v_{y_0}t - \frac{1}{2}gt^2$ et de sa vitesse verticale $v_y(t) = v_{y_0} - gt$.

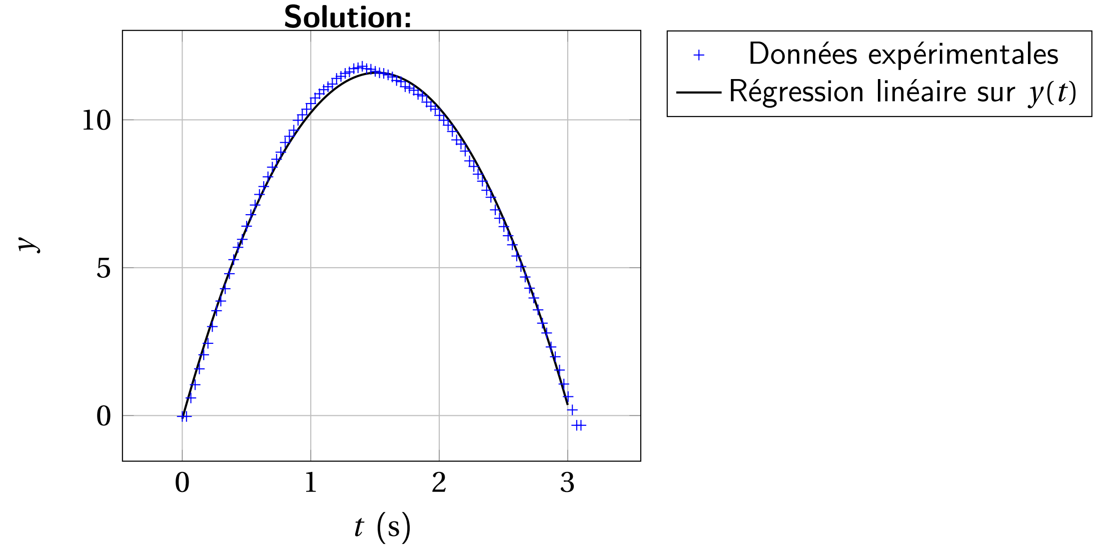
Solution:

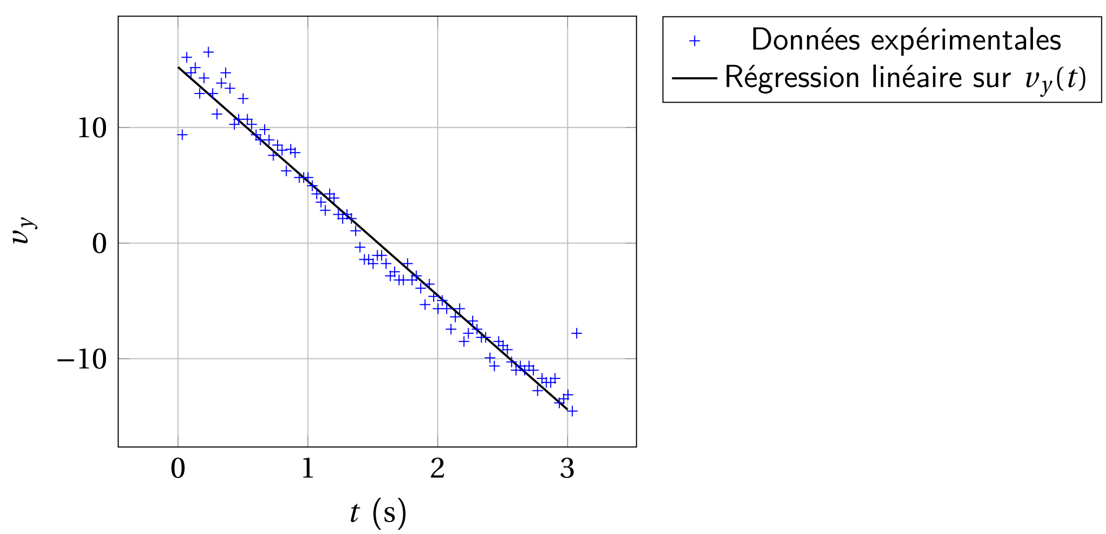
- Réaliser le pointage de l'oiseau en prenant soin de régler l'origine des axes au niveau du lance-pierre, et en réglant l'échelle grâce aux deux boites bleues.
- Copier coller les valeurs de la vitesse en y dans *Regressi*, ainsi que celles de la position y.
- Afficher les graphiques $v_y = f(t)$ et $y = f(t)$.
- Dans "modélisation", entrer les expressions $v_y = b - a * t$ et $y = d + c * t - 0.5 * g * t^2$. Puis cliquer sur "ajuster".

Appel 1	Décrire le protocole au professeur.

(b) Mettre en œuvre le protocole puis recopier ci-dessous les équations horaires numériques obtenues.

Solution:





$y(t) = -0{,}108 + 15{,}4 \times t - 5{,}10 \times t^2$ $\qquad$ $v_y(t) = -9{,}88 \times t + 15{,}2$

(c) En déduire la valeur de l'intensité du champ de pesanteur régnant sur la planète Tatooine.

Solution: On en déduit, comme $v_y(t) = -gt + v_{y_0} = -9{,}88 \times t + 15{,}2$ alors par identification on a $g = 9{,}88\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$. En utilisant l'équation de la position $y(t)$, on obtient finalement $g = 2 \times 5{,}10 = 10{,}2\,\mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

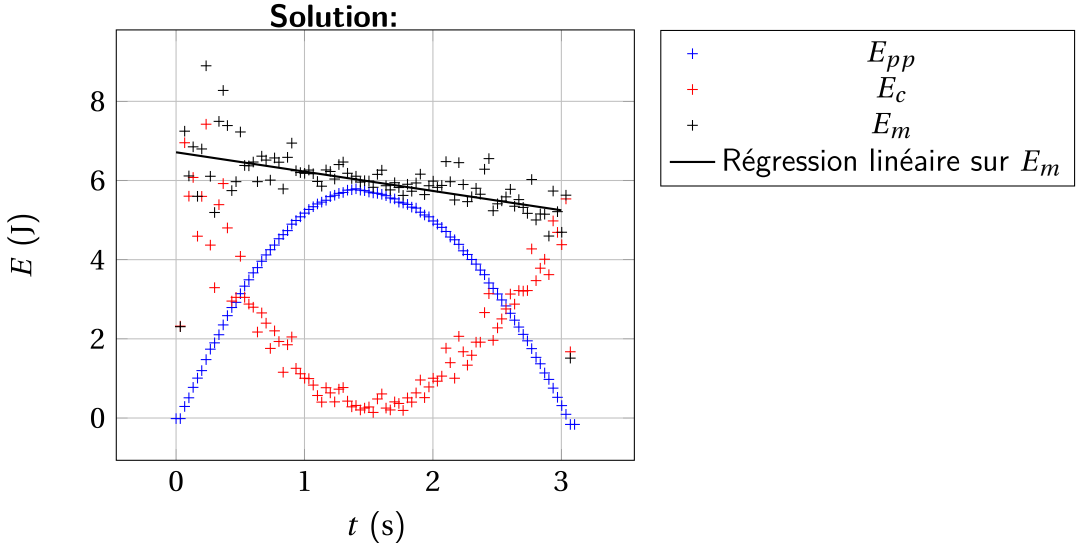
Question 4: **Étude énergétique du mouvement de l'oiseau (20 minutes conseillées)**

(a) Rappeler l'expression de l'énergie mécanique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie cinétique.

Solution: $E_m = E_c + E_{pp}$
$E_c = \frac{1}{2} m v^2$
$E_{pp} = mgy$

(b) Dans *Regressi*, calculer les énergies mécanique, cinétique et potentielle de pesanteur. Afficher sur un même graphique les trois énergies en fonction du temps.

Solution:



(c) Au regard de cette étude énergétique du mouvement de l'oiseau, peut-on négliger les forces de frottement de l'atmosphère de Tatooine ? Justifier.

Solution: L'énergie mécanique ne se conserve pas, donc des forces non conservatives s'appliquent sur l'oiseau: on ne peut donc pas négliger les forces de frottements.