EXERCICE II. HISTOIRES DE PÊCHE (9,5 points)

Le casting - ou lancer de compétition - est une épreuve de pêche qui consiste pour le compétiteur à lancer sa ligne aussi loin et aussi précisément que possible. Cette technique consiste à lancer un plomb d'une centaine de grammes à l'aide d'une canne et d'un moulinet. Le record de France, établi pour un plomb de 150 g est de 263,01 m.

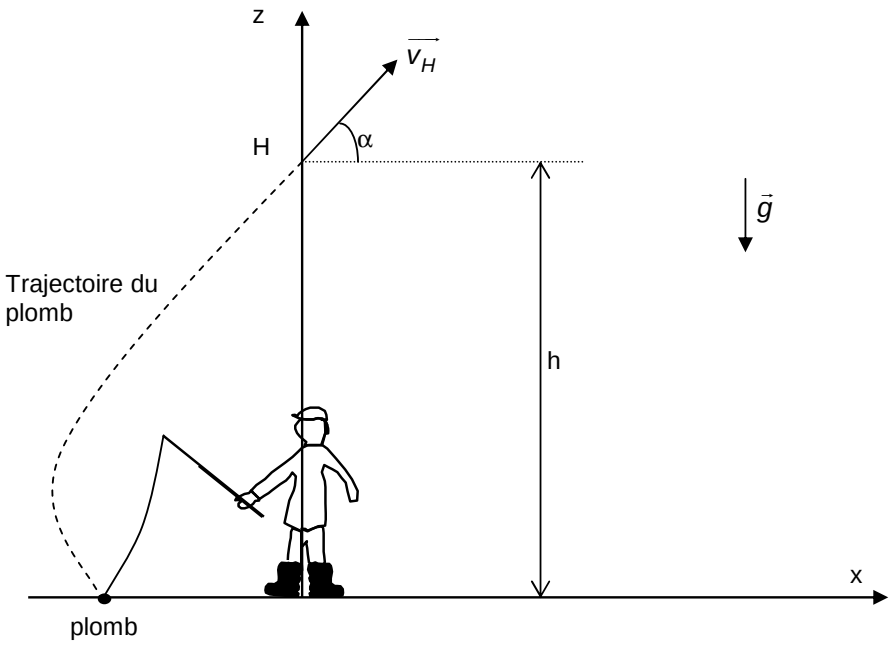
Lors de son passage à la verticale du pêcheur, le plomb est à une attitude h = 6,00 m et possède une vitesse $\overrightarrow{v_H}$ faisant un angle α avec l'horizontale.
Le mouvement du plomb, objet sphérique, s'effectue dans un champ de pesanteur uniforme.

Données :
Intensité de pesanteur $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$
Masse du plomb $m = 1{,}50 \times 10^{-1}\ kg$
Vitesse initiale $v_H = 44{,}4\ m.s^{-1}$
Inclinaison $\alpha = 50{,}0°$
Hauteur du projectile au moment du lancer $h = 6{,}00\ m$
Masse volumique de l'air $\rho_{air} = 1{,}3\ kg.m^{-3}$
Volume du plomb $V = 1{,}5 \times 10^{-5}\ m^3$

Les parties 1 et 2 sont indépendantes et peuvent être traitées séparément

1. Première partie : Étude du mouvement du plomb après passage à la verticale du pêcheur :

Le système étudié est le plomb. Dans cette phase du mouvement, la tension du fil sera négligée par rapport aux autres forces. On se propose, en situation de compétition, de déterminer les caractéristiques (vitesse, accélération et position) du plomb lors de son arrivée au sol. Les frottements de l'air sur le plomb seront négligés dans cette étude. Le champ de pesanteur $\vec{g}$ est parallèle à l'axe *Oz*, La situation est représentée sur la figure ci-dessous :



1.1. Donner les caractéristiques (direction, sens et expression littérale permettant de calculer leur valeur) du poids $\vec{P}$ et de la poussée d'Archimède $\vec{P}_A$.

1.2. Peut-on négliger la poussée d'Archimède par rapport au poids ? Justifier votre réponse.

1.3. Détermination de la vitesse du plomb lorsqu'il arrive au sol. Le plomb est assimilé dans la suite du sujet à un objet ponctuel.

1.3.1. *Le choix des états de référence est tel que : l'énergie potentielle de pesanteur E_{PP} est nulle au niveau du sol.*
Exprimer l'énergie potentielle de pesanteur $E_{PP}(H)$ du plomb lors de son passage à la verticale du pêcheur.
1.3.2. Exprimer l'énergie cinétique $E_C(H)$ du plomb lors de son passage à la verticale du pêcheur.
1.3.3. Déduire des deux questions précédentes, l'expression de l'énergie mécanique $E_m(H)$ du plomb lorsqu'il passe à l'altitude h.
1.3.4. *Dans le cadre d'une chute libre, utiliser la conservation de l'énergie mécanique pour montrer que la vitesse du plomb a pour expression $v_S = \sqrt{2gh + v_H^2}$ lorsqu'il touche le sol.*
Calculer sa valeur.

1.4. En appliquant la deuxième loi de Newton dans le cadre de la chute libre, déterminer les coordonnées a_x et a_z du vecteur accélération du centre d'inertie du plomb dans le repère xOz.

1.5. Exprimer les coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse du centre d'Inertie du plomb dans le repère d'espace xOz. L'origine des dates étant repérée par l'instant de passage à la verticale du pêcheur en H.

1.6. En déduire l'expression de la vitesse $v(t)$ du plomb en fonction des paramètres v_H, t, g et α. On rappelle que $v^2 = v_x^2 + v_z^2$ et $(\cos\alpha)^2 + (\sin\alpha)^2 = 1$.

1.7. En utilisant l'expression démontrée dans la question 1.3.4., montrer que la durée de chute satisfait à l'équation : $g^2t^2 - 2gv_H t\sin\alpha - 2gh = 0$
Vérifier que la durée de chute est de 7,11 s.

1.8. Dans le repère d'espace xOz, $x(t)$ et $z(t)$ sont les coordonnées de position du plomb. Montrer que les équations horaires du mouvement s'expriment sous la forme :

$$x(t) = v_H t \cos\alpha$$

$$z(t) = -\frac{1}{2}.g.t^2 + v_H t \sin\alpha + h$$

1.9. En déduire la valeur de la distance x_{max} atteinte par le plomb dans les conditions du lancer.

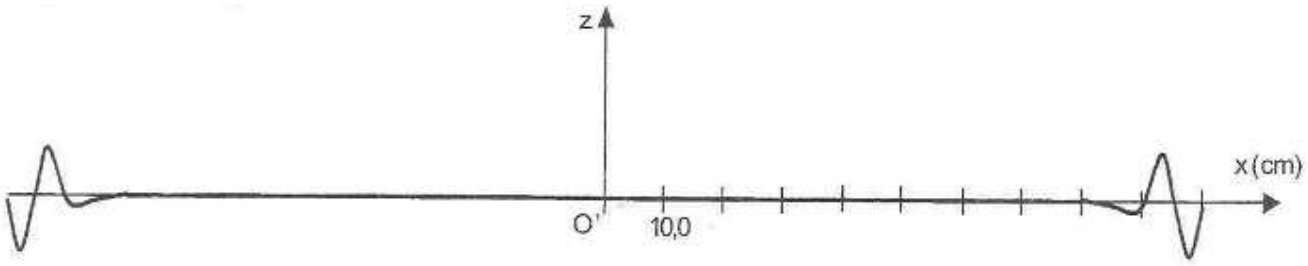
1.10. Déduire l'équation de la trajectoire du centre d'inertie du plomb à partir des équations horaires du mouvement.

1.11. Quelle est la nature de la trajectoire du plomb ?

1.12. En utilisant l'expression de l'équation de la trajectoire, indiquer les paramètres de lancement qui jouent un rôle dans le mouvement ultérieur du projectile.

2. Deuxième partie : propagation des ondes

En situation de pêche, le plomb arrive dans l'eau au point O' à l'issu du lancer. La date de l'impact est notée t_0 = 0 s. On observe alors un phénomène se propageant à la surface de l'eau dont une vue en coupe, à une date *t,* est donnée ci-dessous :



2.1. Donner la définition d'une onde mécanique progressive.

2.2. L'onde se propageant à la surface de l'eau est-elle transversale ou longitudinale ? Justifier votre réponse.

2.3. L'onde considérée est-elle périodique ? Justifier votre réponse,

2.4. *L'onde atteint une feuille située en $x_1 = 2{,}00.10^{-1}$ m à la date $t_1 = 2{,}00$ s. Afin de simplifier l'exercice, la feuille est considérée comme ponctuelle.*

2.4.1. Déterminer la célérité de l'onde considérée.
2.4.2. À partir du schéma de coupe donné précédemment, déterminer la date *t'* à laquelle la feuille sera à nouveau immobile à la surface de l'eau ?

2.5. *Lors de l'impact du plomb à la surface de l'eau, il se produit un son bref se propageant dans l'air et dans l'eau. La célérité du son dans l'air est $v_{air} = 340$ m.s^{-1} dans les conditions de l'expérience.*

2.5.1. *Une libellule perçoit le son à la date $t_2 = 1{,}0.10^{-2}$ s.*
Déterminer la distance entre le point d'impact O' et la libellule.
2.5.2. *Un poisson situé à 30 m de l'impact perçoit le même son avec un retard $\tau = 1.0.10^{-2}$ s par rapport à la libellule.*
Exprimer la date t_3 à laquelle le poisson perçoit le son en fonction de τ et t_2.
En déduire la célérité du son dans l'eau dans les conditions de l'expérience.