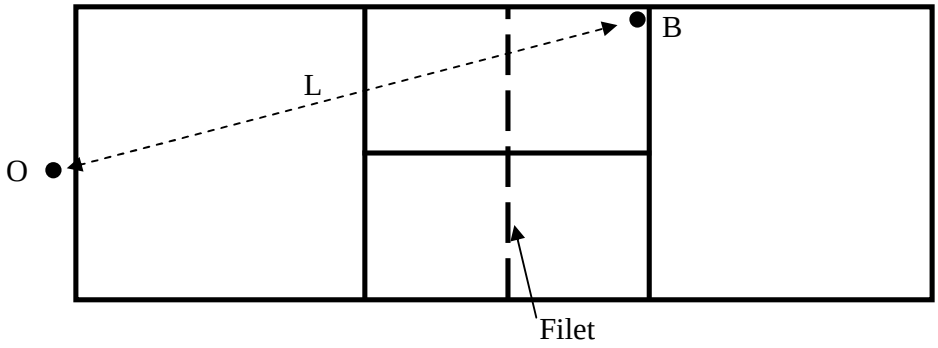
EXERCICE II. UN SERVICE AU TENNIS (5,5 points)

Novembre 2009 - Amérique du Sud

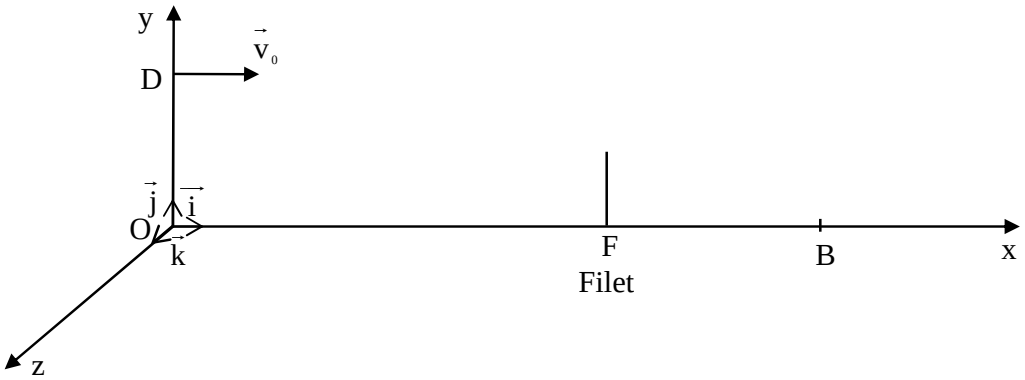
Un terrain de tennis est un rectangle de longueur 23,8 m et de largeur 8,23 m. Il est séparé en deux dans le sens de la largeur par un filet dont la hauteur est 0,920 m.
Lorsqu'un joueur effectue un service, il doit envoyer la balle dans une zone comprise entre le filet et une ligne située à 6,40 m du filet.
On étudie un service du joueur placé au point O.



Ce joueur souhaite que la balle frappe le sol en B tel que OB = L = 18,7 m.

Pour cela, il lance la balle verticalement et la frappe avec sa raquette en un point D situé sur la verticale de O à la hauteur H = 2,20 m.
La balle part alors de D avec une vitesse de valeur v_0 = 126 km.h^{-1}, horizontale comme le montre le schéma ci-dessous.
La balle de masse m = 58,0 g sera considérée comme ponctuelle et on considérera que l'action de l'air est négligeable.

L'étude du mouvement sera faite dans le référentiel terrestre, galiléen, dans lequel on choisit un repère Oxyz comme l'indique le schéma ci-dessous :



1. Équations horaires paramétriques et trajectoire.

1.1. Faire le bilan des forces appliquées à la balle pendant son mouvement entre D et B.
En indiquer les caractéristiques (direction, sens, grandeur) et l'expression.

1.2. Établir l'expression du vecteur accélération de la balle au cours de son mouvement.

1.3. Montrer que les équations horaires paramétriques du mouvement de la balle sont :

$x(t) = v_0\, t$ $\qquad$ $y(t) = \dfrac{-gt^2}{2} + H$ $\qquad$ $z(t) = 0$

1.4. Montrer que le mouvement de la balle a lieu dans un plan.

1.5. Déduire de la réponse à la question 1.3. l'équation littérale de la trajectoire de la balle dans le plan xOy.

2. Qualité du service.

On prendra g = 9,81 m.s^{-2}.

2.1. Sachant que la distance OF = 12,2 m, la balle, supposée ponctuelle, passe-t-elle au-dessus du filet ?

2.2. Montrer que le service sera considéré comme mauvais, c'est-à-dire que la balle frappera le sol en un point B' tel que OB' soit supérieur à OB.

2.3. En réalité, la balle tombe en B. Quel est le paramètre, non pris en compte dans ce problème, qui peut expliquer cette différence ?

3. Énergie de la balle.

3.1. Donner l'expression littérale de la variation d'énergie potentielle de la balle entre l'instant où elle quitte la raquette et l'instant où elle touche le sol. Calculer sa valeur.

3.2. Quelle est l'expression de l'énergie cinétique de la balle lorsqu'elle part de D ?
Indiquer les unités dans le système international.

3.3. Écrire les expressions de l'énergie mécanique de la balle en D (E_{mD}) et de la balle en B' ($E_{mB'}$).

3.4. Quelle est la relation entre E_{mD} et $E_{mB'}$? Justifier.

3.5. Déduire de 3.4. l'expression de la vitesse $v_{B'}$ de la balle lorsqu'elle frappe le sol.
Calculer cette vitesse.