Mouvement dans un champ de pesanteur uniforme

Le but de ce TP est de réaliser la chronophotographie d'une balle lancée dans le champ de pesanteur uniforme puis de vérifier l'accord entre les équations théoriques et expérimentales du mouvement de cette balle.

I- REALISATION DE LA CHRONOPHOTOGRAPHIE

💻 Ouvrir le logiciel AVIMECA ;

💻 Ouvrir le fichier « parabolique_nocompress » envoyé par mail ;

💻 Lire étape par étape la notice simplifiée d'utilisation du logiciel AVIMECA fournie en annexe pour réaliser la chronophotographie de la balle lancée dans cette vidéo ; <u>les informations ci-dessous devraient vous être utiles pour certaines étapes</u> :

On choisira un repère cartésien avec un axe (Ox) horizontal orienté vers la droite et un axe (Oy) vertical orienté vers le haut ;

L'origine du repère sera la $1^{ère}$ position de la balle visible à l'écran ;

L'origine des dates sera aussi l'image correspondant à la $1^{ère}$ position de la balle visible à l'écran ;

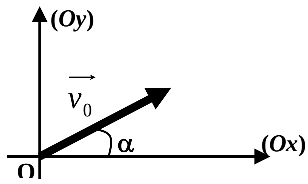
Appeler le professeur pour vérification !

💻 Transférer ces pointages sur le logiciel REGRESSI en suivant les instructions de la fiche d'utilisation du logiciel AVIMECA.

II- EXPLOITATION

1) Equations horaires $x = f(t)$ et $y = f(t)$:

Les pointages réalisés précédemment sur AVIMECA et transférés sur REGRESSI ont permis de répertorier pour différentes dates ***t*** les coordonnées ***x*** et ***y*** de la balle dans un repère cartésien d'origine O et d'axes (Ox) horizontal orienté vers la droite et (Oy) vertical ascendant, l'origine O du repère étant la position de la balle à l'instant de date t = 0.



Dans ce cas et en supposant le système en chute libre, on montre de manière théorique que les coordonnées ***x*** et ***y*** du centre d'inertie **G** du système vérifient les relations :

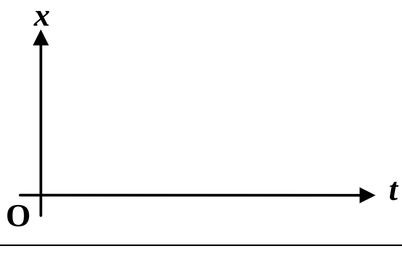
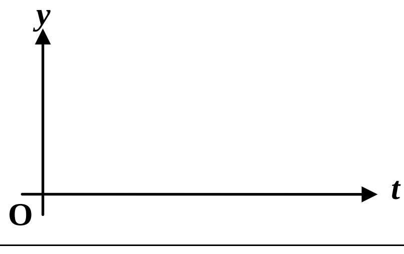
$$\begin{cases} x = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ y = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t \end{cases}$$

$\overrightarrow{v_0}$ est le vecteur vitesse du centre d'inertie à l'instant de date **t = 0** et **α** est son angle d'inclinaison par rapport à l'axe **(O*x*)**.

Intensité de la pesanteur terrestre (**g = 9,8 m.s⁻²**).

💻 *Faire apparaître séparément les courbes* $x = f(t)$ *et* $y = f(t)$ *en sélectionnant le graphique désiré dans l'onglet « Coord » de la fenêtre GRAPHES. Modéliser alors chacune de ces courbes en cliquant sur la bande bleue MODELISATION située à gauche de l'écran puis en choisissant un modèle adapté qu'il faudra ajuster.*

💻 *Reproduire alors l'allure des graphiques dans le tableau page ci-dessous puis noter l'expression du modèle et les coefficients de modélisation avec leur unité.*

	Courbe $x = f(t)$	**Courbe $y = f(t)$**
Allure du graphique		
Expression du modèle	*x* = ...	*y* = ...
Coefficients de la modélisation avec leurs unités **(Si un coefficient a une valeur négligeable, négligez-le !)**		

✍**1-** **a)** Quel type de modélisation avez-vous choisi sur REGRESSI pour modéliser « $x = f(t)$ » ? Est-ce en accord avec l'expression $x = v_0 \times \cos(\alpha) \times t$?

b) Par identification avec l'expression $x = v_0 \times \cos(\alpha) \times t$, exprimer chaque coefficient de modélisation (**a**, **b**, a_1, b_1 …) en fonction de v_0, α et **g**.

2- **a)** Quel type de modélisation avez-vous choisi sur REGRESSI pour modéliser « $y = f(t)$ » ? Est-ce en accord avec l'expression $y = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t$?

b) Par identification avec l'expression $y = -\frac{1}{2} g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t$, exprimer chaque coefficient de modélisation (**a**, **b**, a_1, b_1 …) en fonction de v_0, α et **g**.

3- En déduire lequel des coefficients de modélisation précédent permettra d'accéder à une valeur de « **g** » ; déterminer alors une valeur expérimentale pour « **g** ».

4- De même, indiquer lesquels des coefficients de modélisation précédents permettront d'accéder à une valeur de « v_0 » et de « α » ; déterminer alors une valeur expérimentale pour « v_0 » et pour « α ». On rappelle que **sin(α) / cos(α) = tan(α)** …

5- Utiliser le logiciel REGRESSI (curseur ''réticule'' dans l'onglet ''Outils'') pour déterminer graphiquement :

- L'altitude y_{MAX} la plus haute atteinte par la balle ;
- La date t_1 à laquelle la balle atteint cette altitude la plus haute ;
- La date t_2 pour laquelle la balle repasse par l'altitude $y = 0$.
- La portée D de la balle (distance horizontale séparant les deux points d'altitude $y = 0$).

Faire apparaître y_{max}, t_1, t_2 *et* **D** *sur les graphiques de la page précédente*

y_{max} = ; t_1 = ; t_2 = ; D =

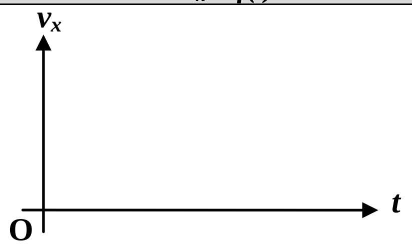
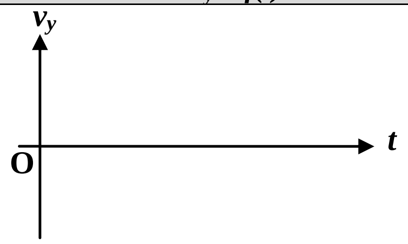
2) Equations horaires $v_x = f(t)$ et $v_y = f(t)$:

On note v_x et v_y les coordonnées du vecteur vitesse du centre d'inertie du système dans le même repère cartésien que précédemment. On rappelle qu'on peut obtenir celles-ci **<u>en DERIVANT les coordonnées x et y du vecteur position</u>** du centre d'inertie. On obtient ainsi de manière théorique :

$$\begin{cases} v_x = \frac{dx}{dt} = v_0 \times \cos(\alpha) \\ v_y = \frac{dy}{dt} = -g \times t + v_0 \times \sin(\alpha) \end{cases}$$

Le logiciel Regressi a la possibilité de réaliser cette opération mathématique avec l'onglet $\boxed{\text{Y+}}$ *dans la fenêtre GRANDEURS : créer* v_x *et* v_y *puis afficher successivement les représentations de* $v_x = f(t)$ *puis de* $v_y = f(t)$.

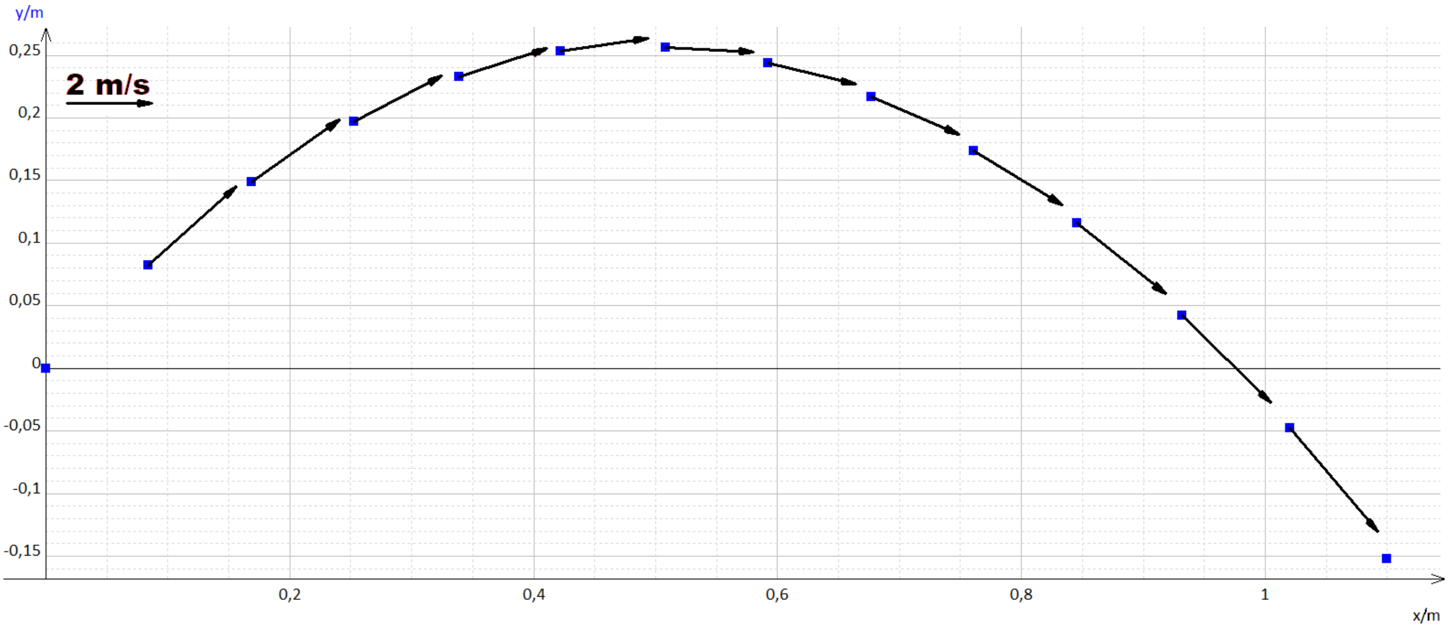
🖳 *Modéliser séparément chacune de ces courbes ; reproduire l'allure des graphiques dans le tableau ci-dessous puis noter l'expression du modèle et les coefficients de modélisation avec leur unité.*

	Courbe $v_x = f(t)$	**Courbe $v_y = f(t)$**
Allure du graphique		
Expression du modèle	v_x = ...	v_y = ...
Coefficients de la modélisation avec leurs unités **(Si un coefficient a une valeur négligeable, négligez-le !)**		

6- Quel type de modélisation avez-vous choisi sur REGRESSI pour modéliser « $v_x = f(t)$ » ? Est-ce en accord avec l'expression $v_x = v_0 \times \cos(\alpha)$?

7- Quel type de modélisation avez-vous choisi sur REGRESSI pour modéliser « $v_y = f(t)$ » ? Est-ce en accord avec l'expression $v_y = - g \times t + v_0 \times \sin(\alpha)$?

Pour interpréter l'évolution de $v_x(t)$ et de $v_y(t)$, on a tracé ci-dessous le vecteur vitesse du système pour chaque position pointée sur la vidéo.



8- **a)** Pour chaque vecteur vitesse, dessiner <u>en rouge</u> ce que représente v_x et dessiner <u>en vert</u> ce que représente v_y.

b) ***<u>Commentaires sur v_x</u>*** :

Justifier physiquement <u>le signe</u> de v_x :

Pourquoi peut-on qualifier le mouvement selon (***Ox***) d'<u>uniforme</u> ?

c) *Commentaires sur v_y* :

Justifier physiquement le signe de v_y (on distinguera deux phases dans le mouvement) :

Quel adjectif peut qualifier le mouvement selon (Oy) durant la première phase : uniforme ? accéléré ? décéléré ?

Quel adjectif peut qualifier le mouvement selon (Oy) durant la seconde phase : uniforme ? accéléré ? décéléré ?

✍**9-** Utiliser le logiciel REGRESSI (curseur ''réticule'' dans l'onglet ''Outils'') pour déterminer graphiquement la date $\mathbf{t_3}$ pour laquelle $\mathbf{v_y = 0}$. A quelle date ($\mathbf{t_1}$ ou $\mathbf{t_2}$) s'identifie-t-elle ? En quel point particulier de la trajectoire est-on alors ?

3) Tracé des vecteurs vitesses et accélérations :

On note a_x et a_y les coordonnées du vecteur accélération du centre d'inertie du système dans le même repère cartésien que précédemment. On rappelle qu'on peut obtenir celles-ci **en DERIVANT les coordonnées v_x et v_y du vecteur vitesse** du centre d'inertie. On obtient ainsi de manière théorique :

$$\begin{cases} a_x = \dfrac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y = \dfrac{dv_y}{dt} = -\,g \end{cases}$$

Le logiciel REGRESSI a la possibilité de tracer les vecteurs vitesses et accélérations pour chaque point de la trajectoire. Pour cela, suivre la procédure ci-dessous.

💻 *A l'aide de l'onglet « Coord », afficher à l'écran le graphique* **y = f(x)** *et cocher les cases « Vitesse » et « Accélération ». Le logiciel trace alors ces deux vecteurs pour chaque point de la trajectoire.*

✍**10-** Que peut-on dire du vecteur accélération au cours de l'étude (direction, sens, valeur) ? Est-ce en accord avec les expressions $a_x = 0$ et $a_y = -\,g$?

✍**11-** Sur le graphique situé au verso où sont déjà reproduits les vecteurs vitesse, reproduire qualitativement le vecteur accélération en chaque position. Que peut-on alors dire du produit scalaire $\vec{a}.\vec{v}$ sur la phase du mouvement qui est DECELEREE ? Et sur celle qui est ACCELEREE ? (*Rappel* : $\vec{a}.\vec{v} = a \times v \times \cos(\vec{a},\vec{v})$)

III- POUR ALLER PLUS LOIN

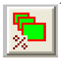
✍**12-** Si vous allez dans l'onglet « Expressions » de la fenêtre GRANDEURS, vous constaterez que Régressi a calculé la valeur des vitesses et des accélérations. Expliquer l'opération réalisée par Régressi pour cela.

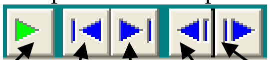
✍**13-** Utiliser l'une des 4 équations $\mathbf{x = f(t)}$, $\mathbf{y = f(t)}$, $\mathbf{v_x = f(t)}$ ou $\mathbf{v_y = f(t)}$ pour retrouver l'expression théorique de $\mathbf{t_1}$, $\mathbf{t_2}$, $\mathbf{y_{max}}$ et $\mathbf{D}$ en fonction de $\mathbf{g}$, $\mathbf{v_0}$ et α.

Notice simplifiée du logiciel AVIMECA

→ Préparation du fichier vidéo :

- Cliquer sur l'icône  pour ouvrir le fichier vidéo ;

- Cliquer sur l'icône  puis sur « Adapter » pour que le clip vidéo occupe tout l'écran ;

- Jouer sur les touches  pour visionner la vidéo en continu ou image par image ;

Lecture en continu

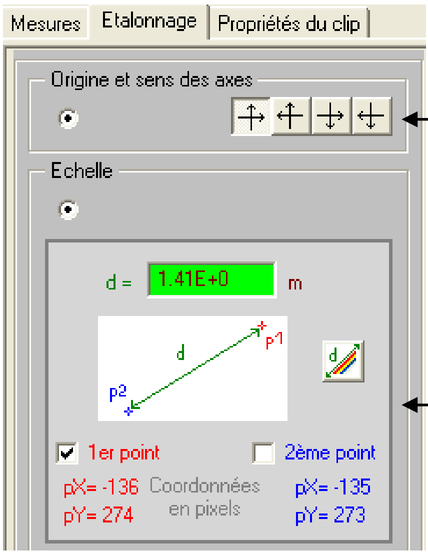
Affiche la 1ère image du film

Affiche la dernière image du film

Affiche l'image précédente

Affiche l'image suivante

→ Etalonnage de la vidéo :



- Choisir le système d'axes orientés parmi les 4 possibilités ;

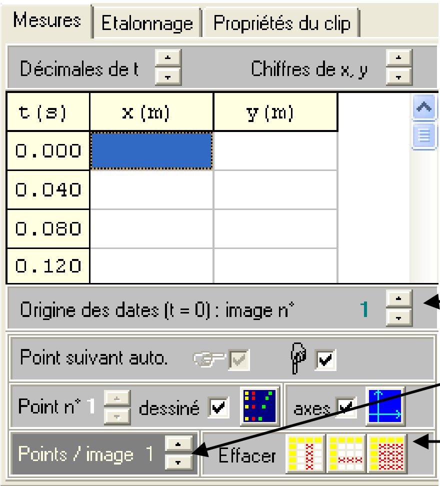
- Cliquer sur le point de la vidéo qui servira d'origine de ce repère ;

- Cocher « 1er point » puis sur la vidéo, cliquer sur l'extrémité d'un objet dont la dimension est connue ;

- Cocher « 2ème point » puis sur la vidéo, cliquer sur l'autre extrémité de l'objet de dimension connue ;

- Renseigner la dimension « d » de cet objet dans la case verte.

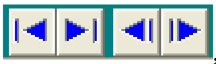
→ Réalisation des pointages :



Choix de l'image correspondant à t = 0 ;

Choix du nombre de pointages à réaliser sur chaque image ;

Permet d'effacer une colonne, une ligne ou tout le tableau ;

- A l'aide des boutons , revenir sur la première image ;

- A l'aide de la cible qui apparaît sur la vidéo, cliquer sur l'objet dont on étudie le mouvement pour repérer sa position : une croix apparaît pour chaque pointage ; pour plus de précision, on pourra utiliser les outils :

*  qui agrandit la zone à pointer ;
*  qui change la taille et la couleur de la cible ;

→ Transfert sur Régressi :

- Cliquer sur l'icône  pour copier les données puis valider en cliquant sur **OK**.
- Sur REGRESSI, cliquer sur « Edition » puis sur « Coller Document ».