

Objectifs :

Caractériser le mouvement d'un objet par analyse d'un enregistrement vidéo pour quantifier :

- la perte d'énergie mécanique lors d'un rebond,
- la loi de force entre un aimant et une bille d'acier.

Capacités mises en œuvre :

- Enregistrer un phénomène à l'aide d'une caméra numérique et repérer la trajectoire à l'aide d'un logiciel dédié, en déduire la vitesse et l'accélération.

Matériel :

- l'enregistrement vidéo d'un chariot en mouvement sur un plan incliné, partagé sur l'ENT (fichier `bouncing_cart.mov`);
- un dispositif permettant de dévier le mouvement d'une bille d'acier par l'attraction d'un aimant, une caméra pour filmer son mouvement.

- logiciel *Tracker* (libre, voir )

Chaque groupe réalisera à son tour un enregistrement du mouvement de la bille, avec un smartphone ou avec la caméra disponible (préférentiellement car les formats vidéo des smartphone ne sont pas toujours reconnus par les ordinateurs des salles de TP).

I Rappels

On n'oubliera pas d'imprimer/photographier les courbes quand leur analyse aura donné satisfaction.

II Utilisation de Tracker

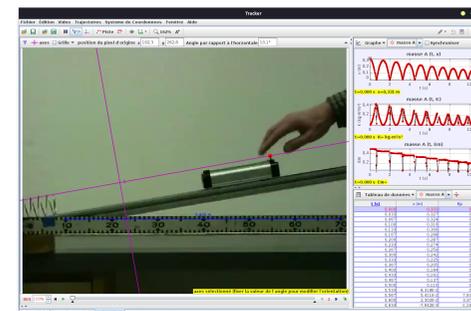
Ce logiciel permet d'identifier le mouvement d'un objet à partir d'un enregistrement vidéo pour en déduire sa position, vitesse, accélération....

On commence par importer une vidéo avec le bouton .

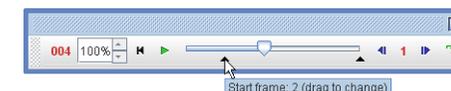
II.1 Calibration de l'image

On doit définir sur l'image (voir l'exemple ci-contre) :

- un système de coordonnées (origine, direction) en utilisant le bouton ;
- une échelle en indiquant la dimension d'un objet de taille connue, en utilisant le bouton $\times 10^{-4}$.

**II.2 Repérage automatique**

On choisit ensuite les images de début et de fin de l'extrait à analyser à l'aide des index noirs sur l'indicateur de défilement.



Le menu accessible par le bouton  permet de configurer le repérage automatique.

- on définit un nouvel objet de type masse-ponctuelle avec le bouton 
- après avoir vérifié que la cible est bien l'objet précédemment défini, on sélectionne un élément facilement reconnaissable sur chacune des images par un MAJ-CTRL-click
- on lance ensuite la reconnaissance de sa position sur chacune des images de l'extrait choisi avec Chercher. Si l'identification pose problème sur certaines images, on peut :
 - baisser la valeur du repérage automatique
 - indiquer manuellement la position de l'objet par MAJ-click,
 - indiquer une nouvelle image de référence par MAJ-CTRL-click.

On obtient dans le tableur  les positions x et y en fonction du temps.

II.3 Exploitation des données

On peut choisir les grandeurs à représenter dans les graphes de l'onglet  en cliquant sur leur légende. On dispose, en plus de x , y et t , de leurs dérivées, des composantes de l'accélération..., et également en coordonnées polaires.

Un double-click sur la courbe donne accès à un menu Outil de données permettant :

- de réaliser un des mesures statistiques (moyenne, écart-type, min-max) par Analyser->Statistiques,
- de réaliser des ajustements par Analyser->Courbe de tendance

On peut calculer les valeurs de nouvelles grandeurs définies dans le menu Outil de données par Définir (aussi accessible depuis le menu Tableau de données) de l'onglet  qui pourront ensuite être représentées sur les graphiques.

L'outil  permet également de disposer d'un rapporteur, d'un ruban de mesure, d'un outil de mesures du rayon du cercle passant par 3 points...

III Étude énergétique du rebond d'un chariot

On étudie le mouvement d'un chariot glissant sur un plan incliné et rebondissant sur un ressort. Sa masse est inconnue mais pas nécessaire, on pourra la prendre égale à 50g.

Manipulations :

- Analyser la vidéo pour obtenir la position x du chariot le long du plan incliné en fonction du temps,
- En déduire son accélération le long de cet axe ainsi que son énergie cinétique, définie par $\mathcal{E}_c = mv^2/2$

Exploitation :

- En déduire l'inclinaison α du plan incliné.
- On définit l'énergie mécanique $E_m = \mathcal{E}_c + mgx \sin(\alpha)$. Commenter les variations de E_m :
 - au cours des phases de glissement,
 - au cours des phases de rebond.
- En déduire le « coefficient de restitution » η du ressort, défini comme la racine de la fraction de son énergie cinétique que le chariot conserve au cours d'un rebond :

$$\eta = \sqrt{\frac{\mathcal{E}_c \text{ après}}{\mathcal{E}_c \text{ avant}}}$$

IV Loi de force entre un aimant et une bille

On étudie le mouvement d'une bille d'acier sur un plan horizontal, déviée par l'attraction d'un aimant.

Manipulations :

- Filmer le mouvement de la bille. On choisira un enregistrement avec un grand nombre d'images par seconde (très supérieur à 24).
- Analyser la vidéo pour obtenir la position de la bille en fonction du temps, en coordonnées polaires d'origine le centre de l'aimant.

Exploitation :

- Comparer l'énergie cinétique loin avant et après l'interaction avec l'aimant. Commenter.
- On définit le moment cinétique $\vec{\sigma} = mr^2\dot{\theta}$. Vérifier que ses variations relatives au cours du mouvement sont négligeables : il s'agit d'une caractéristique des forces dites « centrales », toujours dirigées selon \vec{e}_r .
- Mesurer la déviation angulaire subie par la bille au cours du mouvement ainsi que le rayon de courbure de la trajectoire au point le plus proche de l'aimant. En déduire l'intensité de la force \vec{F} en ce point en admettant qu'elle est centrale.
- En reproduisant l'analyse pour différentes conditions initiales, étudier la variation de l'intensité de la force \vec{F} en fonction de la distance r de la bille à l'aimant.