



# Étude d'un mouvement :

- Équations horaires
- Étude énergétique

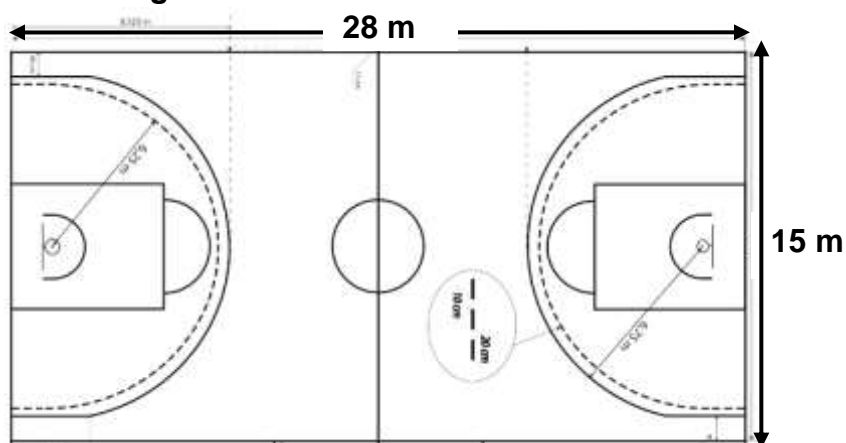
En 2013, un spectateur, tiré au sort dans le public, a réussi le fameux "tir à 100 000 euros" en marquant un panier sans élan depuis le centre du terrain lors des All Star Game, une rencontre annuelle de basket-ball en France.

## I. Équations horaires du mouvement

Le but de cette partie est de mesurer la vitesse initiale  $v_0$  et l'angle de tir  $\theta$  qui a permis de réussir ce tir gagnant.

Pour cela, on va utiliser une vidéo pour déterminer les équations horaires du mouvement du centre de masse du système {ballon} dans le champ de pesanteur terrestre considéré uniforme.

### Document 1 : Dimensions règlementaires d'un terrain de basket-ball



d'après [www.ffbb.com](http://www.ffbb.com)

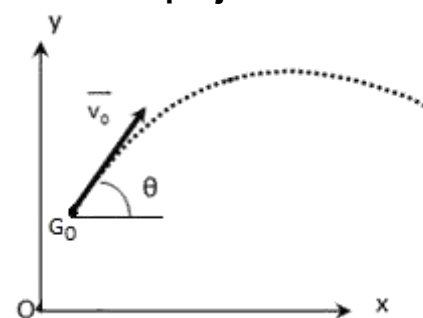
### Document 2 : Équations horaires du mouvement du centre G d'un projectile dans le champ de pesanteur

$$x(t) = (v_0 \cdot \cos\theta) \cdot t + x_0$$

$$y(t) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + (v_0 \cdot \sin\theta) \cdot t + y_0$$

avec :

- $v_0$  la vitesse initiale du projectile\* ;
- $\theta$  l'angle de tir ;
- $x_0$  et  $y_0$  les coordonnées du projectile à l'instant initial ;
- $g$  l'intensité du champ de pesanteur terrestre :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  ;



\* le vecteur vitesse initiale est noté  $\vec{v}_0$  ; l'angle entre l'axe horizontal (O,x) et  $\vec{v}_0$  est noté  $\theta$ .

### Document 3 : Relations mathématiques

$$\cos^2 \theta + \sin^2 \theta = 1$$

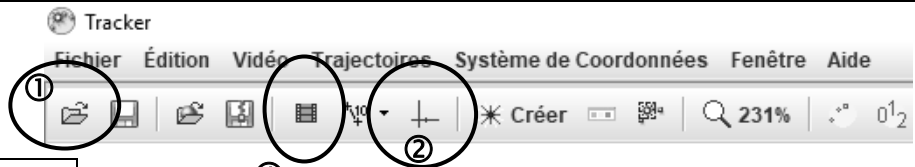
$$\tan \theta = \frac{\sin \theta}{\cos \theta}$$

## RÉALISER

## Pointage avec le logiciel Tracker

### ① Ouvrir la vidéo

C:\PC\TSpé\ Basket.avi



### ② Créer un repère d'espace

Afficher les axes en cliquant sur l'icône axes dans la barre d'outils.



### ③ Étalonner les distances

Il est nécessaire d'indiquer la distance réelle entre 2 points.

Pour cela, utiliser l'échelle du document 1 et 2 points de votre choix sur l'image n°1.

### Trajectoires > Nouveau > Outils de calibration > Bâton de calibration

Se placer sur le 1er point puis faire **Shift** (  ) + **Clic gauche**.

Se placer sur le 2ème point puis faire **Shift + Clic gauche**.

Entrer la valeur de la distance  $d$  en mètres entre les 2 points dans l'encadré qui s'est ouvert.

### ④ Choisir l'origine des dates

Lors de l'étude la balle doit être en chute libre : elle ne doit être soumise qu'à son poids.

Faire défiler le film image par image pour repérer à partir de quelle image la chute libre débute.

Cliquer sur l'inspecteur de vidéo  , indiquer l'image de départ.

### ⑤ Pointer les positions

Créer une nouvelle trajectoire  > **Masse ponctuelle**

Placer le curseur au centre de la balle, puis faire **Shift + Clic gauche**.

*Le film passe sur l'image suivante.*

Recliquer sur la nouvelle position de la balle avec **Shift + Clic gauche**.

Faire de même pour toutes les images de la vidéo.

### ⑥ Exporter les données vers Regressi

En bas à droite, cliquer dans une case du tableau de données.

Avec CTRL+A sélectionner toutes les cases.

Puis Copier les données avec un clic droit dans le tableau.

« Copier les données ... Pleine précision »

t (s)	x (m)	y (m)
0,000	-0,202	5,793E-2
0,059	1,094	1,477
0,118		
0,176		
0,235		
0,294		
0,353		
0,412		
0,471		
0,529		

Ouvrir Regressi.

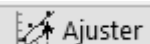
Fichier>Nouveau>Presse-Papiers.

### ⑦ Modéliser

Afficher la courbe représentative de  $x = f(t)$ , avec Coordonnés.



Modéliser cette courbe, clic droit Modélisation. Choisir le modèle adapté. Ajuster.



Reporter le résultat en Q3.

Faire le même travail pour  $y = g(t)$ .

## ANALYSER

**Q1.** Quelle image choisir comme origine des dates pour considérer le mouvement assimilable à une chute libre ? Pourquoi ?

**Q2.** Quelle partie du terrain peut-on utiliser pour étalonner les distances sur l'image 1 ?

**Q3.** Reporter ci-dessous les équations horaires (les seules grandeurs littérales devant apparaître dans ces équations sont  $x$ ,  $y$  et  $t$ ).

$x(t) = \dots\dots\dots$

$y(t) = \dots\dots\dots$

**Q4.** En comparant les équations fournies par le logiciel avec celles du document 2, en déduire les valeurs de  $v_0 \cdot \cos \theta$  et  $v_0 \cdot \sin \theta$ .

$v_0 \cdot \cos \theta = \dots\dots\dots$

$v_0 \cdot \sin \theta = \dots\dots\dots$

**Q5.** En déduire la valeur de  $\theta$  puis celle de  $v_0$  résultant des réponses précédentes, en justifiant.

$\theta = \dots\dots\dots$

$v_0 = \dots\dots\dots$

## VALIDER

**Q6.** Quelles peuvent-être les causes des erreurs de mesure de la vitesse  $v_0$  par pointage vidéo ?

## II. Étude énergétique

Le but de cette partie est d'obtenir une représentation graphique de l'évolution des énergies cinétique, potentielle et mécanique au cours du mouvement du ballon de basket.

### **Document 4 : Vitesses**

Le vecteur vitesse  $\vec{v}(t)$  de M à la date  $t$  est la dérivée du vecteur position par rapport au temps :

$$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt} .$$

$$\vec{v} \text{ a pour abscisse } v_x = \frac{dx}{dt} \text{ et pour ordonnée } v_y = \frac{dy}{dt}$$

$$\text{La valeur de la vitesse est définie par } \|\vec{v}\| = v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} .$$

Le logiciel Regressi peut calculer :

- des dérivées :

dans la fenêtre Grandeurs, créer une nouvelle grandeur avec  , choisir Dérivée.

- des racines carrées avec la fonction sqrt( ).

### **Document 5 : Énergies**

L'énergie cinétique est liée à la vitesse par la relation  $E_c = \frac{1}{2} . m . v^2$  où la masse est exprimée en kg et la vitesse en  $m . s^{-1}$ .

L'énergie potentielle de pesanteur est liée à l'altitude par rapport à une altitude de référence qu'il est nécessaire de préciser.  $E_{pp} = m . g . z$  où la masse est exprimée en kg et l'altitude en m.

La valeur de l'intensité du champ de pesanteur terrestre vaut  $g = 9,8 m . s^{-2}$ .

L'énergie mécanique est la somme des énergies cinétique et potentielle.

En cas de chute libre, sa valeur se conserve.

### **Document 6 : Ballon de basket-ball**

Il est généralement de couleur orange. Le modèle officiel pour les hommes, de taille 7, a une masse comprise entre 567 et 624 g et a un diamètre compris entre 23,8 et 24,8 cm.

*D'après Wikipédia*



## RÉALISER

**Q7.** À l'aide du logiciel Regressi et du fichier de pointage des positions précédent, créer les grandeurs nécessaires à la réalisation d'un graphique présentant les évolutions temporelles des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique.

Imprimer ce graphique, en faisant apparaître les expressions.

## ANALYSER

**Q8.** Peut-on considérer que le mouvement du ballon est modélisable par un mouvement de chute libre ? Justifier.

### **III. Étude du vol d'un drone avec Python**

On a relevé la vitesse et l'altitude d'un drone au cours du temps. À l'aide du langage de programmation Python, il est possible d'obtenir les représentations graphiques de l'évolution temporelle des énergies.

Le document 7 ci-après fourni un script dont une partie est volontairement cachée et manquante. Le document 8 montre l'évolution des énergies cinétique et mécanique.

**Q9.** Rappeler les étapes nécessaires à la collecte des positions du drone en fonction du temps par pointage vidéo.

**Q10.** Quel adjectif qualifie le mouvement du drone ? Justifier.

**Q11.** Justifier, sans calcul, que l'altitude  $h$  de vol du drone est constante.

**Q12.** Indiquer le numéro de ligne du programme où apparaît la masse  $m$  du drone. Puis noter sa valeur avec son unité.

**Q13.** En s'aidant des représentations graphiques, calculer l'altitude de vol du drone. L'énergie potentielle de pesanteur  $E_{pp}$  est considérée nulle au niveau du sol. La valeur de l'intensité du champ de pesanteur est donnée dans le document 5.

**Q14.** Sur le document 7, écrire, à la bonne place :  
- les deux lignes permettant de calculer l'énergie potentielle de pesanteur,  
- puis celle permettant sa représentation graphique.

**Q15.** Tracer la courbe représentant l'évolution de l'énergie potentielle de pesanteur du drone au cours du vol sur le graphique du document 8.

## Document 7 : Script Python

```
1 t = [0,1,2,3,4,5,6,7,8,9] # temps de vol en minutes
2
3 vitesse =[11.95,11.85,12.0,11.95,12.0,11.90,12.0,11.90,12.05,12.01] # vitesse de vol en m/s
4
5 altitude = [ ] # altitude de vol en m
6
7 Ec=[] # création des listes de valeurs Ec, Epp et Em
8 Epp = []
9 Em = []
10
11 for i in t: # boucle itérative pour calculer Ec(J), Epp(J) et Em(J).La fonction "Append" permet d'ajouter
12 # la valeur calculée à la fin de la liste de valeurs
13 # Eci: Ec à la position i de la liste t; Eppi: Epp à la position i de la liste t
14
15
16
17 Eci = (0.700*vitesse[i]**2)/2
18 Ec.append(Eci)
19
20
21
22 Emi = Eci + Eppi
23 Em.append(Emi)
24
25
26
27
28 plt.plot(t, Ec) # tracé des courbes Ec = f(t) et Em = f(t) puis affichage
29
30
31
32 plt.plot(t, Em)
33
34
35
36 plt.legend()
37
38
39
40 plt.show()
```

## Document 8 :

Evolution des énergies  $E_c$  et  $E_m$  du drone au cours du vol d'observation

