TP 7 – Etude du mouvement d'une balle

Le programme officiel

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Vecteurs position, vitesse et accélération d'un point.	Définir le vecteur vitesse comme la dérivée du vecteur position par rapport au temps et le vecteur accélération comme la dérivée du vecteur vitesse par rapport au temps. Établir les coordonnées cartésiennes des vecteurs vitesse et accélération à partir des coordonnées du vecteur position et/ou du vecteur vitesse. *Réaliser et/ou exploiter une vidéo ou une chronophotographie pour déterminer les coordonnées du vecteur position en fonction du temps et en déduire les coordonnées approchées ou les représentations des vecteurs vitesse et accélération.* **Capacité numérique :** Représenter, à l'aide d'un langage de programmation, des vecteurs accélération d'un point lors d'un mouvement. **Capacité mathématique :** Dériver une fonction.
Mouvement dans un champ uniforme Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme. Aspects énergétiques.	Établir et exploiter les équations horaires du mouvement. Établir l'équation de la trajectoire. Exploiter la conservation de l'énergie mécanique ou le théorème de l'énergie cinétique dans le cas du mouvement dans un champ uniforme. 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. **Capacité numérique** : 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. **Capacités mathématiques** : Résoudre une équation différentielle, déterminer la primitive d'une fonction, utiliser la représentation paramétrique d'une courbe.

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
Analyser / Raisonner	- Choisir un modèle ou des lois pertinentes. - Faire des prévisions à l'aide d'un modèle. - Procéder à des analogies.
Réaliser	- Mettre en œuvre les étapes d'une démarche. - Utiliser un modèle. - Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en oeuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence. - Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

Capacités expérimentales

- Collecter des données sur un mouvement (vidéo, chronophotographie, etc.).

TP 7 – Etude du mouvement d'une balle

Matériels

Matériels bureau (pour 10 groupes) :

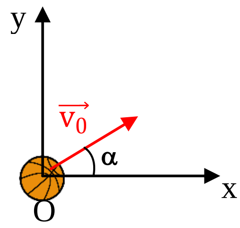
Matériels élèves :

- 1 PC avec Avimeca, Regressi, Edupython ;
- 1 vidéo : Chuteparabolique.avi (2881BelinChuteparabolique1.avi) ;
- 1 programme de base python de 2nde (2nde – chute parabolique avec vitesses.py).

TP 7 – Etude du mouvement d'une balle

1. Etude théorique

Le but de cette activité est de transposer la théorie sur un cas pratique et donc de valider cette théorie.
Pour ce faire, nous allons utiliser la partie 2.1.2 du cours (Chute libre avec vitesse initiale) et nous allons choisir l'origine du repère centré sur la balle dans sa position initiale.
Ainsi, les équations horaires théoriques sont :



$$\overrightarrow{a_G}\begin{cases}a_x(t) = 0\\ a_y(t) = -g\\ a_z(t) = 0\end{cases} \qquad \overrightarrow{v_G}\begin{cases}v_x(t) = v_0\cos(\alpha)\\ v_y(t) = -g\,t + v_0\sin(\alpha)\\ v_z(t) = 0\end{cases} \qquad \overrightarrow{OG}\begin{cases}x(t) = v_0\cos(\alpha)t\\ y(t) = -\frac{g}{2}t^2 + v_0\sin(\alpha)t\\ z(t) = 0\end{cases}$$

2. Etude pratique

2.1. Pointage vidéo

Ouvrir la vidéo.

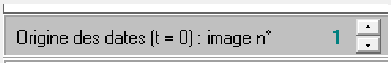
A l'aide d'Aviméca, ouvrir la vidéo : « **ChuteParabolique.avi** ».

Faire tous les réglages.

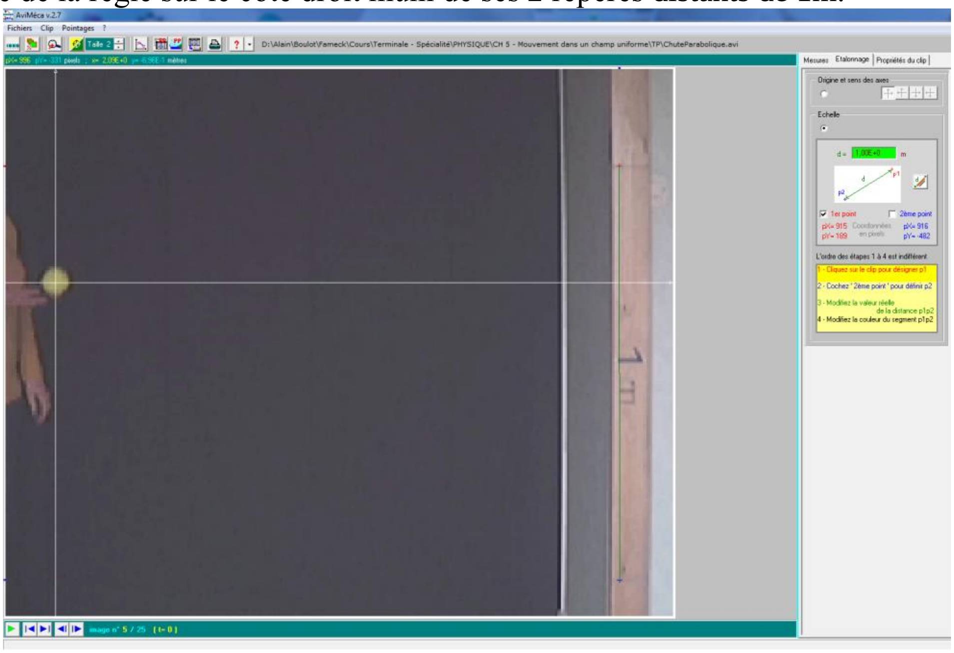
Adapter l'image à l'écran (Menu Clip/Adapter/OK).

Au bas de l'image utiliser la touche lecture (flèche verte) pour visualiser la vidéo en entier puis faire avancer image par image pour déterminer à quelle date la balle quitte la main.

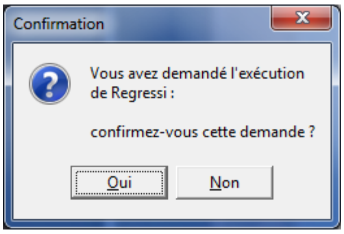
Définir alors l'origine des dates à partir de cette image.



Dans l'onglet « Etalonnage », placer le repère au centre de la balle et définir l'échelle à l'aide de la règle sur le côté droit muni de ses 2 repères distants de 1m.



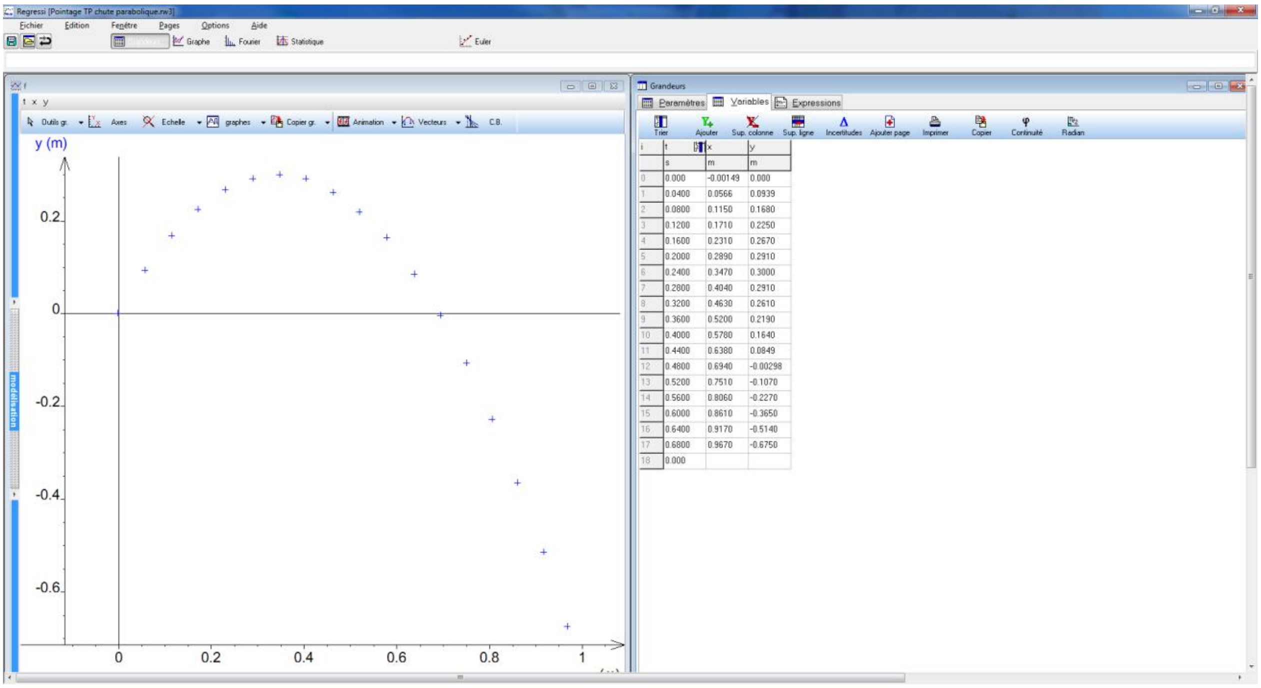
Retourner dans l’onglet « Mesures » puis pointer le centre de la balle pour chaque position. Vous devriez avoir 18 points.



Transférer les mesures dans Regressi grâce au menu « Fichiers/Regressi/Exécuter Regressi ».
Si le transfert échoue, enregistrer les mesures grâce au menu « Fichiers/Mesures/Enregistrer dans un fichier/Format regressi Windows ».

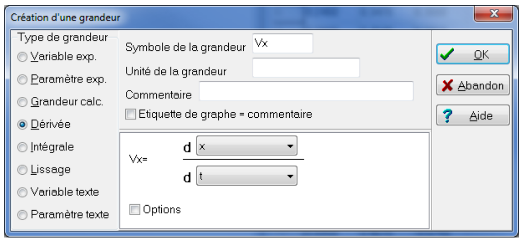
2.2. Variables

Si l’installation des logiciels est optimale, regressi s’est ouvert automatiquement en affichant les points correspondants à votre pointage.
Si ce n’est pas le cas, ouvrir Regressi puis ouvrir votre enregistrement grâce au menu « Fichier/Ouvrir ».



Ajouter des variables.

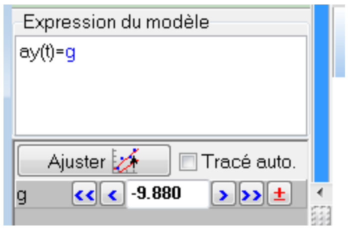
Grâce à l’icône  de la fenêtre Grandeurs, ajouter une nouvelle variable Vx pour la composante selon l’axe des x de la vitesse et qui est par définition la dérivée de x par rapport au temps.



Définir de façon similaire Vy, ax et ay.

2.3. Modélisation

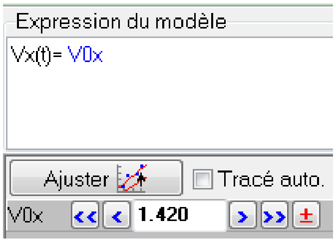
Dans la fenêtre Graphique nous allons utiliser l'outil de modélisation pour avoir les équations numériques qui correspondent aux équations horaires de l'étude théorique.



$a_y(t) = - g$

La théorie nous dit que a_y est une constante.

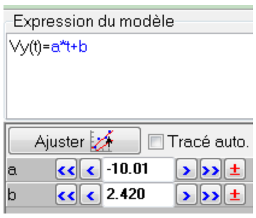
La modélisation nous donne : **$a_y(t) = - 9,880$**



$V_x(t) = V_0 \times \cos(\alpha)$

La théorie nous dit que v_x est une constante.

La modélisation nous donne : **$v_x(t) = 1,420$**



$V_y(t) = - g \times t + V_0 \times \sin(\alpha)$

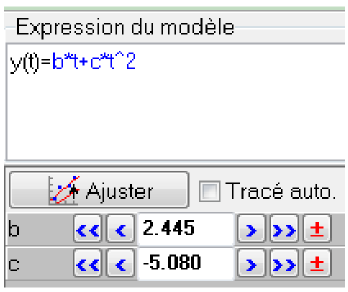
La théorie nous dit que v_y est une fonction affine.

La modélisation nous donne : **$v_y(t) = -10,01 \times t + 2,420$**

$x(t) = V_0 \times \cos(\alpha) \times t$

La théorie nous dit que x est une fonction linéaire.

La modélisation nous donne : **$x(t) = 1,438 \times t$**



$y(t) = - g/2 \times t^2 + V_0 \times \sin(\alpha) \times t$

La théorie nous dit que y est une fonction parabolique.

La modélisation nous donne : **$y(t) = -5,080 \times t^2 + 2.445$**

2.4. Validation

La validation consiste à faire le lien entre les équations théoriques et les équations numériques.
On constate déjà que lors de la modélisation, toutes les courbes expérimentales correspondent à la théorie.

Valeur de g.

g se retrouve dans $a_y(t)$, $V_y(t)$ et $y(t)$.

Par identification on trouve g = 9,880 g = 10.01 g = 10,16 (5,080×2)

Dans les trois cas on trouve une valeur de g très proche de la valeur théorique : 9,81 m.s^{-2}.

Valeur de α et de V_0.

α et V_0 se retrouvent dans $V_y(t)$, $V_y(t)$, x(t) et y(t).

Plusieurs choix sont possibles. Une méthode est d'utiliser Vx et Vy.

Par identification on a : $V_0 \cos(\alpha) = 1{,}420$ et $V_0 \sin(\alpha) = 2{,}420$

En faisant le rapport de V_y / V_x on a $\sin(\alpha) / \cos(\alpha) = 2{,}420 / 1{,}420$

d'où $\tan(\alpha) = 1{,}70$ donc **α ≈ 60°**

En plaçant un rapporteur sur l'écran d'Aviméca on peut facilement montrer que l'angle correspond.

Pour V_0 on peut alors utiliser α ou utiliser une autre formule de trigonométrie comme ceci :

Par identification on a : $V_0 \cos(\alpha) = 1{,}420$ et $V_0 \sin(\alpha) = 2{,}420$

D'où $(V_0 \cos(\alpha))^2 + (V_0 \sin(\alpha))^2 = (1{,}420)^2 + (2{,}420)^2$

$V_0^2 \times (\cos^2(\alpha) + \sin^2(\alpha)) = 7{,}87$

$V_0^2 \times (1) = 7{,}87$ donc $\mathbf{V_0 = 2{,}8\ m.s^{-1}}$.

En se plaçant à nouveau dans Aviméca, on peut retrouver cette vitesse puisque le premier point pointé après l'origine est situé à environ 11 cm de l'origine et qu'il s'est écoulé 0,040s.

L'étude théorique est donc bien validée par l'étude expérimentale.

3. Aspects énergétiques

3.1. Rappels théoriques

L'étude précédente valide la théorie d'une chute libre et dans ce cas l'énergie mécanique se conserve.

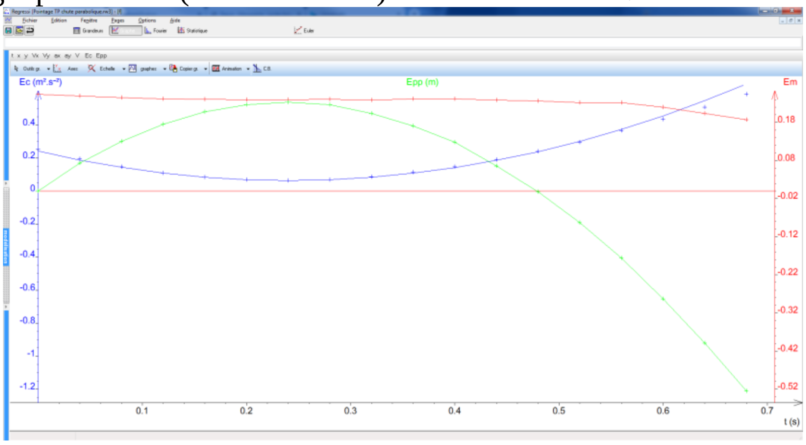
On a donc : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ $E_{pp} = m g y$ $E_m = E_c + E_{pp} =$ **constante**

3.2. Vérification expérimentale

A l'aide du fichier regressi précédent, ajouter Ec, Epp et Em. On rappelle que $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ et qu'en codage informatique la racine carré s'écrit sqrt( ).

Il faut également estimer la masse de la balle.

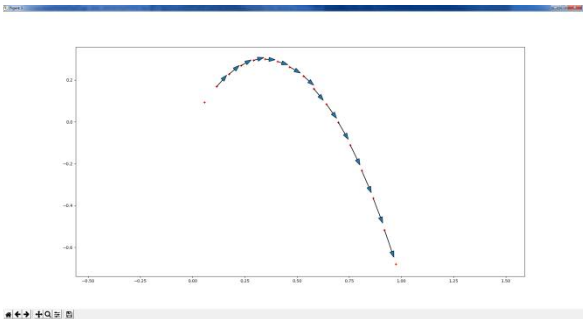
La représentation graphique des 3 énergies valide alors la théorie : il y a bien transfert d'énergie cinétique en énergie potentielle (et inversement) et Em ≈ constante.



4. Du côté de la programmation

3.1. Rappels de programmation

En seconde nous avons appris à réaliser un programme python pour tracer la trajectoire d'un point en mouvement ainsi que les vecteurs vitesse.



En première il fallait « utiliser un langage de programmation pour étudier la relation approchée entre la variation du vecteur vitesse d'un système modélisé par un point matériel entre deux instants voisins et la somme des forces appliquées sur celui-ci », ce qui était la 2ième loi de Newton un peu déguisée.

Maintenant, il nous faut tracer à l'aide d'un langage de programmation, les vecteurs accélération au cours du mouvement.

3.2. Programme de base

Charger le programme python : « 2nde – chute parabolique avec vitesses.py » dans Edupython puis l'exécuter.

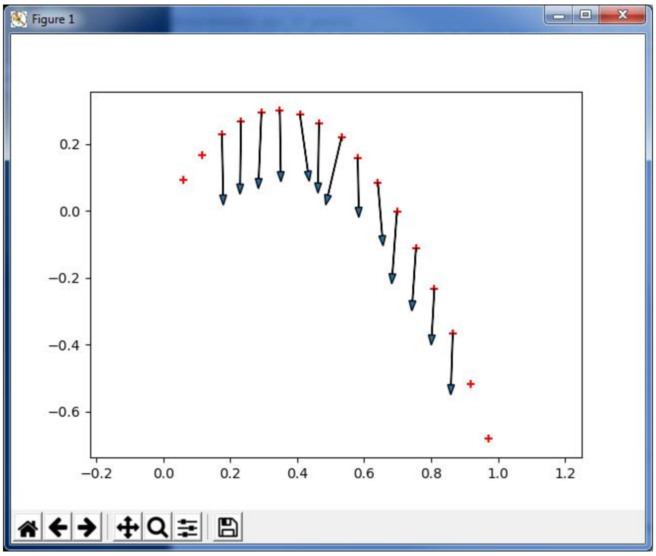
Changer les coordonnées x et y par les valeurs de votre pointage vidéo (lignes 4 et 5). **Attention à la différence entre les . qui correspondent à la virgule d'un nombre décimal et les , qui séparent différentes valeurs d'un tableau !**

En fonction du nombre de points que vous avez, adapter le nombre de valeurs pour les tableaux des vitesses (lignes 17 et 18) et la valeur de fin de boucle du calcul des vitesses (ligne 24).

Exécuter le programme.

3.3. Ajout des accélérations

Modifier le programme pour avoir les vecteurs accélérations au cours du mouvement et conclure.



Aide de résolution :

- définir ax et ay de la même manière que vx et vy et avec 1 valeur de moins
- calculer ax et ay de la même manière mais en commençant au point 2
- adapter l'échelle