EXERCICE II (5 points)
LE « TWEENER-LOB » OU LE COUP ENTRE LES JAMBES

Lors des huitièmes de finale de Roland Garros en 2022, Carlos Alcaraz a réalisé un « tweener-lob » contre Karen Khachanov. Pour que le « tweener-lob » soit réussi, la balle doit passer au-dessus de l'adversaire et retomber avant la ligne de fond de court.

On s'intéresse dans cet exercice à ce geste tennistique. L'étude sera menée dans le référentiel terrestre supposé galiléen et le système {balle} sera considéré comme un point matériel noté H. On négligera tout type de frottement.



Le tweener lobé de Carlos Alcaraz contre Khachanov en huitièmes de finale de Roland-Garros 2022.

Source : www.tennislegend.fr

Carlos Alcaraz est situé sur la ligne de fond de court lorsqu'il joue son « tweener-lob ». Il frappe la balle à une hauteur y_0 = 30,0 cm et lui communique une vitesse $\overrightarrow{v_0}$ contenue dans un plan vertical, de valeur v_0 = 55,1 km · h^{-1}, et formant un angle α = 48,0° avec l'horizontale.

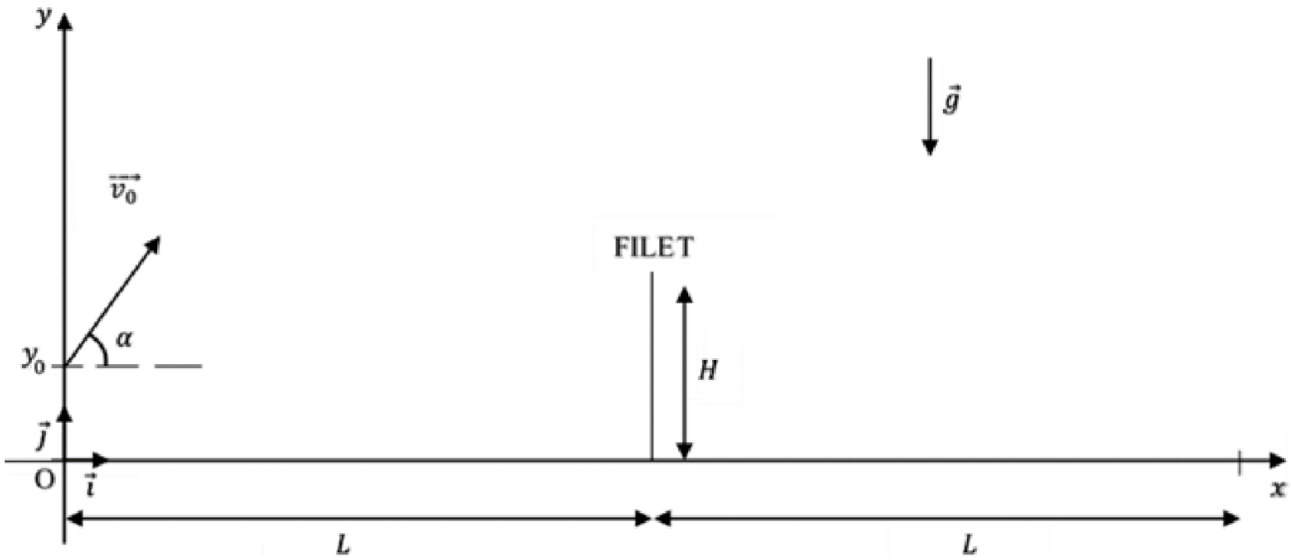


Figure 1 : Représentation schématique de la situation

Données :

- accélération de pesanteur : $g = 9{,}81$ m.s^{-2} ;
- masse de la balle : $m = 58{,}5$ g ;
- longueur entre la ligne de fond de court et le filet : $L = 12{,}0$ m ;
- hauteur du filet : $H = 0{,}914$ m.

PARTIE A : Étude du mouvement de la balle lors du « tweener-lob »

A.1. En appliquant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées du vecteur accélération lors du mouvement de la balle dans le repère $(O ; \vec{\imath}, \vec{\jmath})$.

La balle est frappée à la date $t = 0$ s.

A.2. Déterminer, en détaillant chaque étape de votre raisonnement, les équations horaires $x(t)$ et $y(t)$ du point G dans le repère $(O ; \vec{\imath}, \vec{\jmath})$.

A.3. En déduire que l'équation de la trajectoire de la balle est, dans les unités du système international :

$$y = -0{,}047\,x^2 + 1{,}1\,x + 0{,}30$$

A.4. L'adversaire Karen Khachanov se situe à 3,0 m du filet et le tamis de sa raquette est alors à une hauteur de 4,0 m lorsque Carlos Alcaraz tente de le lober. Déterminer si la balle jouée par C. Alcaraz passe au-dessus de la raquette de son adversaire.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'est pas aboutie. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

PARTIE B : Étude énergétique du mouvement de la balle

On choisira un axe vertical ascendant et une énergie potentielle de pesanteur nulle à l'origine du repère $(O ; \vec{\imath}, \vec{\jmath})$.

À $t = 0$ s, la balle est située au point ($x_0 = 0$; $y_0 = 0{,}30$ m) avec une vitesse $v_0 = 55{,}1$ km · h^{-1}.

B.1. Rappeler la définition de l'énergie mécanique E_m de la balle.

B.2. Exprimer l'énergie mécanique $E_m(0)$ de la balle à $t = 0$ s, en fonction de m, g, v_0 et y_0. Calculer sa valeur.

B.3. Indiquer sous quelle condition s'applique la conservation de l'énergie mécanique.

B.4. Calculer la valeur de la vitesse de la balle v_f quand elle retombe au sol. Indiquer si la valeur réellement mesurée par le radar du terrain sera supérieure ou inférieure à celle calculée. Justifier.