

Lab 4 : Étude d'un projectile

Buts

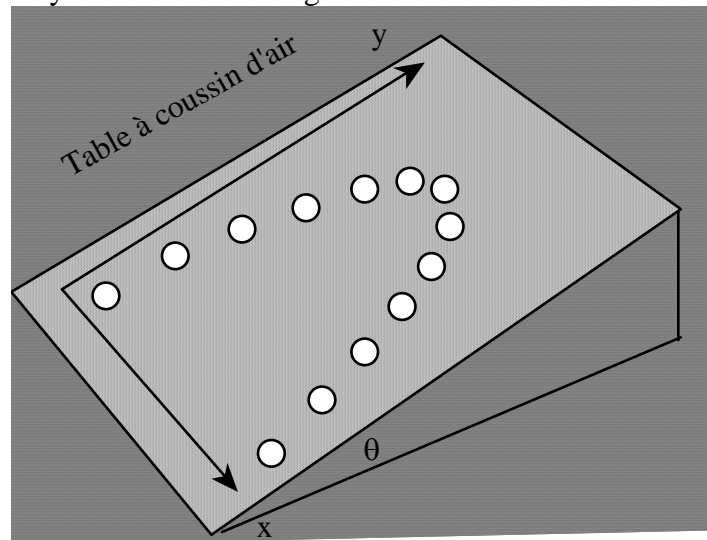
- ✓ Simuler la trajectoire d'un projectile à l'aide d'une table à coussin d'air.
- ✓ Approfondir la compréhension des vecteurs position, vitesse et accélération.
- ✓ Faire l'analyse poussée des mouvements en x et en y et en distinguer l'indépendance (la différence de nature).
- ✓ Confirmer la théorie de Galilée sur la chute des corps.

Matériel

- ✓ Table à coussin d'air,
- ✓ Rondelle et rampe de lancement,
- ✓ Stroboscope,
- ✓ Caméra numérique et ordinateur,
- ✓ Logiciels Microsoft Photo Editor et Excel.

Théorie

Nous allons observer le mouvement d'une rondelle glissant pratiquement sans aucun frottement sur un plan incliné. Ce mouvement peut être décomposé en deux mouvements simples: un mouvement à vitesse constante selon l'axe x et un mouvement uniformément accéléré selon l'axe y du plan. L'orientation du plan est telle que l'axe des x est horizontal; l'axe des y est incliné à un angle θ de l'horizontale. Nous avons



vu les équations qui régissent ce mouvement en classe. Pour enregistrer les positions en x et en y et pour mesurer leur évolution respective dans le temps, nous disposons d'un stroboscope et d'une caméra. Le stroboscope donne des éclairs très brefs à des intervalles de temps réglables (disons $5 \text{ Hz} = 5$ images à la seconde). D'un autre côté, la caméra peut enregistrer l'image en mode continu pendant une période de temps prolongée (disons 5 ou 6 secondes). Durant tout ce temps, le laboratoire sera plongé dans le noir de sorte que seulement la lumière des éclairs stroboscopiques viendra marquer la pellicule.

En gros, l'expérience se déroule comme suit : à l'aide d'une petite rampe de lancement munie d'un élastique, on projette la rondelle en oblique le long du plan (voir image page 1). Le stroboscope éclaire le mouvement par saccades de sorte que seulement ces instants laissent une trace sur l'image numérique. À la fin, notre photo montre les positions successives de la rondelle à chaque fraction de seconde (connues). Il ne nous reste plus qu'à mesurer ces positions sur l'écran de l'ordinateur à l'aide d'une fonction spéciale du logiciel qui nous donne les positions (x et y) du curseur.

Usage de « Microsoft photo editor »

Nous vous informerons sur les réglages du stroboscope et de la caméra. Une fois l'essai réussi, nous brancherons la caméra dans un port USB de l'ordinateur et ferons le télétransfert de l'image dans la session active. Accédez à la photo via /poste de travail Sony / Memory stick / DCIM et 101 Sony.

Dans le menu image, sélectionner «faire pivoter» et ensuite, pivoter à gauche au besoin. Encore dans le menu Image, sélectionnez «faire pivoter ... d'un angle de 1 » Pivotez d'avantage si nécessaire. Avec l'outil qui a la forme d'un soleil, augmenter le gamma (la luminosité) au besoin.

Notez la dimension de la réglette blanche en pixels à l'aide de l'outil «sélectionner» qui a la forme d'un carré en pointillé. Tracez un rectangle qui a la même hauteur que la règle sur l'image et obtenez les dimensions de votre rectangle L et H affichées en pixels en bas au centre. Cela vous servira d'échelle pour faire vos règles de trois. Par la suite, nous rétablirons les dimensions réelles de la table proportionnellement à la longueur de la réglette en pixels (facteur d'échelle).

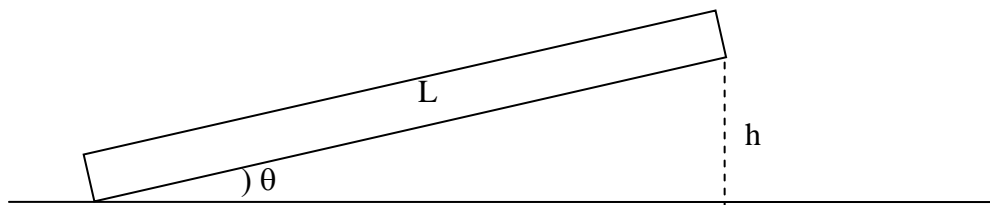
La position du curseur est indiquée en bas à gauche de l'image. En portant le curseur précisément au centre de chacune des images, il est possible de relever leur «coordonnées cartésiennes (x, y) ».

Usage d'Excel pour bâtir les graphiques

Nous vous expliquerons comment vous servir du logiciel Excel pour faire des calculs répétitifs comme les déplacements et les vitesses instantanées. En théorie, il n'y a pas d'accélération en x , mais en pratique, le moindrement que la table est tordue ou légèrement penchée, on observera les effets d'un changement de vitesse (très léger). Selon y , comme la table est inclinée, on devrait observer une accélération égale à $(g \sin\theta)$. Vous bâtirez les graphiques de $x(t)$, de $y(t)$ et de $v_y(t)$.

Manipulation

- Commencez par incliner la table dans la direction de l'axe des y indiqué par un ruban collé sur la table. Ensuite, ajustez bien le niveau dans la direction x perpendiculaire à cet axe des y .
- Prenez les mesures appropriées pour pouvoir calculer deux fois l'angle θ d'inclinaison dans le sens y : longueur L de la table et la hauteur de l'inclinaison. (Attention, les longueurs mesurées doivent faire partie d'un même triangle rectangle représentant l'inclinaison de la table.)



- Servez-vous du lance-disque pour projeter le disque et obtenir un mouvement qui couvre à peu près tout l'espace de la table. Faites plusieurs essais pour vous familiariser avec le lance-disque.
- Réalisez une photographie stroboscopique de ce mouvement. Cette photo devrait contenir entre 10 et 15 positions de la rondelle. Prenez en note la fréquence du stroboscope.

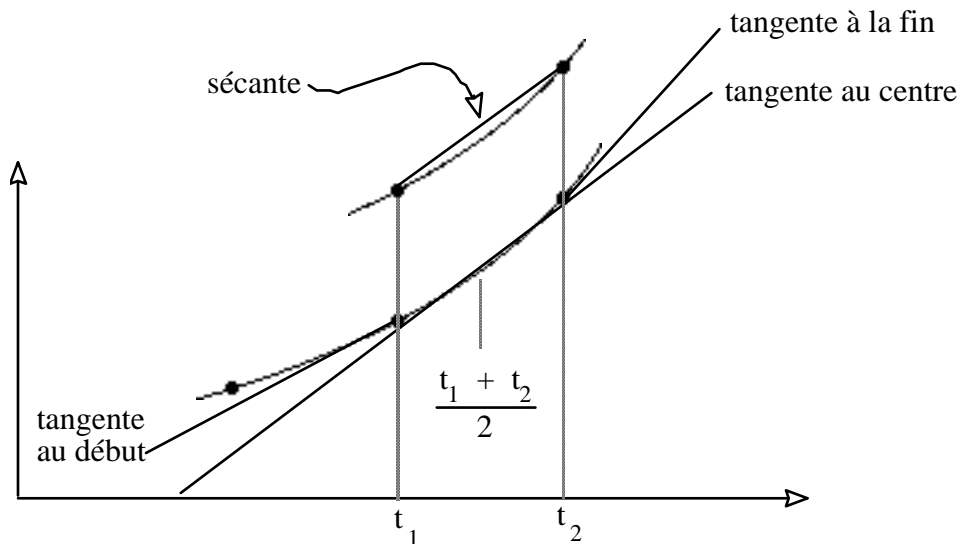
Travail demandé

- 1° En utilisant le logiciel Excel, faites deux graphiques représentant respectivement les positions en X et en Y en fonction du temps. Quelle est la nature des mouvements dans la direction x et y ? Comment peut-on vérifier cela? Attention. Même si un graphique

est courbe, cela ne veut pas nécessairement dire que c'est un MRUA.

- 2° Calculez maintenant la vitesse instantanée selon Y pour chaque intervalle de temps et présentez vos résultats dans un tableau. La vitesse est égale au déplacement divisé par l'intervalle de temps écoulé. Mais si la vitesse n'est pas constante, a-t-on le droit de faire ce calcul ? En réalité, on peut le faire à condition que les intervalles de temps soient suffisamment petits pour que la vitesse n'ait pas le temps de varier beaucoup.

Par exemple, on peut calculer $v_{34} = (x_4 - x_3)/(t_4 - t_3)$ qui est la vitesse moyenne durant l'intervalle de temps de t_3 à t_4 . C'est aussi la pente de la sécante (voir figure suivante). On remarque que cette pente (vitesse) calculée ne correspond pas à la pente de la vraie tangente (vitesse instantanée) du début ou de la fin de l'intervalle. Par contre, le centre de l'intervalle de temps possède une pente (vitesse) qui est justement intermédiaire entre celle du début et celle de la fin.



Les vitesses que nous calculons ainsi correspondent donc aux temps centraux des intervalles. Faites le graphique de v_y en fonction du temps. Que remarquez-vous ? Quelle est la signification de ce graphique ? Que peut-on dire de l'accélération ? Quelle est la vitesse à $t = 0$?

- 3° (Analyse). Dans quelles catégories de mouvement doit-on placer les mouvements en X et en Y ? Ont-ils l'allure qu'ils devraient avoir en fonction de ce à quoi vous vous attendiez ? Posez-vous (par exemple) la question: « Si la table n'était pas bien horizontale selon X, qu'est-ce que ça aurait changé ? Est-ce qu'on détecte ça sur nos courbes ? Dans les graphiques, est-ce que l'on voit l'effet d'un frottement ? Y a-t-il d'autres défauts visibles ou au contraire les graphiques sont-ils presque parfaits ? » Observez bien et expliquez vos graphiques.

4° Pour **le dixième point** de votre trajectoire, dessinez (sur la photo à l'aide de « Affichage » « barre d'outils » « dessins » ou encore dessinez à la main sur le papier...) le vecteur position (pour vous aider, voir Benson p.86), le vecteur vitesse instantané et le vecteur accélération de la rondelle. Vos graphiques vous aideront à trouver les valeurs instantanées. À côté de chacun des vecteurs, écrivez ses composantes polaires (grandeur et angle). Dessinez les vecteurs à l'échelle $2 \text{ cm/s} = 1 \text{ cm}$ pour la vitesse et $1 \text{ cm/s}^2 = 10 \text{ cm}$ pour l'accélération.

5° Calculez l'angle d'inclinaison de la table (faites un schéma). Dessinez sur ce schéma, le triangle rectangle à partir duquel vous calculez l'angle d'inclinaison et trouvez l'angle θ . Pouvez-vous vérifier que votre accélération est correcte? Si oui, concluez là-dessus. Pour la conclusion, relisez le guide méthodologique et le but de cette expérience.

À remettre pour chaque équipe: un cahier avec les graphiques faits dans Excel et la photo incluant les vecteurs.