T.P. P7 : Mouvement d'une balle dans le champ de pesanteur

Objectif : étudier le mouvement du centre de masse d'un objet dans le champ de pesanteur supposé uniforme. Dans ce T.P., on supposera que le référentiel du laboratoire est galiléen avec une très bonne approximation.

I.- Mouvement d'une balle de Volley-ball

On va utiliser la séquence filmée du lancé d'une balle de Volley-ball avec vitesse initiale. On va étudier le mouvement du centre de masse G de ce solide.

1) Visualisation de la séquence

E.1. : Sur le bureau, chercher le fichier **Volley.avi**.
E.2. : Ouvrir **Regavi**.
E.3. : Dans la fenêtre d'accueil de **Regavi**, cliquer sur l'onglet **ouvrir** et aller chercher la vidéo : **Volley.avi**. Il s'agit de l'enregistrement par webcaméra de la chute d'une balle de volley-ball de masse **m = 0,275 kg** et de diamètre **d = 21 cm** dans l'air sur une assez grande distance.
E.4. : Placer judicieusement l'origine du repère en vous plaçant en début de chute. Préciser ensuite l'échelle des distances sachant que la règle visible à l'écran est de longueur 0,82 m.

2) Numérisation de la séquence

E.5. : Cliquer ensuite sur l'onglet **mesures** et pointer le centre de la balle, avec le plus grand soin possible, image par image (pour plus de précision, on peut utiliser le zoom). Une fois le pointage terminé, cliquer sur l'onglet **Regressi** les résultats sont alors automatiquement transférés et la trajectoire y = f (x) s'affiche.
E.6. : Enregistrer le fichier sous : Volley.rw3.

II.- Exploitation de la numérisation

Q.7. : Quelle est l'allure de la trajectoire de la balle de volley ?
Q.8. : Appliquer la deuxième loi de Newton à la balle lors de sa chute dans l'air après avoir précisé le système d'étude, le référentiel et le repère associé, et fait un inventaire des forces appliquées en précisant leurs caractéristiques.
S.9. : Schématiser la situation.
Q.10. : Projeter la deuxième loi de Newton dans le repère envisagé. Montrer que la poussée d'Archimède peut ici largement être négligée devant le poids de la balle. En déduire l'équation scalaire simplifiée (1).
On donne : $g = 9,81\ N.kg^{-1} = 9,81\ m.s^{-2}$ (unité à justifier…) et $V_{sphère} = (4/3)*\pi*r^3$

1) Enregistrements des constantes

Masse de la balle : m =0,275 kg ; accélération de la pesanteur : $g = 9,81\ m.s^{-2}$;
Diamètre de la balle : d = 21 cm ; masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1,29\ g.mol^{-1}\ kg.m^{-3}$;
Q.11. : D'où un volume pour la bille égal à : V_b = ... m^3.

2) Allure de v_x et v_y

E.12. : Créer les variables v_x et v_y avec l'option Y+.
E.13. : Préciser les valeurs des composantes $v_{0,x}$ et $v_{0,y}$ du vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$.
E.14. : Tracer les graphes de $v_X = f(t)$ et $v_Y = f(t)$. Commenter l'allure des deux courbes.
Q.15. : On fait l'hypothèse que les frottements sont négligeables pour le mouvement suivant (Ox). Comment s'écrit alors l'équation différentielle du mouvement en projection sur (Ox) ? Trouver une solution pour V_x (t).
E.16. : Essayer de modéliser V_X par une droite horizontale. Conclure quant à la validité de l'hypothèse. Justifier.
Q.17. : On fait l'hypothèse que les frottements sont négligeables pour le mouvement suivant (Oy). Comment s'écrit alors l'équation différentielle du mouvement en projection sur (Oy) ? Trouver une solution pour V_y (t).
E.18. : Essayer de modéliser v_Y par une droite affine. Tenter cette modélisation en réduisant les bornes de modélisation pour ne considérer que le début de la courbe v_Y (t) (dans l'onglet **modélisation / définition des bornes / bornes de vy = f (t)** puis aller sur le graphe et sélectionner la partie à modéliser). Conclure quant à la validité de l'hypothèse. Justifier.

3) Allure de y = f (x)

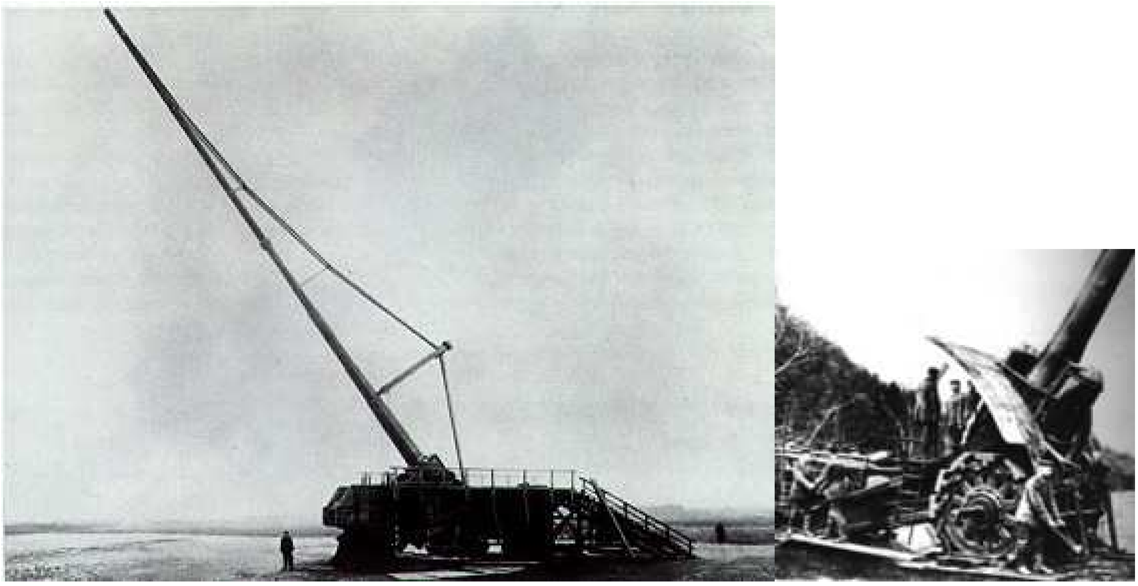
Q.19. : Dans le cas de frottements négligeable suivant (Ox) et (Oy), donner les deux équations différentielles scalaires du mouvement en y et x.
Q.20. : Partant des solutions V_x et V_y, donner les solutions pour x (t) et y (t) aussi appelées équations horaires du mouvement. En déduire l'équation de la trajectoire y = f (x). Quelle est sa forme ?
Q.21. : Etablir les expressions puis calculer les coordonnées de la flèche et de la portée du tir :

- la portée est définie par le point C de la trajectoire d'ordonnée nulle
- la flèche est l'altitude maximale h_{max} atteinte par la bille

Q.22. : Comparer ces valeurs à celles déduites de la trajectoire expérimentale. Conclure.

4) Aspect énergétique

E.23. : Créer les variables : énergie potentielle de pesanteur E_{pp} = m.g.y (on précisera le niveau de référence choisi), énergie cinétique $E_k = 0{,}5*m*(v_X^2 + v_Y^2)$ et énergie mécanique $E_m = E_k + E_{pp}$.
E.24. : Tracer les trois courbes E_{pp} = f (t), E_k = f (t) et E_m = f (t) en les superposant sur Regressi.
Q.25. : Commenter l'allure de ces courbes en terme de conversion d'énergie. Expliquer pourquoi E_m n'est pas constante au cours du mouvement.



Les célèbres canons allemands de la première guerre mondiale : le Paris Kanone (portée de 126 km !!) et la Grosse Bertha (portée 12,5 km mais 420 mm de calibre) (plus de détail pour les guerriers sur : http://html2.free.fr/canons/)