

Utiliser DYNAMIC pour étudier des enregistrements vidéo de mouvements

1– Relativité du mouvement en classe de Seconde :

1.1 Programme :

Exemples d'activités	Contenus	Connaissances et savoir-faire exigibles
La trajectoire d'un corps qui tombe est-elle la même pour tous les observateurs ? Analyse d'un mouvement à partir de différents corps de référence* (étude à partir d'images vidéo, chronophotographie)	1.1 Relativité du mouvement	Décrire le mouvement d'un point dans deux référentiels différents.

1.2 Question préliminaire (voir document d'accompagnement du programme de seconde « TP relativité du mouvement ») :

Vous voyez passer un cycliste se déplaçant à vitesse constante de A vers B.
A la verticale du point A, il lâche une balle de tennis.
Représentez sur le schéma la manière dont vous voyez tomber la balle.

1.3 Mise en commun des résultats :

Pour trancher entre les différentes trajectoires proposées, on utilise un enregistrement vidéo.

1.4 Etude de l'enregistrement vidéo :



Lancer le logiciel Dynamic.

Avec le menu *Vidéo*, ouvrir le fichier *velo2.mpg*¹ (situé dans le dossier *C:\Program Files\Dynamic\videos*).

¹ On peut également travailler avec l'enregistrement *veloboul.avi*, téléchargeable sur le site de l'Académie de Nantes, ou tout autre enregistrement similaire.

1.4.1 – Initialisations :

Menu *Initialiser* >

Echelle :

Sélectionner avec la souris les 2 extrémités du repère en bois (en cliquant puis en étirant sans relâcher). Entrer alors dans la boîte de dialogue la distance réelle entre les 2 points (0,73 m).



Choisir d'étudier 2

points : Menu

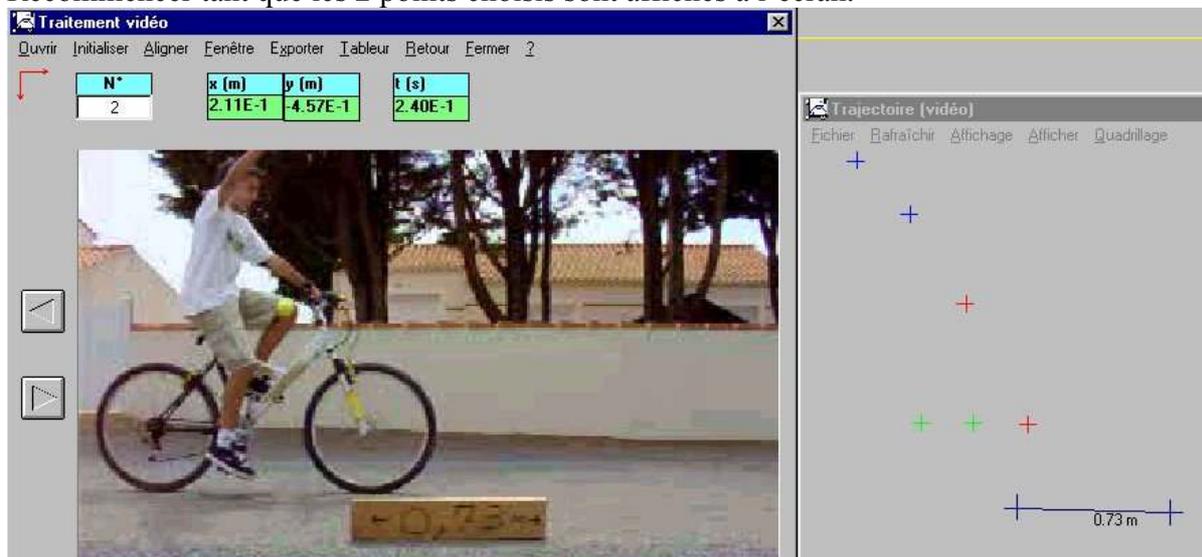
Initialiser > *Nombre de points* > 2 points

1.4.2 – Acquisition des positions successives :

Faire avancer le film de deux positions pour que la balle de tennis soit visible, puis pointer le **centre de la roue avant** (premier point) et **la balle de Tennis** (second point) .

L'image suivante s'affiche alors : cliquer sur les nouvelles positions du centre de la roue avant et de la balle.

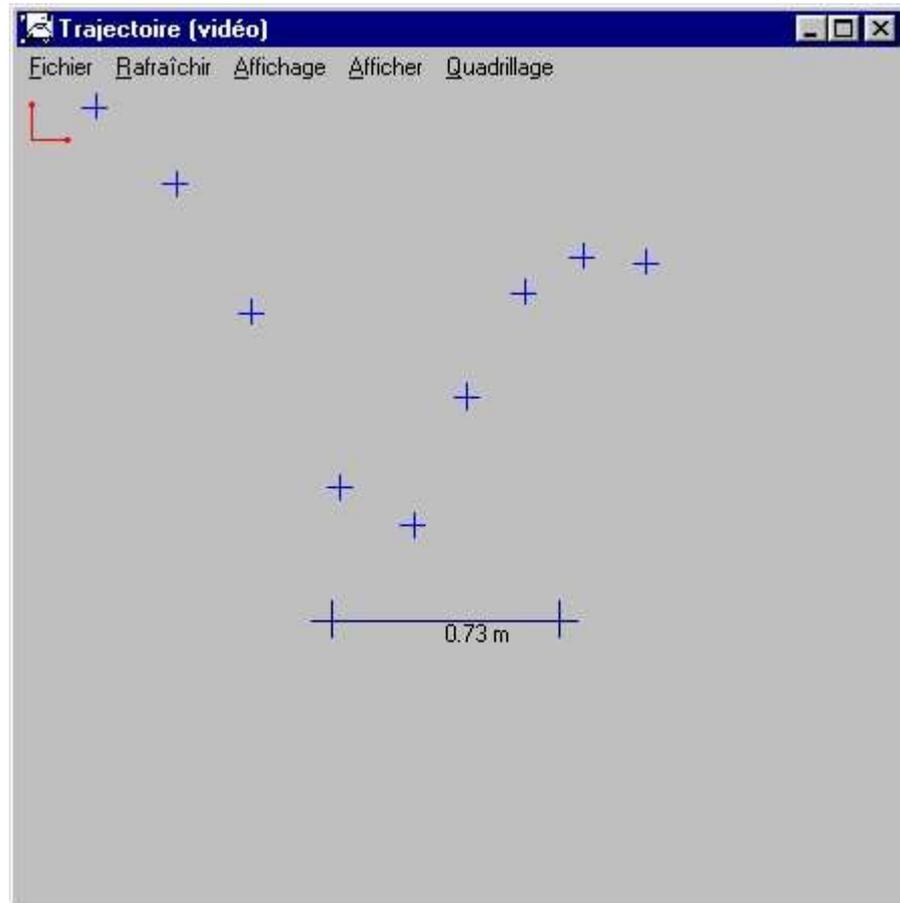
Recommencer tant que les 2 points choisis sont affichés à l'écran.



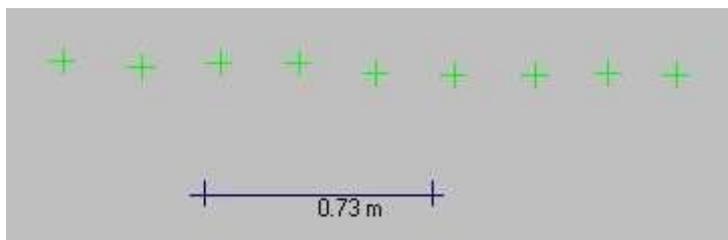
En cas d'erreur de pointage, il suffit de revenir à la position souhaitée avec la flèche de retour arrière située à gauche de l'image et de pointer à nouveau la position ou les positions incorrectes.

Visualiser la trajectoire de la balle par rapport au sol (Fenêtre trajectoire – Menu Afficher / Point 2).

Quelle est la nature de la trajectoire de la balle (avant qu'elle ne touche le sol) par rapport à la Terre ?



Visualiser la trajectoire du centre de la roue avant du vélo par rapport au sol (Fenêtre trajectoire – Menu Afficher / Point 1).

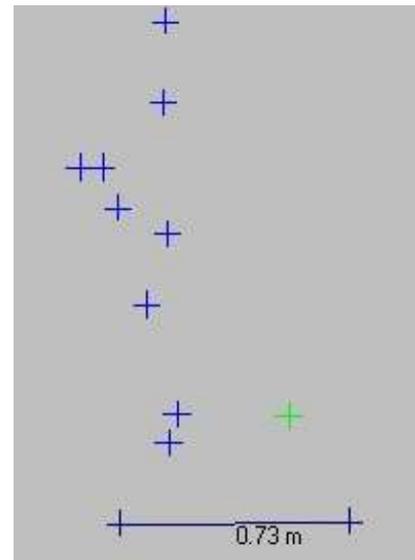


Quelle est la nature de la trajectoire du centre de la roue avant du vélo par rapport à la Terre ?

Visualiser la trajectoire de la balle par rapport au vélo
(Fenêtre trajectoire – Menu Afficher / Point 2 / Point 1).

Quelle est la nature de la trajectoire de la balle (avant qu'elle ne touche le sol) par rapport au vélo ?

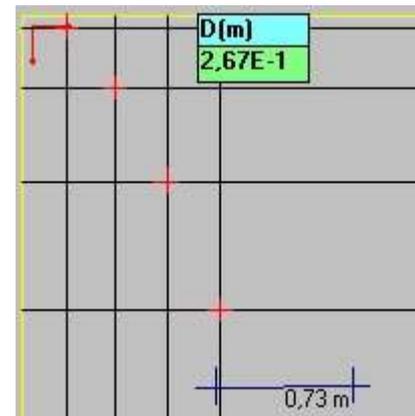
Pour distinguer les positions de la balle avant et après l'impact sur le sol, on peut refaire une acquisition de ses différentes positions en se limitant à la première phase du mouvement, avant que la balle ne rebondisse sur le sol.



Remarques (pour le professeur) :

L'option « quadrillage » permet de vérifier que le mouvement de la balle en projection horizontale est uniforme alors qu'il est accéléré en projection verticale.

Le pointeur relatif (accessible par click droit sur la fenêtre trajectoire) permet de mesurer précisément les distances parcourues horizontalement et verticalement (pour cela, étirer d'un point à l'autre pour mesurer la distance qui les sépare).



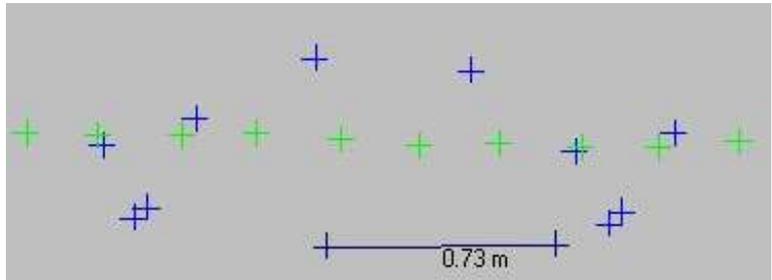
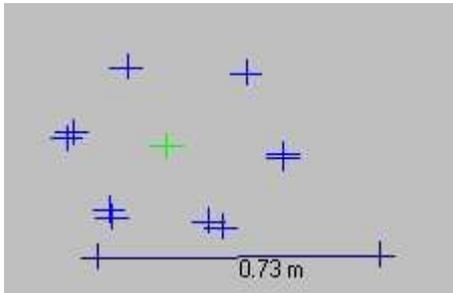
En complément :

Faire prévoir le mouvement de la valve de la roue avant :

- par rapport au centre de la roue
- par rapport au cadre
- par rapport à la Terre.

Vérifier en réalisant les pointages convenables (sur l'enregistrement, un point de la roue avant est repéré par une marque blanche).

Exemple de copies d'écran obtenues :



2 - Etude énergétique de la chute libre d'une boule en classe de 1^{ère} S :

2.1 But du T.P. :

Visualiser l'évolution des énergies cinétique et potentielle d'une boule au cours de sa chute.

2.2 Dispositif expérimental :

On filme la chute libre d'une boule au cours de son mouvement à l'aide d'un camescope. On numérise l'enregistrement vidéo réalisé à l'aide d'une carte d'acquisition vidéo. On dispose alors d'un fichier vidéo numérique au format avi². On exploite cet enregistrement avec le logiciel Dynamic, qui permet de repérer les positions successives de la boule au cours du temps. La fréquence des images étant de 25 Hz, la durée qui s'écoule entre 2 images successives est donc de 40 ms.

2.3 Acquisition des positions de la boule :

Lancer le logiciel « Dynamic » puis à l'aide du menu « vidéo » ouvrir le fichier « chutelibre.avi »³ situé dans le dossier C:\Program Files\Dynamic\videos.

Définir l'**échelle** de l'enregistrement, à l'aide du menu « Initialiser>Echelle » : pour cela, sélectionner avec la souris la première marque de la règle graduée et étirer jusqu'à la deuxième marque ; entrer ensuite la distance qui les sépare (0,20 m).

² Ce fichier peut être compressé et retravaillé avec VIRTUALDUB, produit libre téléchargeable à l'adresse <http://www186.pair.com/vdub/> - Mode d'emploi en français à <http://pierre.guidicelli.free.fr>

³ Téléchargeable sur le site de l'Académie de Nantes <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/index1.htm>

Sélectionner la **première position** de la boule A_0 en cliquant par exemple sur son centre : elle définit l'origine du repère Oxy (l'axe des y étant orienté vers le bas). La date correspondant à cette position A_0 constitue l'origine du repère des dates ($t_0 = 0$).

Le film avance alors automatiquement d'une position : sélectionner de la même façon la **seconde position** A_1 de la boule.

Recommencer jusqu'à la fin de l'enregistrement.



2.4 Traitement des mesures :

Le traitement des mesures va être effectué avec le tableur Regressi.

Pour cela, dans la fenêtre « **Traitement vidéo** », choisir le menu « **Exporter (au format Regressi pour Windows)** ».

Lancer le tableur Regressi à l'aide du menu « **Tableur** » : les résultats des mesures doivent alors s'afficher à l'écran sous forme de courbes dans la fenêtre « **Graphe** ».

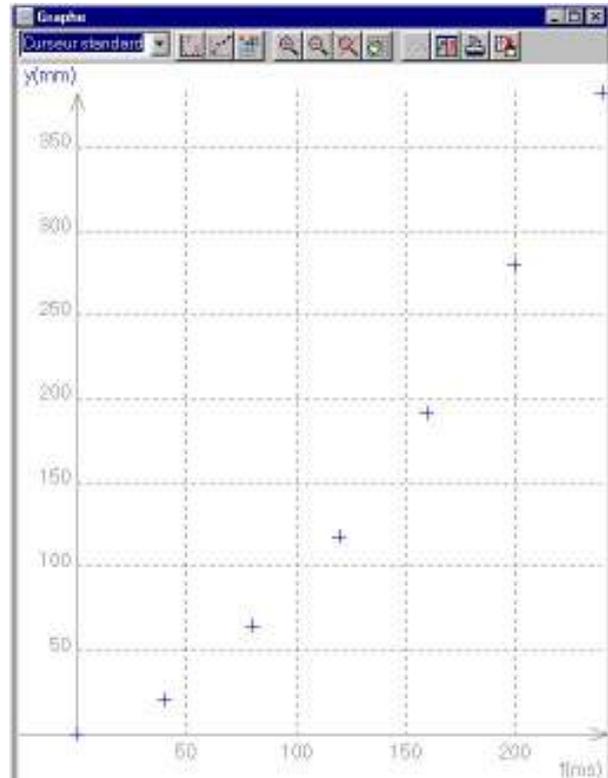
2.4.1 - Dans Regressi :

- Visualisation de la courbe $y = f(t)$:

A l'aide de l'icône « Coordonnées » de la fenêtre « Graphe », afficher à l'écran uniquement la courbe $y = f(t)$. En effet, la représentation de x au cours du temps ne présente pas d'intérêt.

A l'aide de l'icône « Options », choisir une taille de points plus importante pour qu'ils soient bien visibles à l'écran.

Quelle est l'allure de la courbe $y = f(t)$?



- Définition des paramètres expérimentaux m et g et des grandeurs v , E_c et E_p :

Grâce à l'icône **Y+** (Créer grandeur) de la fenêtre « **Grandeurs** », définir les paramètres expérimentaux : $m = 0,01$ kg ; $g = 9,81$ N/kg ainsi que la nouvelle grandeur v : $v = dy/dt$ (menu **CREER GRANDEURS > DERIVEE**).

Définir de même l'énergie cinétique E_c et l'énergie potentielle E_p .

Vérifier par le calcul pour une date t quelconque les valeurs de v , E_c , et E_p qui sont affichées dans le tableau de valeurs.

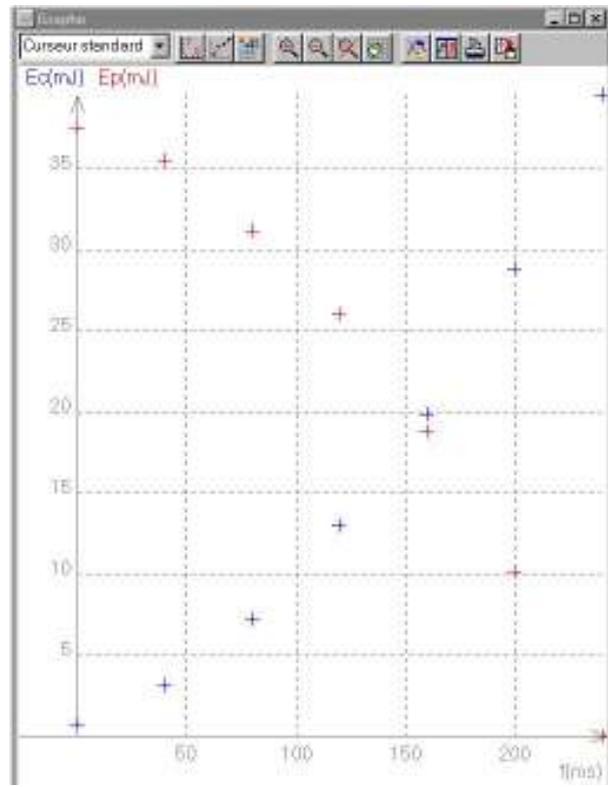
- Visualisation de E_c et E_p au cours du temps :

Représenter sur un même axe E_c et E_p .

Utiliser le curseur RETICULE pour afficher les valeurs des énergies à une date donnée.

Comment varie E_c au cours du temps ? E_p ?

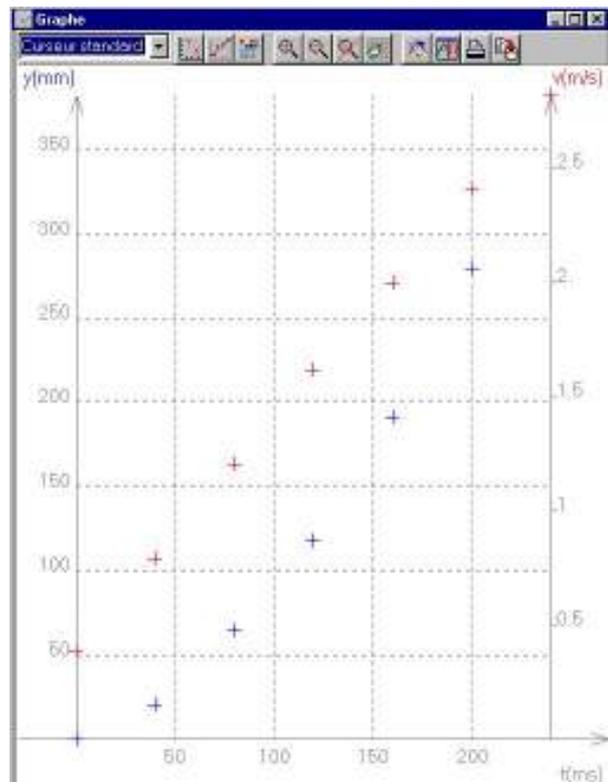
Conclure quant à la somme $E_c + E_p$.



- Visualisation de v en fonction du temps :

Afficher à l'écran les courbes y et v en fonction du temps (représenter les données par des croix de couleur bleue et rouge par exemple).

Quelle est l'allure de la courbe $v = f(t)$?

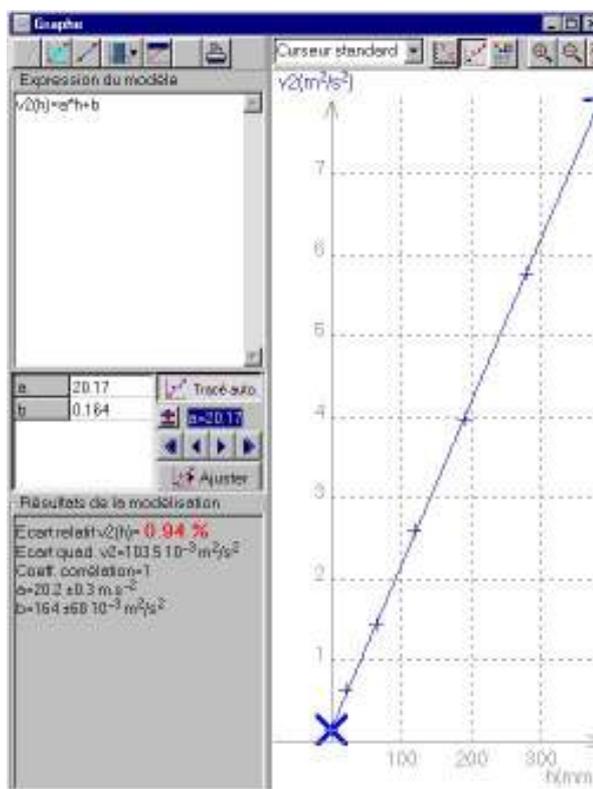


- Visualisation de v^2 en fonction de h :

Définir la nouvelle grandeur h, hauteur de chute (dépend de y). Définir également une grandeur notée v2 et qui représentera v^2 .
Tracer $v^2 = f(h)$.
Quelle est l'allure de la courbe obtenue ?

A l'aide de l'icône « Début modèle » de la fenêtre « Graphe », **modéliser les points expérimentaux correspondants à la courbe $v^2 = f(h)$** en utilisant un modèle affine $v^2 = a \cdot h + b$. Noter les coefficients a et b. Montrer que la relation précédente peut s'écrire, aux erreurs expérimentales près, $v^2 = 2gh$.

Pour mettre fin à la modélisation, faire un click droit dans la fenêtre « Expression du modèle » puis valider l'option « Fermer modélisation ».



- Impression :

Imprimer avec le menu « Fichier/Imprimer » les graphes, la modélisation et éventuellement le tableau.

2.4.2 - Dans Dynamic :

Grâce à l'option « **Retour** » de la fenêtre « Traitement Vidéo », retourner dans le module principal de Dynamic et afficher la trajectoire de la bille. Pour cela, utiliser l'icône « **Origine** » et placer la première position à l'écran.

Utiliser alors l'outil « **Energies (Point par point)** » en plusieurs points de la trajectoire pour visualiser les énergies cinétique et potentielle.

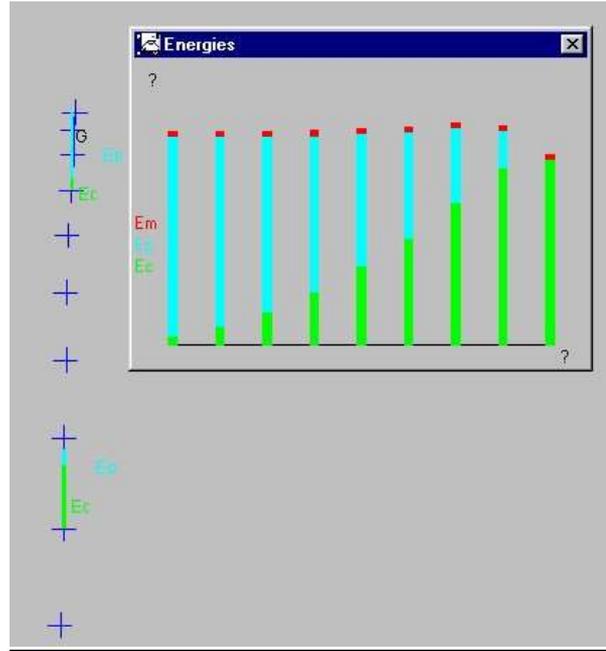
Par défaut, le logiciel choisit comme niveau de référence de l'énergie potentielle le premier point de la trajectoire.

Modifier ce choix par le menu « Energies / modification énergie potentielle initiale » en prenant comme niveau de référence le point le plus bas de la trajectoire.

Pour cela, déterminer son énergie potentielle par l'outil « Energies (Point par point) » en cliquant sur le point le plus bas de la trajectoire. Modifier l'énergie potentielle du premier point, nulle par défaut, en entrant dans la boîte de dialogue l'opposé de la valeur trouvée.

Utiliser alors l'outil Energies / fenêtre pour visualiser les différentes énergies.

Vérifier les remarques déjà faites concernant l'évolution de E_c et de E_p au cours du temps.



Remarque (pour le professeur) :

La dernière représentation n'est pas fiable : l'énergie cinétique et donc l'énergie mécanique prennent des valeurs manifestement trop faibles.

En effet l'énergie cinétique est calculée à partir de la vitesse, elle même déterminée à partir des positions voisines : $v_i = (y_{i+1} - y_{i-1}) / (t_{i+1} - t_{i-1})$.

Pour la dernière position, le calcul est minoré puisqu'il est réalisé par défaut sur l'intervalle qui précède cette dernière position : $v_i = (y_i - y_{i-1}) / (t_i - t_{i-1})$.

En complément :



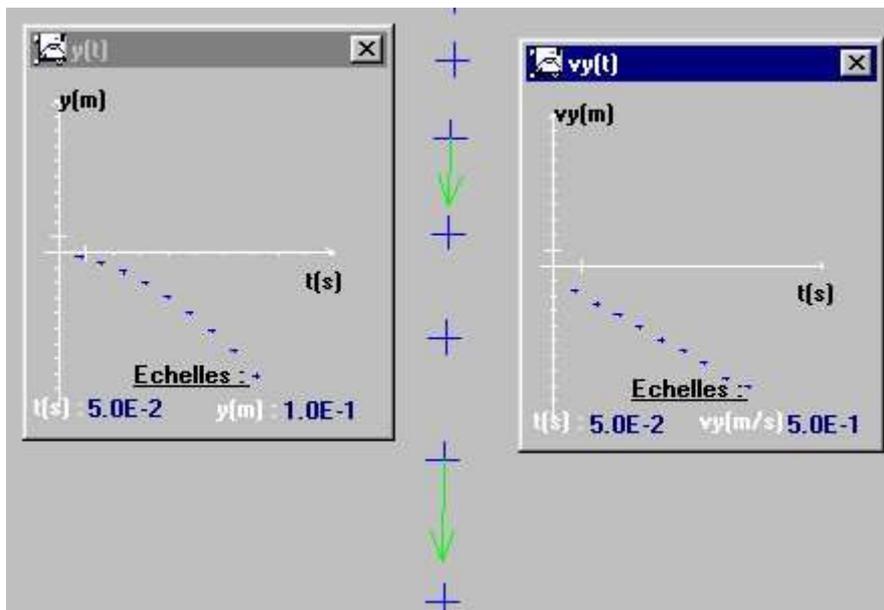
- ◆ Les outils Position, Distance, Vitesse et Accélération peuvent être utilisés.

Pour les outils Vitesse et Accélération, ne pas oublier la remarque précédente concernant les positions extrêmes.

v(m/s)	alpha(°)	vx(m/s)	vy(m/s)
8.20E-1	-90.0	0.00E0	-8.20E-1



- ◆ Le menu Fenêtres permet de représenter l'évolution de la position et de la vitesse au cours du temps.



3 - Etude du mouvement d'un projectile dans le champ de pesanteur

3.1 - But de la séance :

Visualiser la trajectoire d'un projectile dans le champ de pesanteur terrestre. Comparer les résultats des mesures réalisées à partir d'un enregistrement vidéo du mouvement avec les paramètres déterminés par étude théorique.

3.2 - Dispositif expérimental :

On filme le mouvement d'une boule à l'aide d'un caméscope. On numérise l'enregistrement vidéo réalisé à l'aide d'une carte d'acquisition vidéo. On dispose alors d'un fichier vidéo numérique au format avi. On exploite cet enregistrement avec le logiciel Dynamic, qui permet de repérer les positions successives de la boule au cours du temps. La fréquence des images étant de 25 Hz, la durée qui s'écoule entre 2 images successives est donc de 40 ms.

3.3 - Acquisition des positions de la boule :

Lancer le logiciel « Dynamic » puis à l'aide du menu « vidéo » ouvrir le fichier correspondant au mouvement d'un projectile (par exemple, le fichier « para2.avi »⁴).

Définir l'**échelle** de l'enregistrement, à l'aide du menu « Initialiser>Echelle » : pour cela, sélectionner avec la souris la première marque de la règle graduée et étirer jusqu'à la deuxième marque ; entrer ensuite la distance qui les sépare (0,20 m).

Choisir comme **orientation** « y vers le haut », à l'aide du menu Initialiser / Orientation.

Faire **avancer le film** de quelques images pour que la boule ne soit plus au contact de la main qui la lance.

Sélectionner alors la **position correspondante** de la boule A_0 en cliquant par exemple sur son centre : elle définit l'origine du repère Oxy . La date correspondant à cette position A_0 constitue l'origine du repère des dates ($t_0 = 0$).



Le film avance alors automatiquement d'une position : sélectionner de la même façon la **position suivante** A_1 de la boule.

⁴ Téléchargeable sur le site de l'Académie de Nantes <http://www.ac-nantes.fr/peda/disc/scphy/index1.htm>

Recommencer jusqu'à la fin de l'enregistrement.
Quelle est l'allure de la courbe $y = f(t)$?

3.4 - Visualisation de la trajectoire et détermination des paramètres du mouvement :

Grâce à l'option « **Retour** » de la fenêtre « Traitement Vidéo », retourner dans le module principal de Dynamic et y afficher la trajectoire de la boule. Pour cela, utiliser l'icône « **Origine** » et placer la première position, dans la partie droite et inférieure de l'écran pour que la trajectoire puisse entièrement s'afficher.

Quelle est la nature de la trajectoire ?

A l'aide de l'icône « Axes », afficher le système d'axes (Ox , Oy).



A l'aide de l'outil « Vitesse » et de l'outil « Rapporteur », déterminer :

- la vitesse v_1 correspondant à la position A1 (la vitesse v_0 correspondant à A_0 est inaccessible par le logiciel).
- L'angle initial α entre l'axe Ox et le vecteur \vec{V}_0
- La composante selon l'axe Ox du vecteur vitesse en plusieurs positions.
Que remarque-t-on ?
- La composante selon l'axe Oy du vecteur vitesse au sommet de la trajectoire.

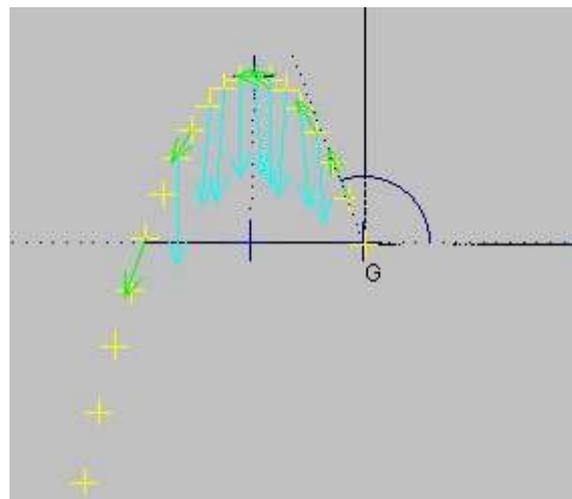
A l'aide de l'outil « Accélération », déterminer :

La valeur de l'accélération du mouvement en plusieurs positions.

Que remarque-t-on ?

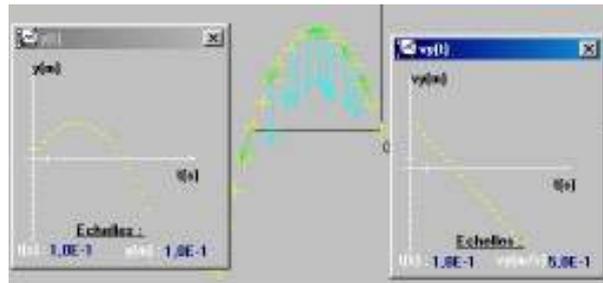
A l'aide de l'outil « Règle », déterminer :

La flèche du mouvement, c'est à dire la hauteur maximale atteinte par le projectile, ou encore l'ordonnée y au sommet de la trajectoire.



A l'aide du menu fenêtres, visualiser :

- L'évolution de x et de v_x au cours du temps
- L'évolution de y et de v_y au cours du temps



3.5- Etude théorique :

On considère le mouvement d'un projectile lancé avec une vitesse initiale \vec{V}_0 faisant l'angle α avec l'horizontale.

Etablir les équations horaires du mouvement dans le repère (Ox, Oy) , l'axe Ox étant horizontal, l'axe Oy vertical vers le haut. En déduire l'équation de la trajectoire.

Montrer que l'altitude maximale atteinte par le projectile par rapport au point de lancement (« flèche ») vaut $h = (v_0^2 \sin^2 \alpha) / 2g$. Pour cela, écrire que $v_y = 0$ au point M sommet de la trajectoire. En déduire la date t_M correspondante, puis son ordonnée y_M .

3.6- Traitement et exploitation des mesures :

Le traitement des mesures va être effectué avec le tableur Regressi.

Pour cela, dans la fenêtre « **Traitement vidéo** », choisir le menu « **Exporter (au format Regressi pour Windows)** ».

Lancer le tableur Regressi à l'aide du menu « **Tableur** » : les résultats des mesures doivent alors s'afficher à l'écran sous forme de courbes dans **la fenêtre « Graphe »**.

- Visualisation des courbes $x = f(t)$ et $y = g(t)$:

A l'aide de l'icône « **Options** », choisir une taille de points plus importante pour qu'ils soient bien visibles à l'écran.

Quelle est l'allure de la courbe $x = f(t)$?

Expliquer pourquoi un modèle du type $x = a*t + b$ convient pour modéliser ces points expérimentaux.

Déterminer à l'aide de l'outil « **Modéliser** » du logiciel les paramètres a et b .

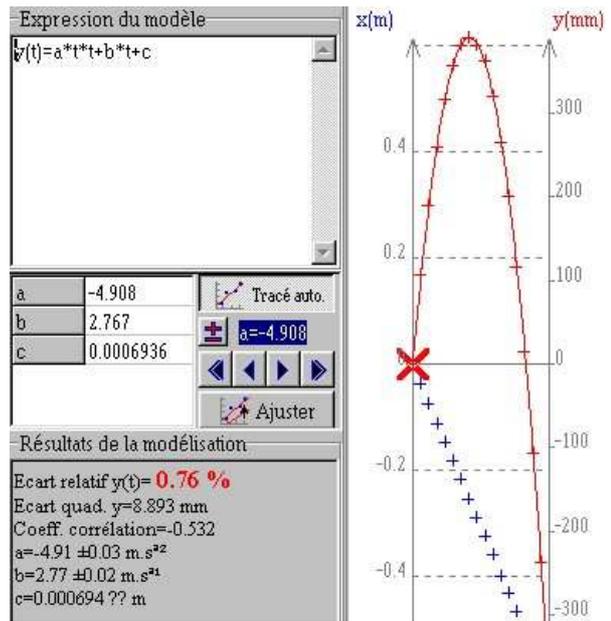
En comparant avec l'étude théorique, justifier la valeur de b ; que représente a ?

Quelle est l'allure de la courbe $y = g(t)$?

Expliquer pourquoi un modèle du type $y = a \cdot t^2 + b \cdot t + c$ convient pour modéliser ces points expérimentaux.

Déterminer à l'aide de l'outil « Modéliser » du logiciel les paramètres a , b et c .

En comparant avec l'étude théorique, justifier la valeur de c ; que représente a ? b ?



Déduire du coefficient a la valeur de l'intensité de la pesanteur g . Comparer avec sa valeur théorique. Comparer également avec la valeur de l'accélération déterminée précédemment sur la trajectoire.

Déterminer à l'aide de a et de b les **valeurs de v_0 et de α** . Comparer avec les valeurs mesurées sur la trajectoire (vitesse de la position A_1 et angle initial).

Calculer l'altitude maximale $h = y_M$. Comparer à la valeur déterminée par lecture sur la trajectoire.

- Visualisation des courbes $v_x = f'(t)$ et $v_y = g'(t)$:

A l'aide des résultats précédents, prévoir littéralement et numériquement les expressions de $v_x = f'(t)$ et $v_y = g'(t)$, ainsi que l'allure des courbes correspondantes. Vérifier avec l'option « Coordonnées » pour choisir les grandeurs à visualiser puis l'option « Modéliser ».