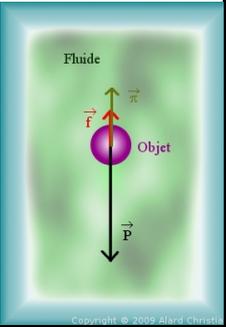




CHUTE VERTICALE D'UNE BALLE DANS L'AIR



OBJECTIFS

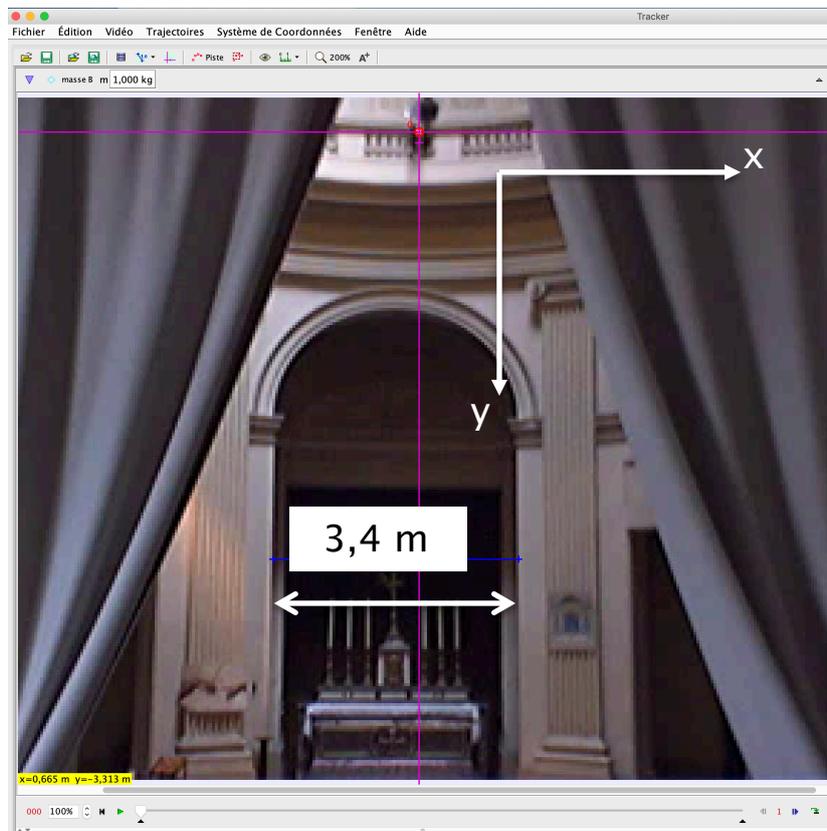
- ✓ Savoir utiliser un logiciel de pointage vidéo.
- ✓ Introduction à la poussée d'Archimède et aux frottements fluides.
- ✓ Savoir résoudre une équation différentielle par la méthode d'Euler.
- ✓ Comparer les résultats obtenus par un modèle et ceux obtenus par l'expérience.

MATERIEL

- ✓ Logiciels Tracker et environnement Python
- ✓ Crayon et feuille ☺

1. SITUATION D'ETUDE, POINTAGE TRACKER, EXPLOITATION PYTHON

On possède l'enregistrement vidéo (10 images par seconde) du mouvement de la chute d'une balle de polystyrène dans une chapelle (cf. image ci-dessous). Ce lieu est propice à cette étude car il est d'une hauteur de plafond importante mais il peut y avoir des petits courants d'air.



Nous allons, comme pour le TP précédent, utiliser le logiciel Tracker pour faire un pointage vidéo de la trajectoire d'un objet, c'est-à-dire récupérer les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ en fonction du temps.

1)  Ouvrez la vidéo *chute_frottement.avi*. Avec le logiciel Tracker, récupérez les coordonnées $x(t)$ et $y(t)$ de la trajectoire en fonction du temps et enregistrez-les dans un fichier *chute_frottement.txt*. **Il faudra être très précis sur le pointage !**

2)  Reprenez le code du TP sur la cinématique pour lire le fichier avec Python et récupérer les trois tableaux : `temps`, `x`, `y`. Par la suite, on ne s'intéressera qu'à la trajectoire suivant `y`.

3)  Reprenez le code du TP sur la cinématique pour obtenir le tableau des vitesses suivant `y` que l'on nommera `v_exp`. Tracez la courbe expérimentale `plt.plot(temps, v_exp)`.

2. LA POUSSEE D'ARCHIMEDE

Comme nous le verrons dans le cours de thermodynamique, tout corps plongé dans un fluide (ici l'air) subit une force, dite **poussée d'Archimède**, dirigée vers le haut et qui s'écrit :

$$\begin{aligned} \vec{F}_A &= -\rho_{air} V_{sphère} \vec{g} \\ \rho_{air} &= 1,3 \text{ g.L}^{-1} = \text{masse volumique de l'air} \\ V_{sphère} &= \text{volume de la sphère} \end{aligned}$$

1)  Déterminez $F_A \equiv \|\vec{F}_A\|$ pour notre balle de rayon $R = 3,5 \text{ cm}$.

2)  Il est possible d'écrire $F_A = m_A g$. Que représente physiquement m_A ? Calculer la valeur de m_A .

3. PESEE DE LA BALLE EN POLYSTYRENE: OBJET LEGER DANS L'AIR



1) On dépose notre balle légère de masse m sur le plateau d'une balance. Faire l'inventaire des forces exercées sur la sphère puis les représenter (Appliquez-vous !). On notera N l'action du plateau sur la balle.



2) Sur la balance, on lit une valeur notée $m' = 2,29$ g. En déduire la valeur de m .



3) Comparez le poids de la sphère mg et la poussée d'Archimède F_A . Peut-on négliger cette dernière ?

4. MODELISATION: FROTTEMENT FLUIDE : $\vec{F} = -\alpha v^\beta \vec{u}$ (\vec{u} unitaire direction de \vec{v})

1)  Faire un inventaire des forces exercées sur la sphère et les représenter.

2) 

- Etablir l'équation différentielle du mouvement à laquelle satisfait la vitesse v (composante de la vitesse sur γ).
- En déduire l'expression littérale de la vitesse limite v_{lim} de la balle en fonction de m, m_A, g, α et β .

3) 

- A partir du graphe de la vitesse expérimentale, déterminer la valeur de v_{lim} .
- Montrez que l'on peut écrire l'équation différentielle qui gouverne v sous la forme :

$$\frac{dv}{dt} = A + Bv^\beta$$

et donnez les expressions de A et de B en fonction des paramètres du problème.

4) On désire résoudre numériquement l'équation différentielle par la **méthode d'Euler** (cf. cours d'informatique et TP sur la cinématique) pour tracer $v_{\text{mod}}(t)$ (mod comme modélisation) et comparer à la courbe expérimentale.

METHODE D'EULER

↓

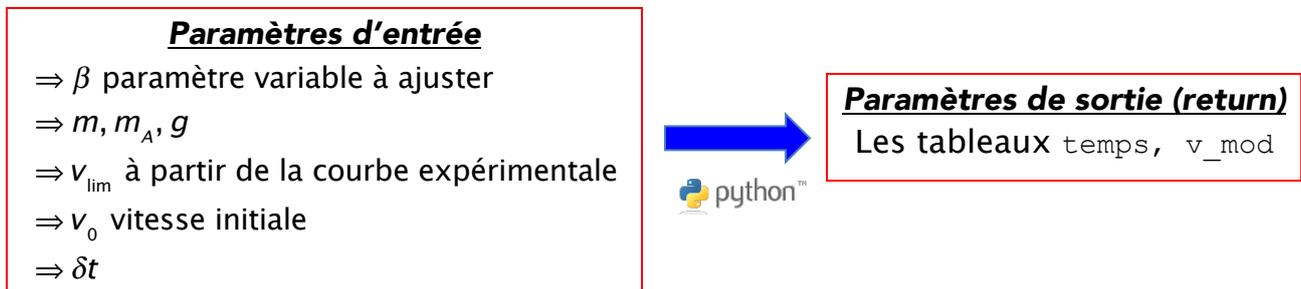
$$\frac{dv(t)}{dt} \approx \frac{v(t + \delta t) - v(t)}{\delta t}$$

DANS PYTHON

↓

$$v_mod[i + 1] = v_mod[i] + delta_t * (A + B * (v_mod[i] ** beta))$$

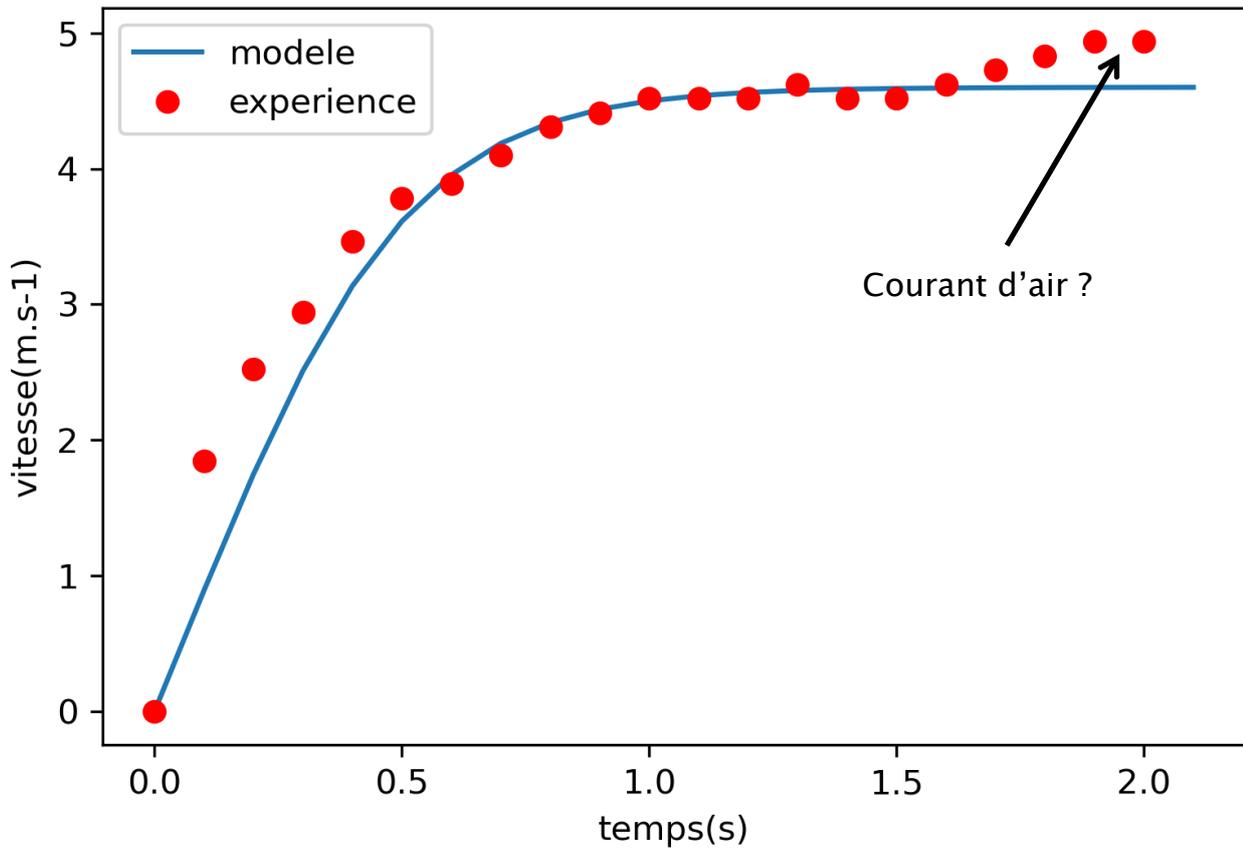
 Codez une fonction Python qui à partir des paramètres d'entrée vous retournera le tableau v_{mod} pour t variant de 0 à 2,1 s avec $\Delta t = 0,1$ s. Il faudra rentrer une valeur test de $\beta \in [1; 2.5]$ environ comme paramètre d'entrée. Vous aurez aussi besoin de la valeur expérimentale préalablement déterminée de v_{lim} .



Note : α sera calculé par le programme à partir des paramètres d'entrée.

 Superposez sur le même graphe les courbes `plt.plot(temps, v_exp)` et `plt.plot(temps, v_mod)`. Ajustez alors la valeur de β pour avoir la meilleure correspondance entre le modèle et l'expérience. Conclure sur la validité du modèle. Vous devez obtenir la courbe suivantes :

Courbes des vitesses, $\beta=2, v_{lim}=4.6 \text{ m.s}^{-1}$



ANNEXE : VALEUR DES POSITIONS (Si problème Tracker ne fonctionne pas)

t (s)	x(m)	y(m)
0	0.00	0.00
0.1	0.02	-0.14
0.2	0.04	-0.37
0.3	0.04	-0.62
0.4	0.04	-0.93
0.5	0.08	-1.30
0.6	0.08	-1.67
0.7	0.06	-2.08
0.8	0.08	-2.49
0.9	0.08	-2.93
1	0.06	-3.38
1.1	0.06	-3.83
1.2	0.04	-4.29
1.3	0.02	-4.74
1.4	-0.02	-5.19
1.5	-0.08	-5.65
1.6	-0.14	-6.06
1.7	-0.19	-6.55
1.8	-0.25	-7.01
1.9	-0.31	-7.48
2	-0.37	-7.98
2.1	-0.41	-8.43