Etude de l'influence du matériel utilisé par un joueur de badminton sur la trajectoire du volant

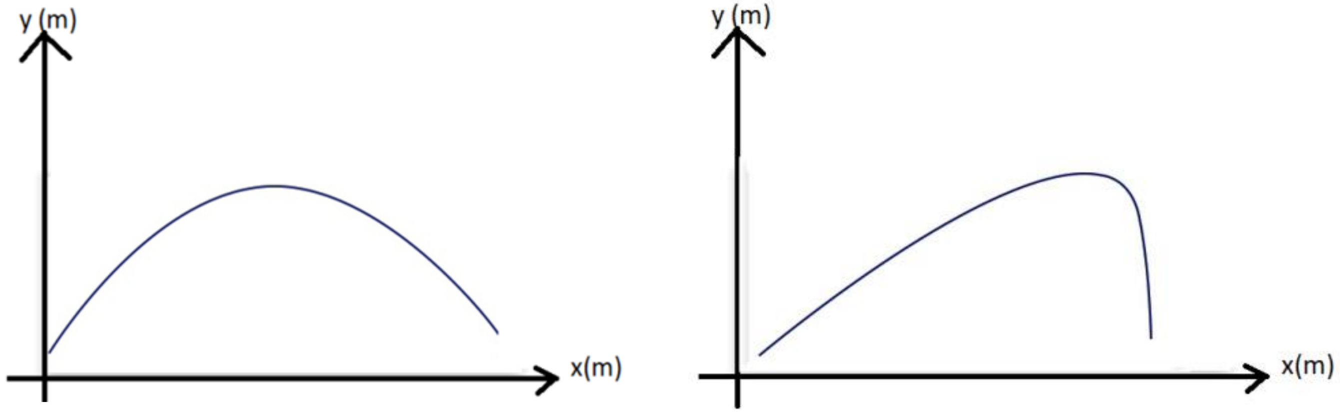
Les règles du service au badminton, Holy Sport

CATTEAU Elsa
MP Option SI
Numéro de candidat : 27827

Présentation du sujet

Thème : Jeux et Sport

Importance de la trajectoire du volant en badminton et ses différentes formes suivant le type de volant



ECE Bac 2024, Sujet 05, Le volant de badminton

Quelles sont les caractéristiques du matériel utilisé en badminton qui influencent la trajectoire du volant ?

SOMMAIRE

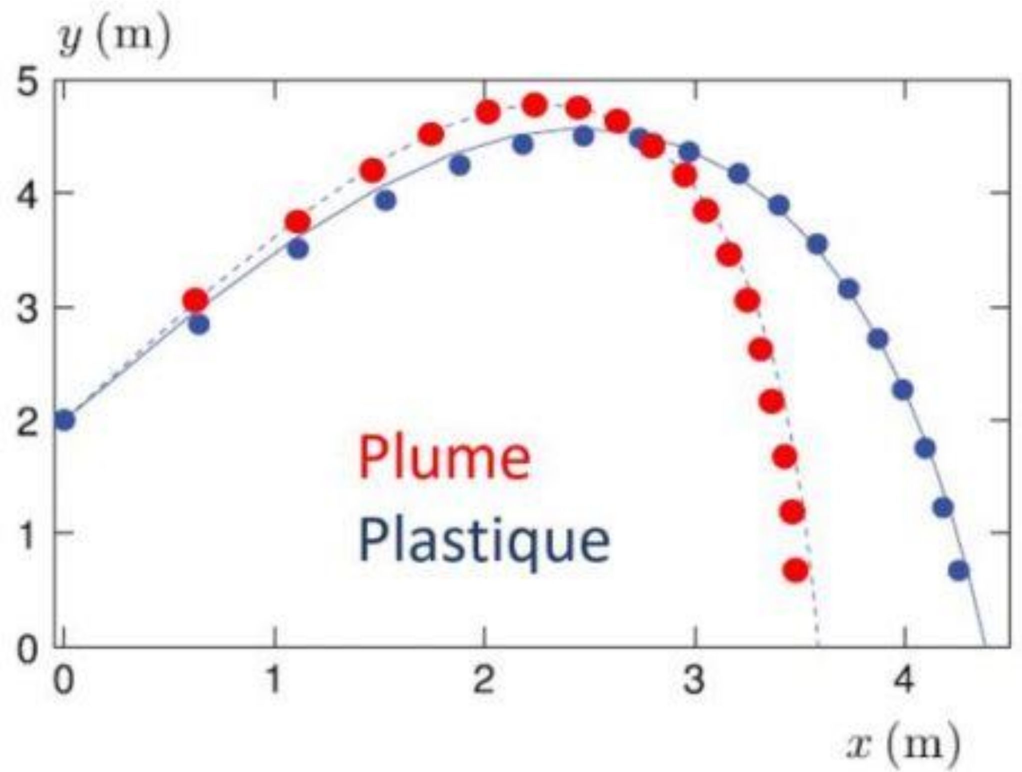
I - Enregistrement de la trajectoire des deux types de volants

II – Détermination du coefficient de frottement des deux volants

III - Résolution par la méthode d'Euler et comparaison avec les trajectoires obtenues expérimentalement

Trajectoires théoriques du volant à plumes et du volant en plastique

Volant en plastique



Sciences et avenir, Droitiers et gauchers ne sont pas égaux devant la physique du badminton, 02/04/2024

Volant à plumes

Robot lanceur de volant de badminton (club de Proville)

Matériel utilisé

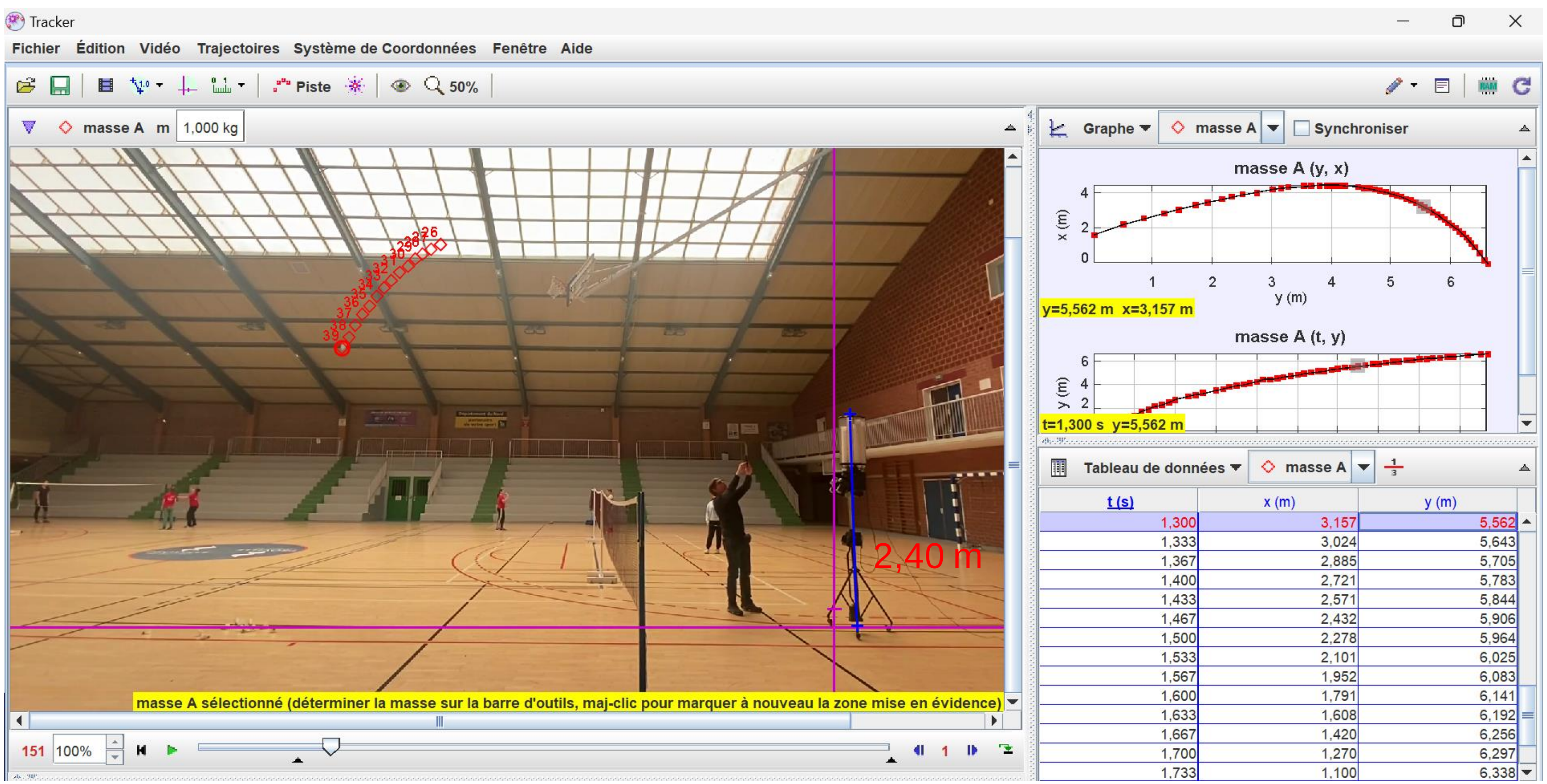
Volants en plastique
Embout : Liège

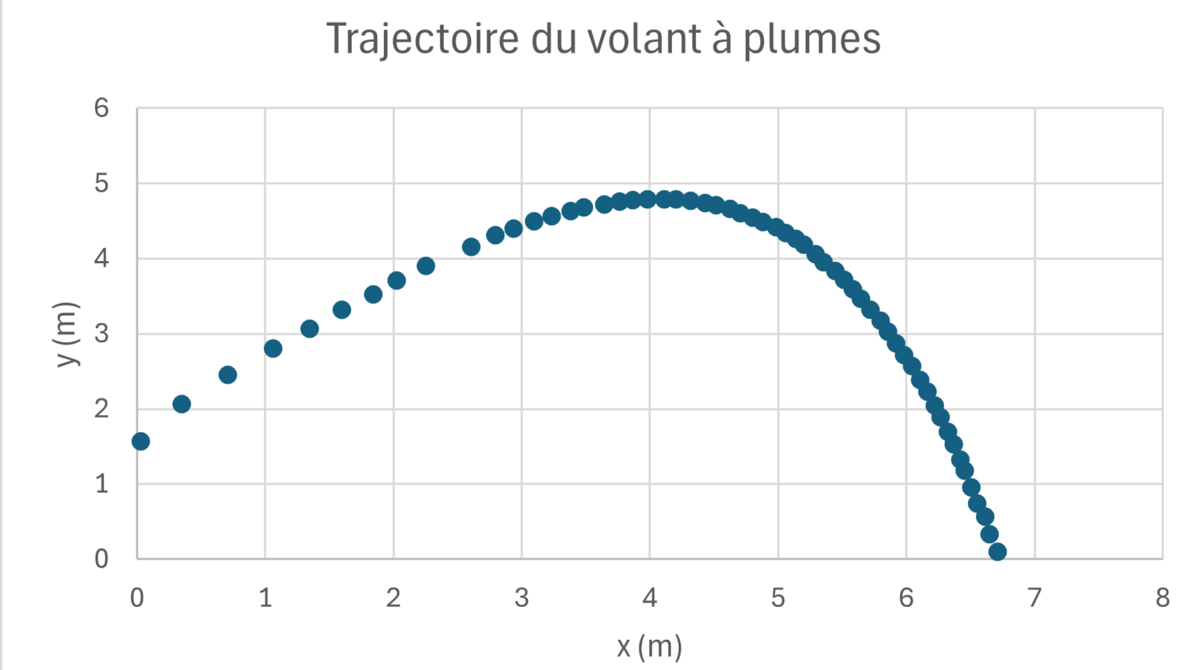
Volants à plumes
Embout : Liège

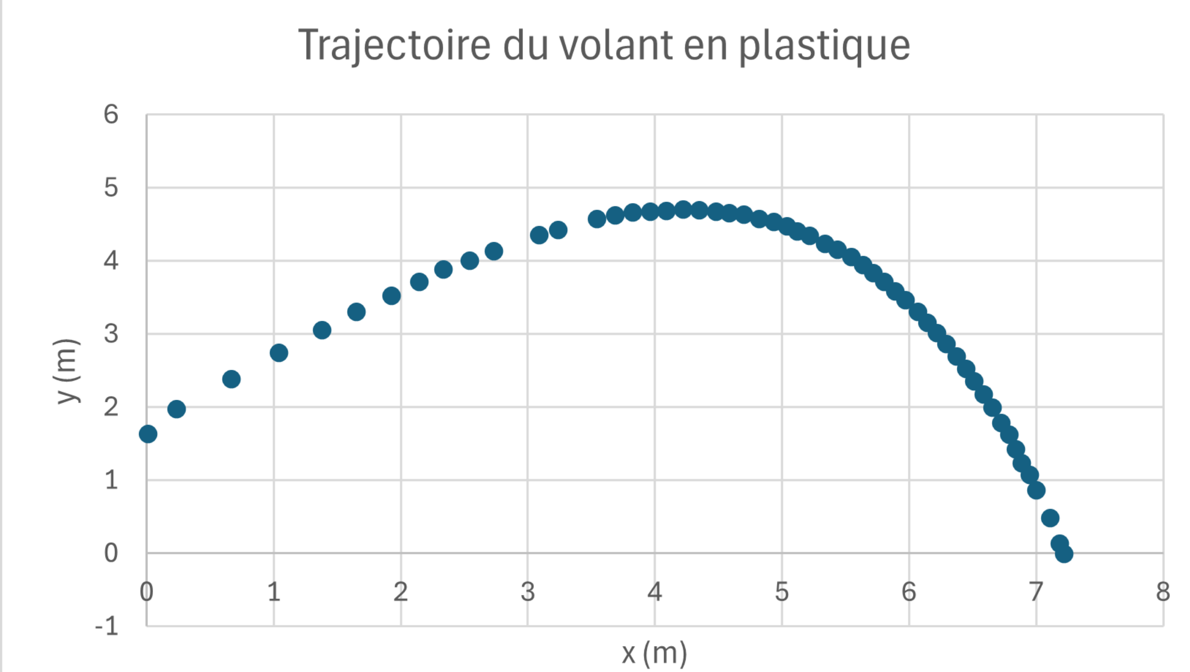
Chronophotographie

Tracker

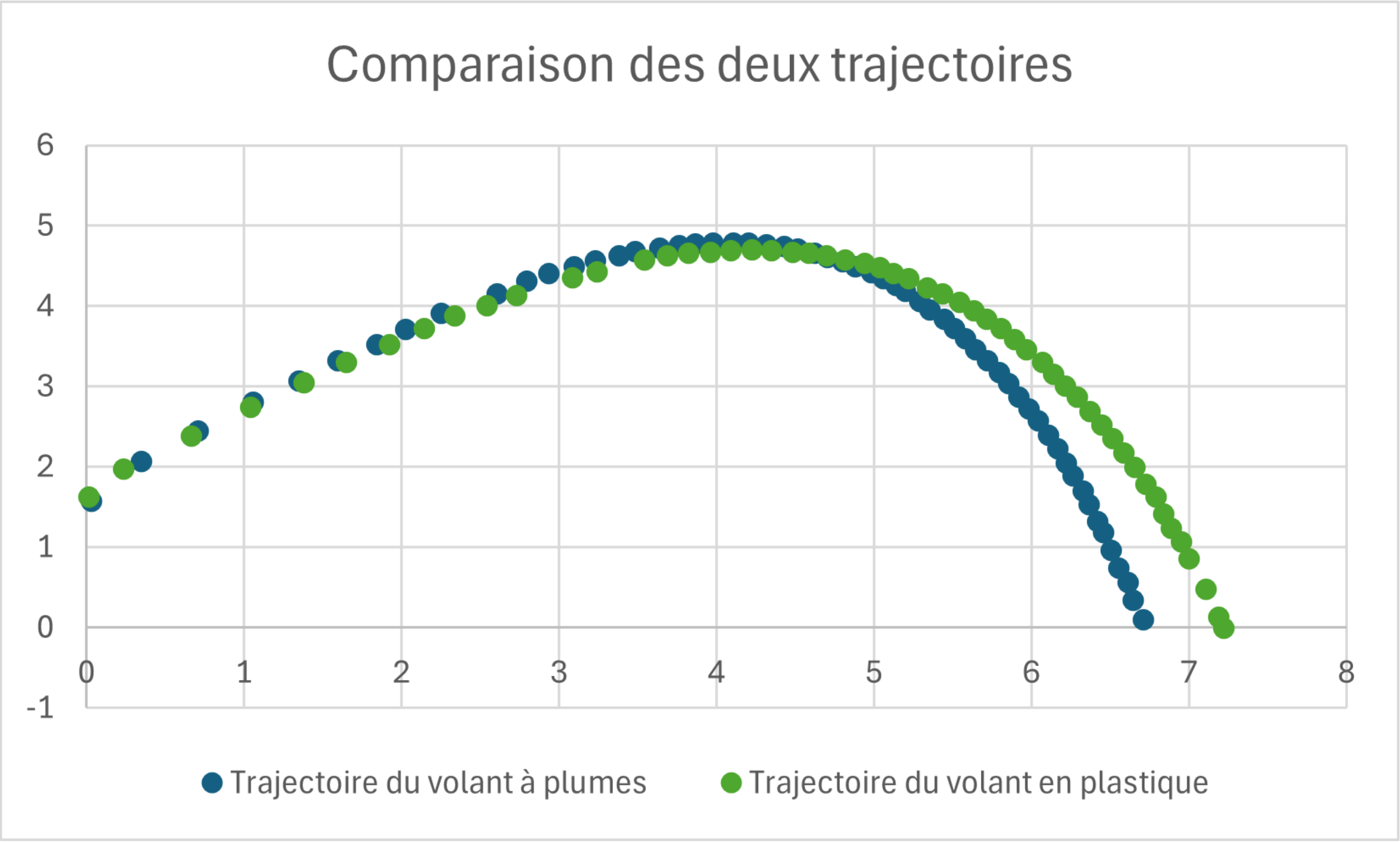
Video Analysis and Modeling Tool




Trajectoire du volant à plumes
y (m)
x (m)
0
1
2
3
4
5
6
7
8


Trajectoire du volant en plastique
y (m)
x (m)
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8

Comparaison des deux trajectoires obtenues



Etude du système

Système : volant

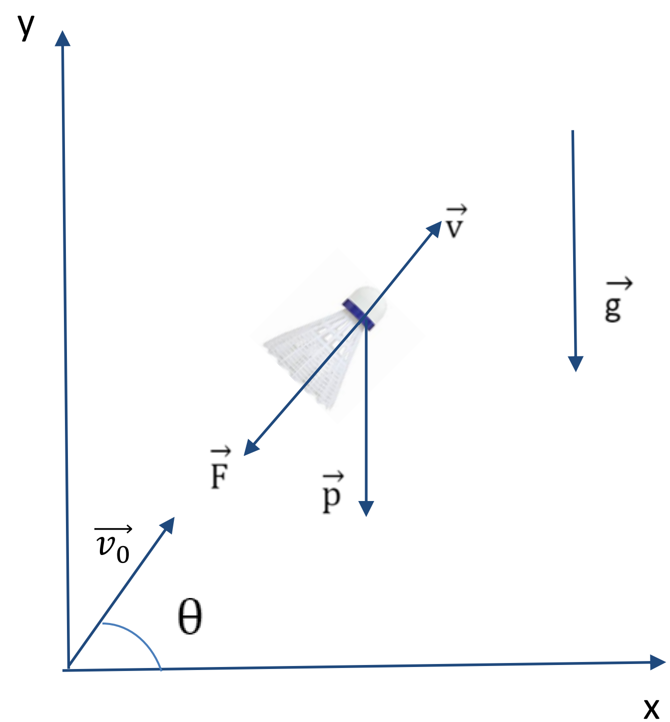
Référentiel terrestre supposé galiléen

Bilan des forces :
- Poids : $\vec{P} = m \times \vec{g}$
- Force de frottement quadratique :

$\vec{F} = -k \times v \times \vec{v}$ avec $k = -\frac{1}{2} \times C_x \times \rho \times S$

ρ : Masse volumique
S : Surface
C_x : Coefficient de traînée

La poussée d'Archimède est négligeable



Coefficient de frottement

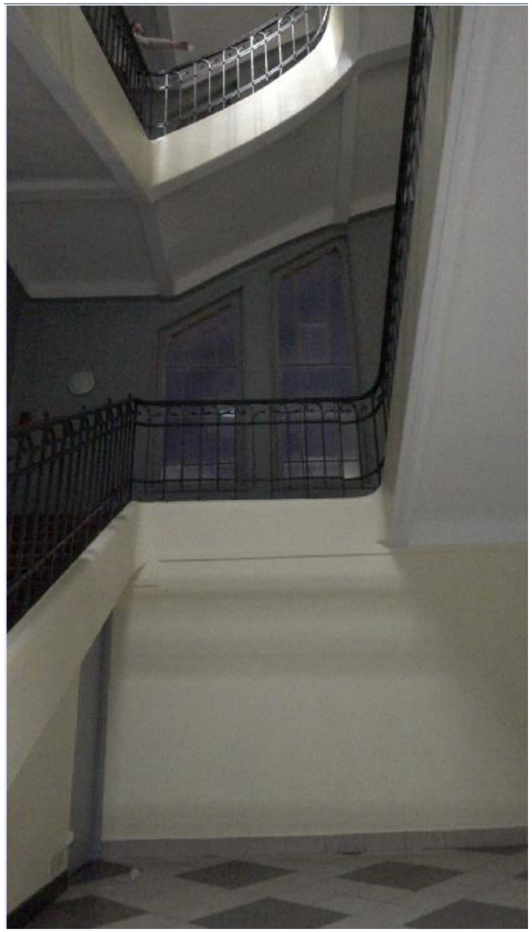
<u>En fin de chute libre</u> :

$$\vec{F} + \vec{P} = \vec{0}$$

$$mg = k \times {v_{lim}}^2$$

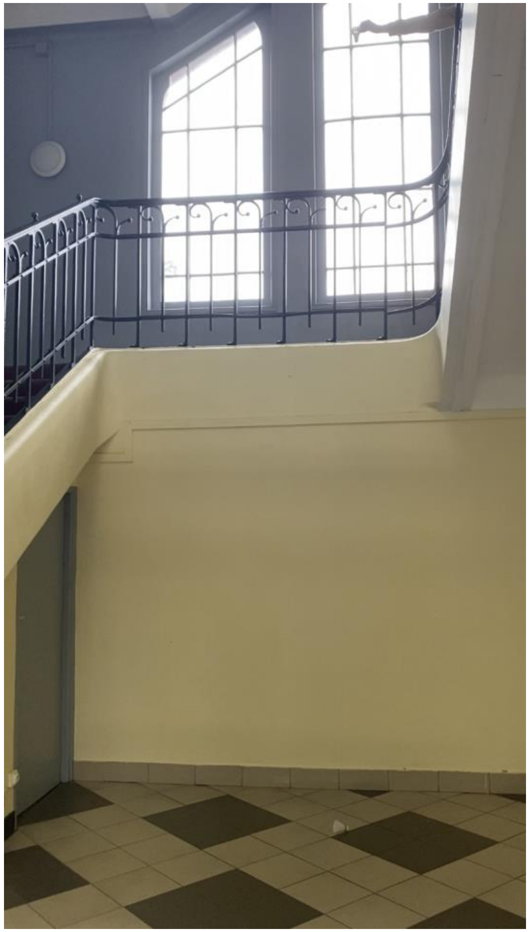
$$\frac{m \times g}{{v_{lim}}^2} = \mathrm{k}$$

Expériences pour déterminer la vitesse limite des deux volants



1ère expérience

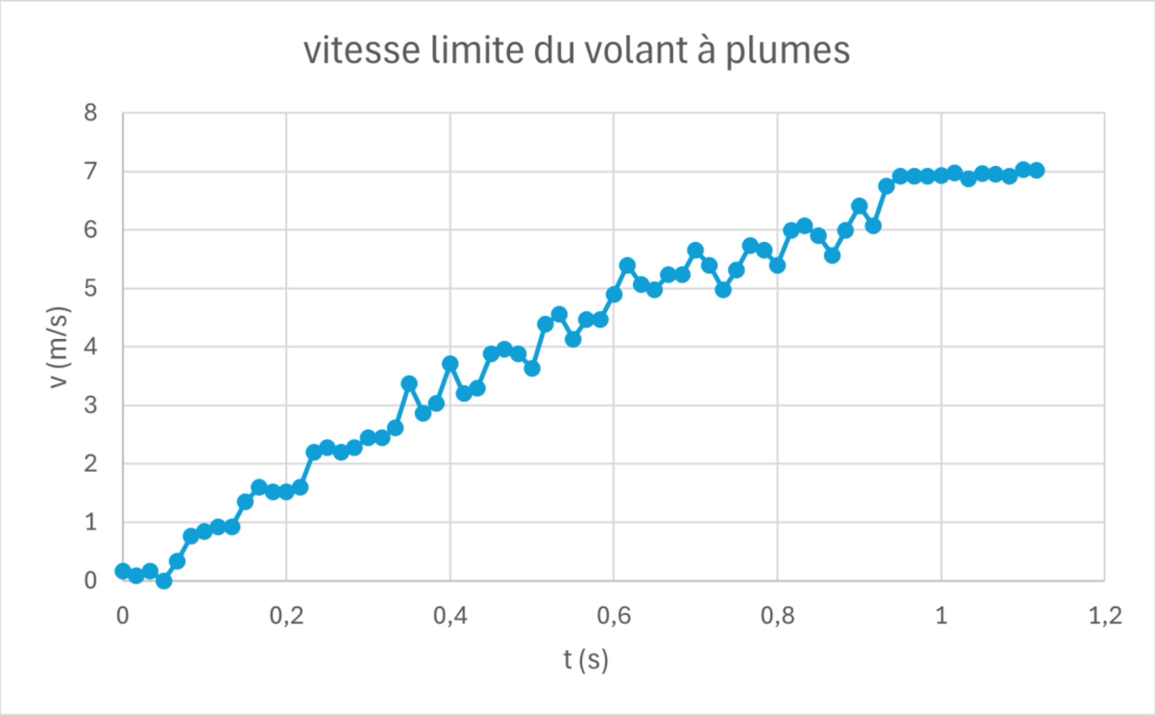
2e expérience



3e expérience

Vitesse limite du volant à plumes

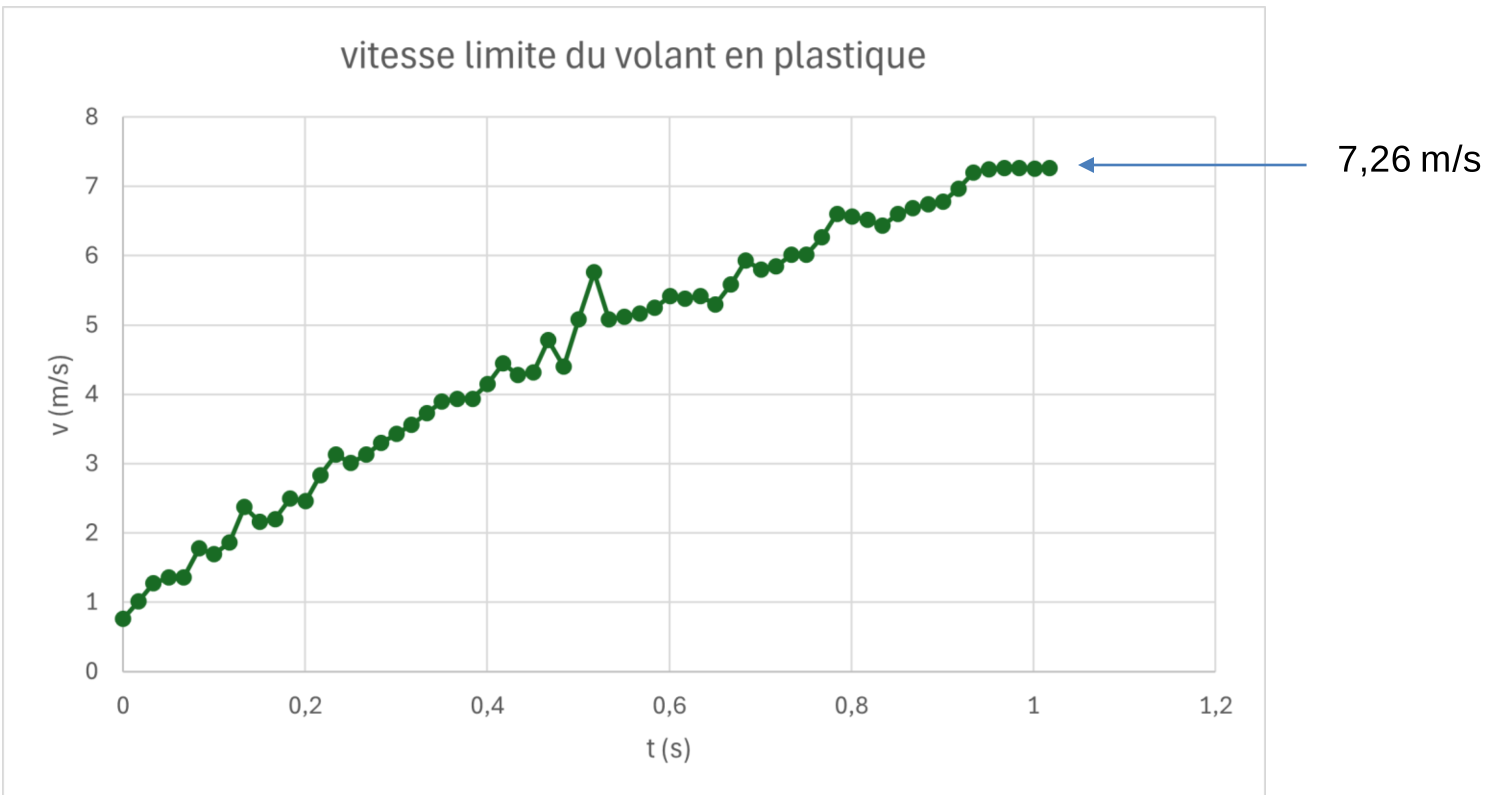
Vitesse limite obtenue pour le volant à plumes : 7 m/s



Pour le volant à plumes avec m = 5 g : k = 1,0 g.m^{-1}

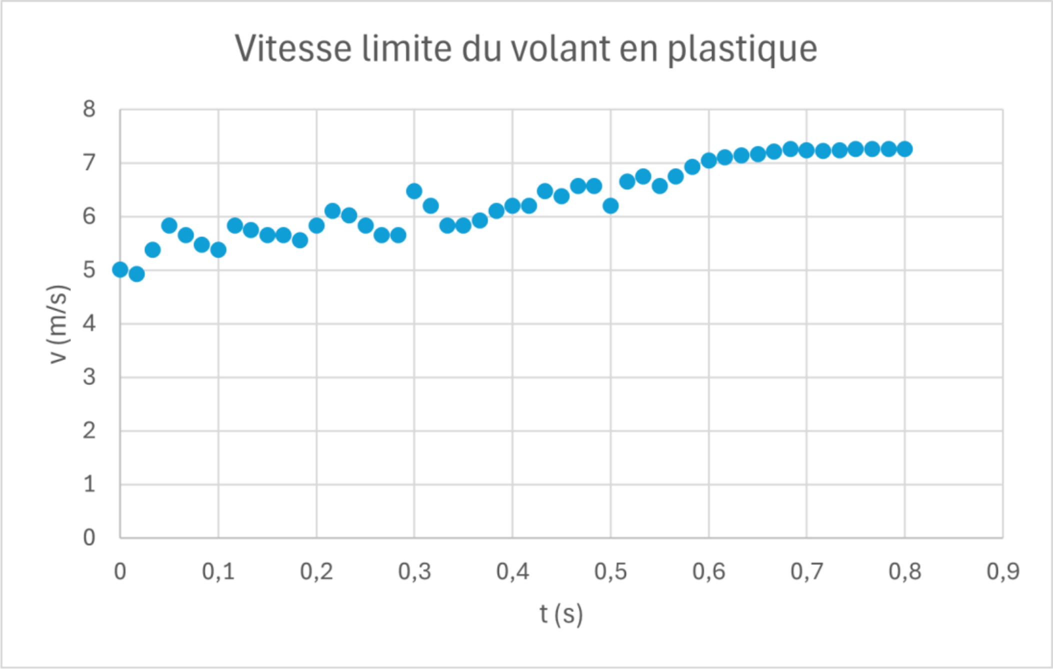
Vitesse limite du volant en plastique

Courbe obtenue pour le volant en plastique :



4e expérience pour déterminer la vitesse limite du volant en plastique

Cadrage de l'expérience

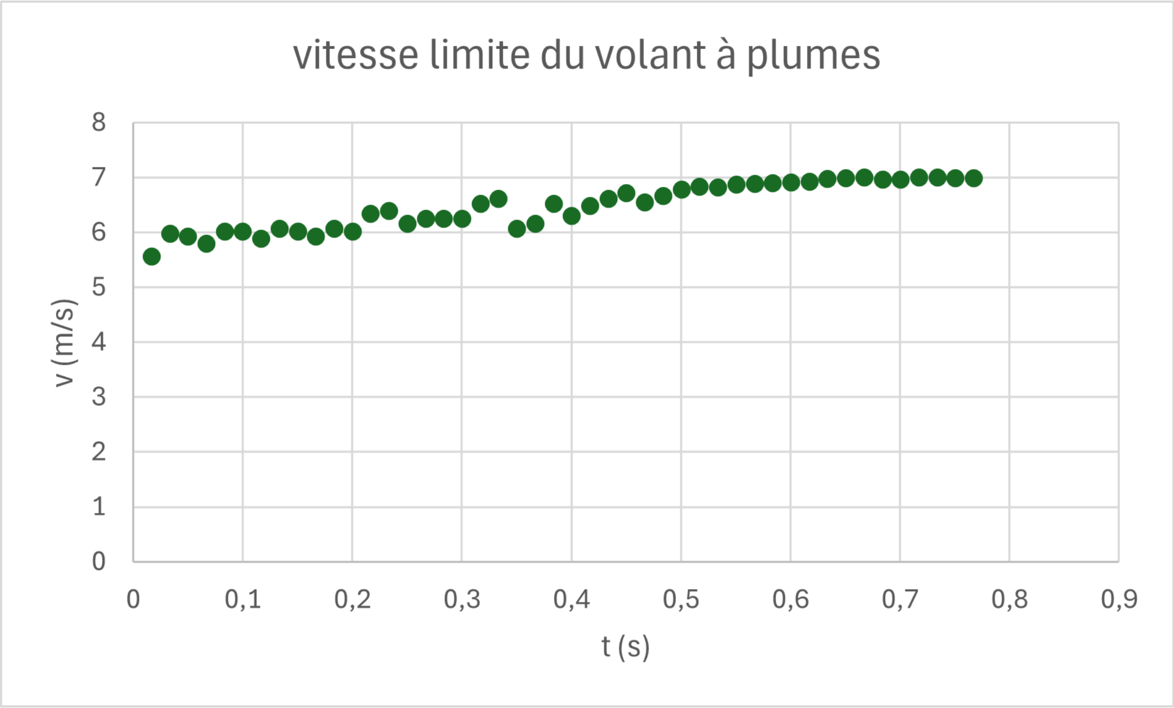


Vitesse limite du volant en plastique : 7,26 m/s

Pour le volant en plastique avec m = 6 g :

k= 1,12 g.m^{-1}

Même expérience mais avec le volant en plumes



Vitesse limite du volant en plumes : 7 m/s
Coefficient de frottement avec m = 5 g : k = 1,0 g.m^{-1}

Equation différentielle de la trajectoire

D'après le Principe Fondamental de la Dynamique :

$$\vec{P} + \vec{F} = m \times \vec{a}$$

$$\mathrm{m} \times \vec{g} - \mathrm{k} \times v \times \vec{v} \equiv m \times \frac{d\vec{v}}{dx}$$

$$\vec{g} - \frac{k}{m} \times v \times \vec{v} = \vec{a}$$

$$\Delta\vec{v} = \left(g - \frac{k}{m} \times v \times \vec{v}\right)\Delta \mathrm{t}$$

$$\begin{pmatrix} (v_x)_{n+1} - (v_x)_n \\ (v_y)_{n+1} - (v_y)_n \end{pmatrix} = \left[\begin{pmatrix} 0 \\ -g \end{pmatrix} \boxed{-\frac{k}{m}} \times \sqrt{{(v_x)_n}^2 + {(v_y)_n}^2} \begin{pmatrix} (v_x)_n \\ (v_y)_n \end{pmatrix}\right] \times \Delta \mathrm{t}$$

Méthode d'Euler

Méthode numérique pour résoudre des équations différentielles du 1[er] ordre de la forme y'(t)=f(y(t),t) pour t appartenant à [a,b] avec y(a)=y_0

<u>Détermination de la vitesse initiale suivant x et y</u> :

Indicateur de vitesse : 60km/h

Télécommande du robot lanceur de volants

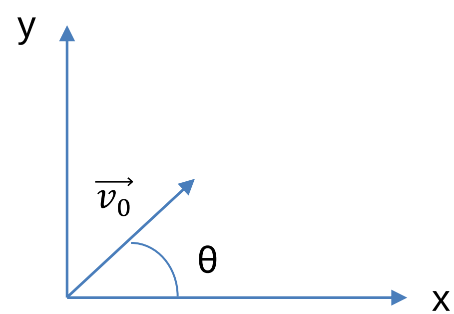
Projection de la vitesse initiale suivant x :

$$\boxed{\frac{60}{3,6}} \times \cos\theta$$

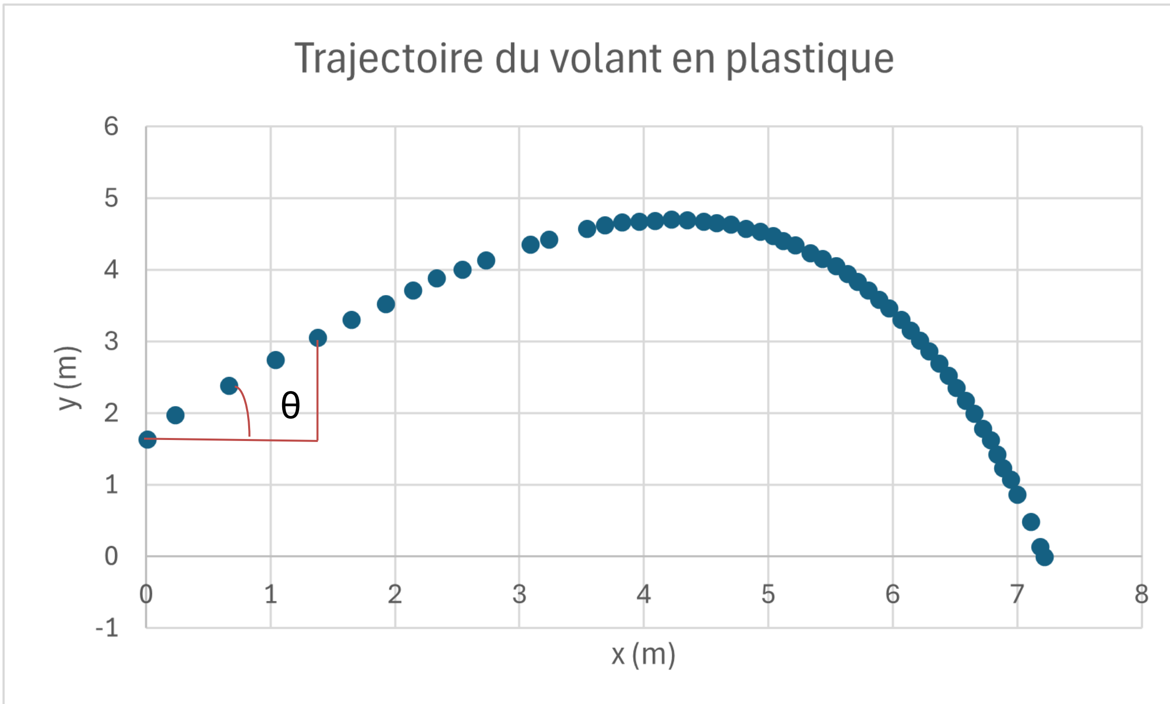
v_0

Projection de la vitesse initiale suivant y :

$$\frac{60}{3,6} \times \sin\theta$$



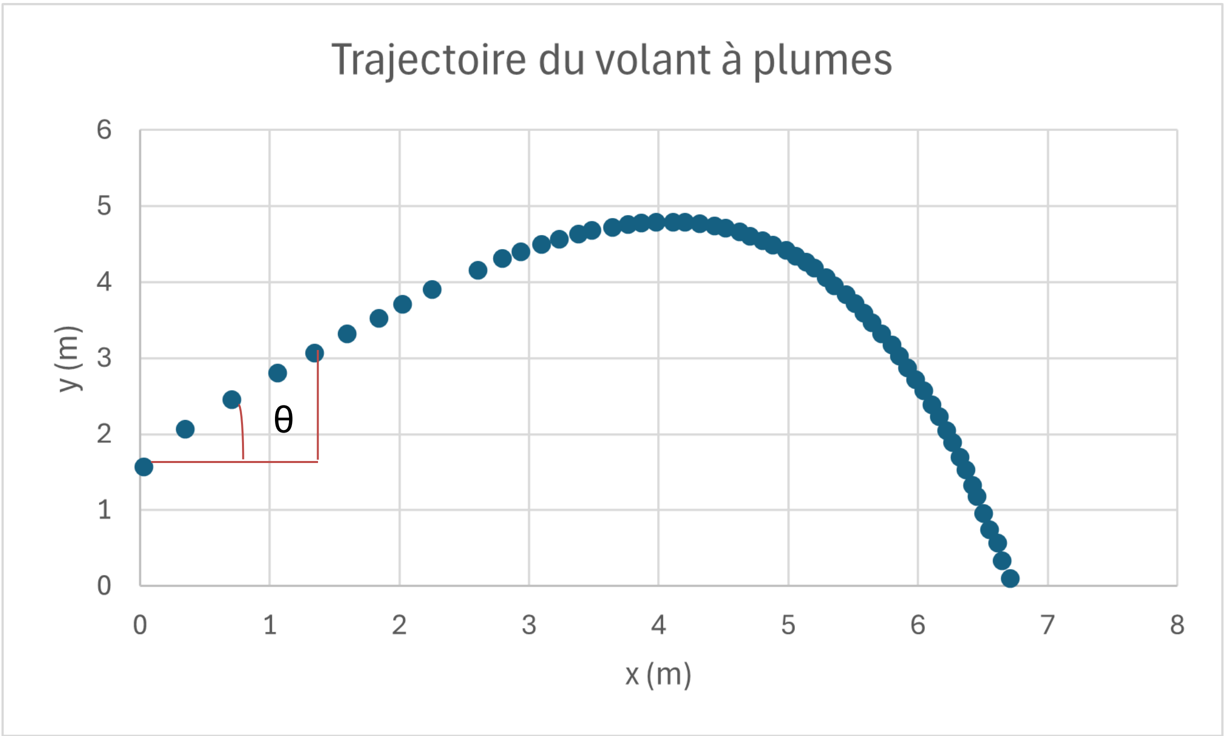
Détermination de l'angle θ pour le volant en plastique



Calcul de θ : $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{3.05-1.63}{1.38-0.02}\right) \approx 46.2^{\circ}$

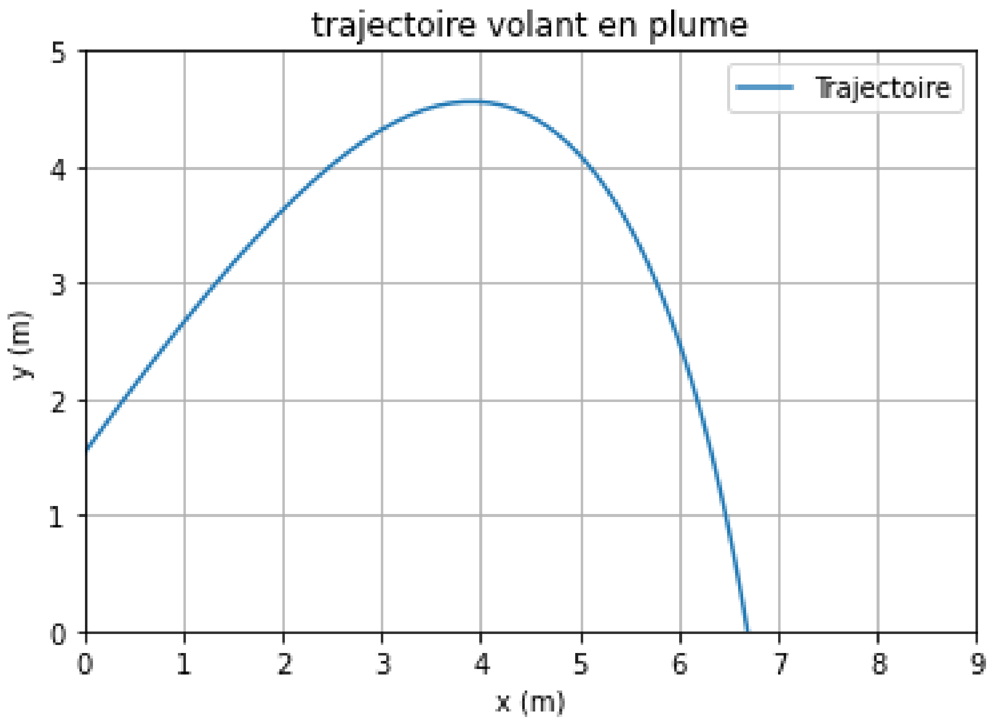
Vitesse initiale suivant x : 11.54 m/s et vitesse initiale suivant y : 12.03 m/s

Détermination de l'angle θ pour le volant en plumes

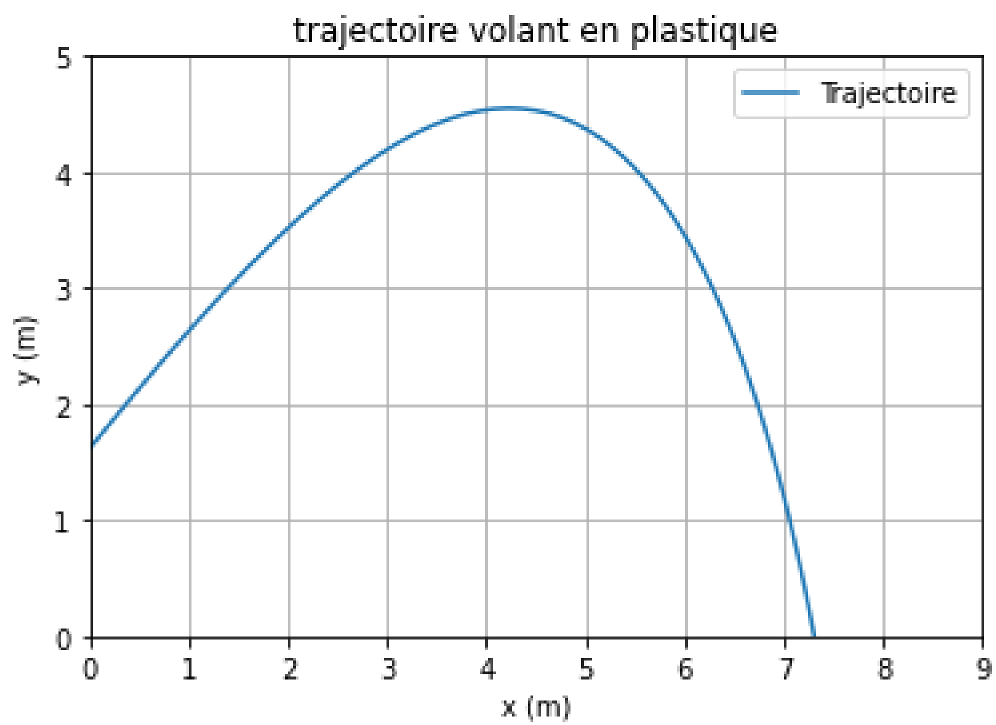


Calcul de θ : $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2{,}82-1{,}64}{0{,}99}\right) \approx 50^{\circ}$

Vitesse initiale suivant x : 10.73 m/s et vitesse initiale suivant y : 12.75 m/s

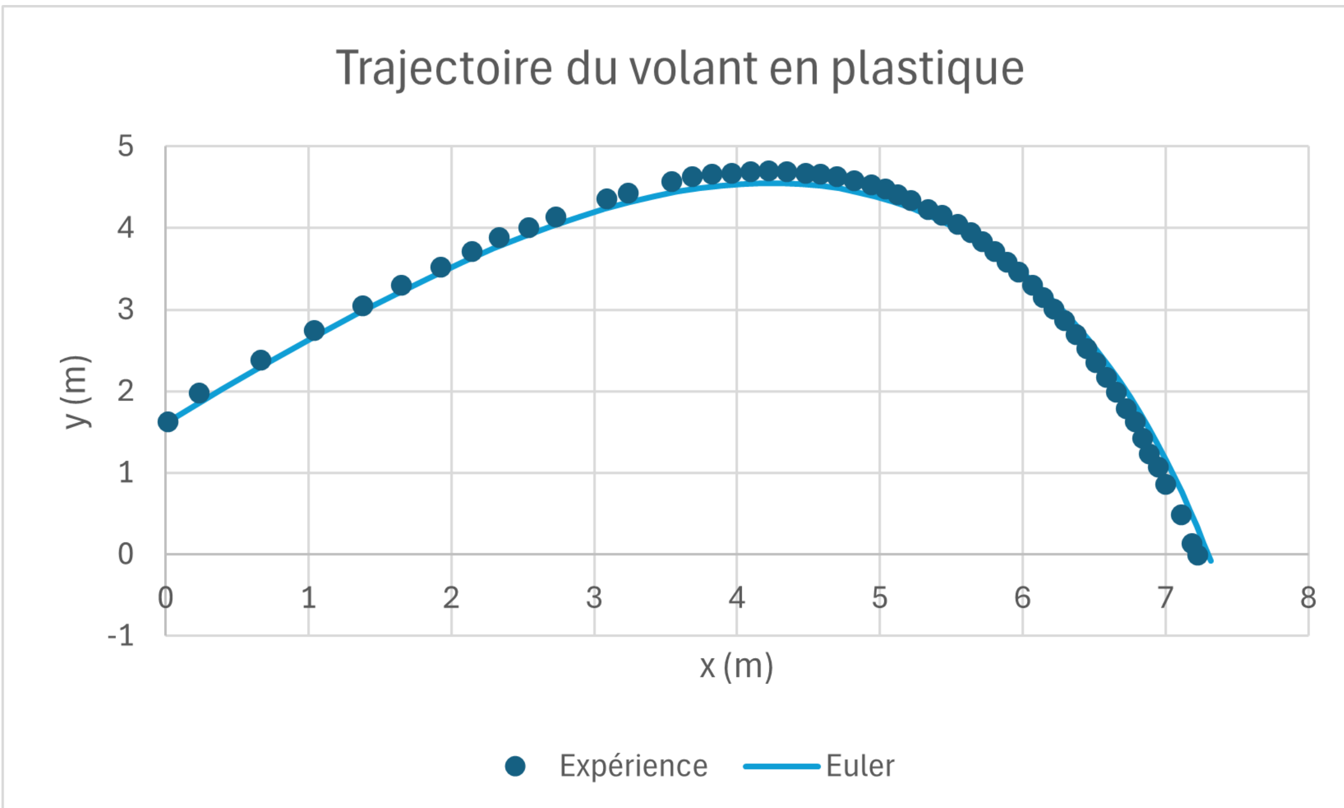


Courbe de la trajectoire du volant à plumes avec la méthode d'Euler
k=1 g.m^{-1}
m=5 g

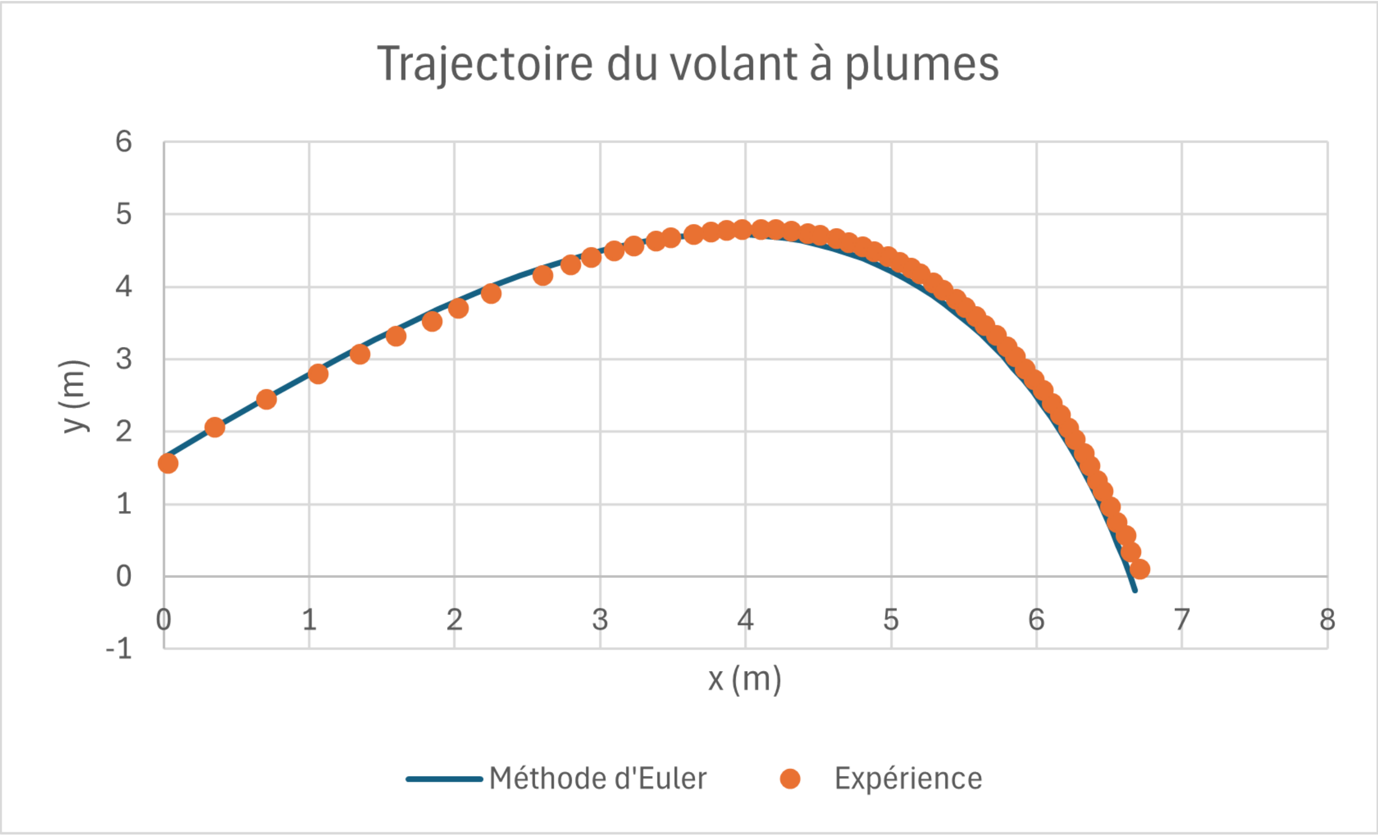


Courbe de la trajectoire du volant en plastique avec la méthode d'Euler
k=1,12 g.m^{-1}
m=6 g

Comparaison de la trajectoire du volant en plastique obtenue expérimentalement avec celle obtenue avec la méthode d'Euler



Comparaison de la trajectoire du volant à plumes obtenue expérimentalement avec celle obtenue avec la méthode d'Euler



Conclusion

- Le facteur $\frac{k}{m}$ est responsable de l'allure de la trajectoire du volant de badminton

- Piste d'amélioration : mesurer le coefficient de frottement à l'aide d'une soufflerie pour pouvoir le comparer avec celui que l'on a trouvé expérimentalement

Pour aller plus loin

Influence de la masse du volant:

- Augmenter la masse du volant pour voir l'influence que celle-ci a sur la trajectoire

Influence de la raquette de badminton sur la trajectoire:

- Influence de la tension de la raquette :

Tension élevée (>11 kilogrammes): plus de précision, de contrôle et de vitesse
Tension basse (<11 kilogrammes): plus de puissance

- Influence de la raideur du manche de la raquette

Annexes

Conditions initiales pour la trajectoire du volant en plastique :

```python
from math import sqrt
import matplotlib.pyplot as plt
import csv
g=9.81
m=6
k=1.12
x0=0.0142
y0=1.629
vx0=11.54
vy0=12.03
dt=0.033
```

```python
plt.title('trajectoire volant en plastique')
plt.xlabel('x (m)')
plt.ylabel('y (m)')
plt.ylim(0,5)
plt.xlim(0,9)
plt.grid(True)
plt.plot(X, Y, label='Trajectoire')
plt.legend()
plt.show()
```

Annexes

Paramètres pour la trajectoire du volant à plumes:

```python
from math import sqrt
import matplotlib.pyplot as plt
import csv
g=9.81
m=5
k=1
x0=0
y0=1.637
vx0=10.73
vy0=12.75
dt=0.033
```

```python
plt.title('trajectoire volant en plume')
plt.xlabel('x (m)')
plt.ylabel('y (m)')
plt.ylim(0,5)
plt.xlim(0,9)
plt.grid(True)
plt.plot(X, Y, label='Trajectoire')
plt.legend()
plt.show()
```

Annexes

Méthode d'Euler:

```
def Euler(x0,y0,vx0,vy0,dt,m,g,k) :
    t = 0
    x = x0
    vx = vx0
    y = y0
    vy = vy0
    T = [0]
    X = [x0]
    Vx = [vx0]
    Y = [y0]
    Vy = [vy0]
    while y > 0 :
        dx = vx*dt
        dvx = -(k/m)*sqrt(vx*vx + vy*vy)*vx*dt
        dy = vy*dt
        dvy = -g*dt - (k/m)*sqrt(vx*vx + vy*vy)*vy*dt
        t = t + dt
        x = x + dx
        y = y + dy
        vx = vx + dvx
        vy = vy + dvy
        T.append(t)
        X.append(x)
        Y.append(y)
        Vx.append(vx)
        Vy.append(vy)
    return T,X,Y,Vx,Vy
T, X, Y, Vx, Vy = Euler(x0, y0, vx0, vy0, dt, m, g, k)
```

Annexes

Programme permettant de récupérer les valeurs de la méthode d'Euler sous un fichier csv :

```python
fichier='fichier1y.csv'
with open(fichier,'w', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)
    for y in Y:
        writer.writerow([y])
fichier='fichier1x.csv'
with open(fichier,'w', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)
    for x in X:
        writer.writerow([x])
```