TSpé	Devoir surveillé N°3	Lundi 21/11/22

Nom et Prénom : ………..

Exercice 1 : « Water bottle flip » (10 points)

Le « water bottle flip » est un jeu d'adresse consistant à lancer une bouteille plastique partiellement remplie d'eau afin qu'elle se pose verticalement sur sa base sur une table placée à proximité. Il faut beaucoup s'entraîner pour réussir un « water bottle flip ». Initialement, la bouteille n'est tenue que par son col. Le mouvement ascendant du bras communique la vitesse juste suffisante à la bouteille. Tandis qu'elle monte puis redescend, celle-ci tourne sur elle-même.

Quelques photos successives tirées d'une vidéo montrant un lancer réussi.



Dans cet exercice, on se propose d'étudier le mouvement du centre de masse de la bouteille.

Le système considéré est l'ensemble {bouteille + eau} de masse m = 162 g dont on étudie le mouvement du centre de masse, noté G.

Le système évolue dans le champ de pesanteur terrestre $\vec{g}$ uniforme.

On fait l'hypothèse que l'action de l'air est négligeable.

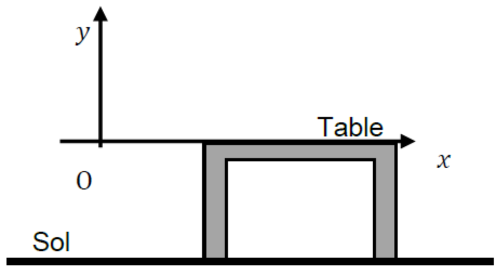


figure 1

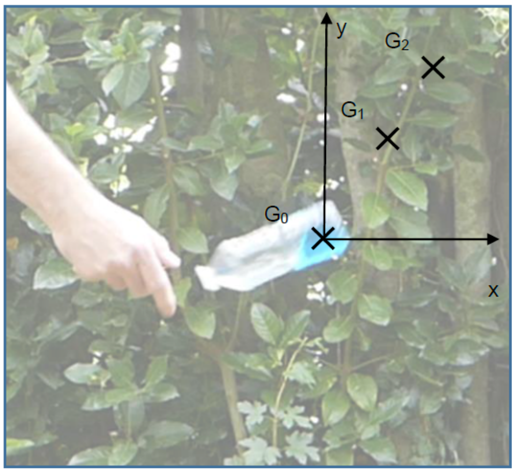
Le mouvement est étudié dans le référentiel terrestre associé au repère cartésien d'espace (Oxy) (Cf. **figure 1**).

À la date t = 0 s, le centre de masse G est placé à l'origine du repère O et sa vitesse initiale, notée $\overrightarrow{v_0}$ a une direction faisant un angle α avec l'axe horizontal (Ox).

Recherche des conditions initiales sur la vitesse

Grâce à la vidéo montrant un lancer réussi, on a pu pointer la position du centre de masse G à différents instants.

figure 2 : chronophotographie du mouvement du centre de masse G lors du « water bottle flip » réussi.



1. Représenter sur votre copie, sans souci d'échelle, le système d'axes (Oxy), le vecteur $\overrightarrow{v_0}$, l'angle α ainsi que les coordonnées v_{0x} et v_{0y} et l'allure de la trajectoire du centre de masse de la bouteille. 1

Modélisation du déplacement du centre de masse

Les équations horaires du mouvement sont :

$$\overrightarrow{OG}(t)\quad \left| \begin{array}{l} x(t) = v_0\,.\cos\alpha\,.t \\ y(t) = -\dfrac{1}{2}.g.t^2 + v_0\,.\sin\alpha\,.t \end{array} \right.$$

2. Déterminer les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_y(t)$ du vecteur vitesse du centre de masse. 1,5

3. Déterminer les expressions des coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération du centre de masse. 1,5

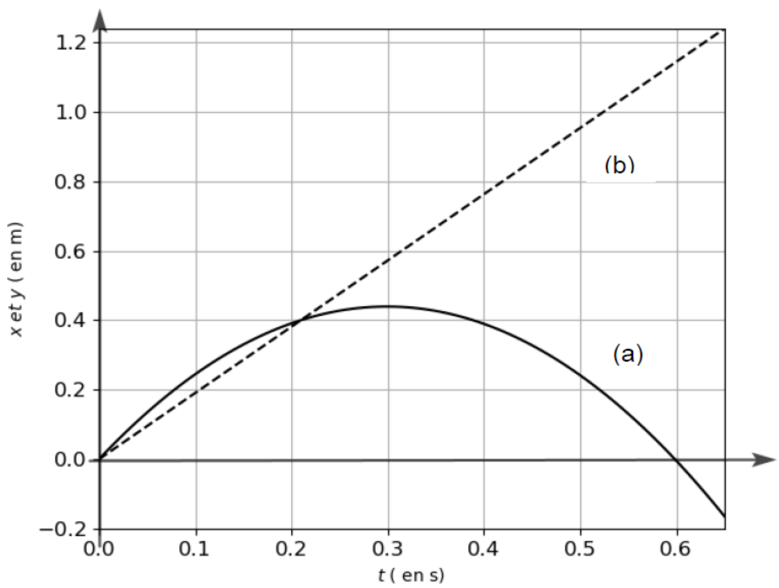
4. Montrer que la 2^{e} loi de Newton est vérifiée. 2

Pour déterminer la distance à laquelle tombe la bouteille par rapport au point O, on crée un programme en langage python dont un extrait est présenté ci-dessous.
Ce programme utilise les équations horaires modélisant le déplacement du centre de masse et les valeurs expérimentales :

v_0= 3,6 m·s^{-1} α = 59 ° g = 9,81 m·s^{-2}

```
5.   g = 9.81   # Intensité du champ de pesanteur en m /s2
6.
7.   v0 = float(input('valeur de la vitesse initiale(en m/s) : v0 = ')
8.   alpha = float(input('valeur de l'angle de tir(en degré) : alpha = ')
9.
10.  # Tracé des courbes horaires
11.
12.  t=np.linspace(0,0.65,100)
13.  for i in t :
14.      x = v0*cos(alpha*pi/180)*t       #calcul de x à la date t
15.      y = -0.5*g*t**2+[          ]*t   #calcul de y à la date t
16.
17.  plt.plot(t,x,'k--',label='x en fonction de t')
18.  plt.plot(t,y,'k',label='y en fonction de t')
19.
```

L'exécution de ce programme permet d'obtenir le graphique ci-dessous qui modélise l'évolution des coordonnées (x, y), exprimées en mètre, du point G au cours du temps.



5. Associer chacun de ces tracés à $x(t)$ et $y(t)$. Justifier. 1

6. Préciser ce qui est caché par le rectangle gris dans la ligne 15 du programme (expression ou valeur). 1

7. Estimer la durée du mouvement de la bouteille obtenue par la modélisation. Justifier. 1

8. Estimer la distance à laquelle la bouteille tombe sur la table par rapport à l'origine du repère. Justifier. 1

Exercice 2 : Fermentation de la pâte à pizza napolitaine (10 points)

Pour réussir une bonne pizza napolitaine, le repos de la pâte s'avère crucial. Lors de ce repos, la pâte gonfle : elle « s'aère » et les arômes se développent.
Les ingrédients de base d'une pâte à pizza napolitaine sont la farine, l'eau, le sel et la levure de boulanger. Cette dernière est composée de plusieurs souches de *Saccharomyces cerevisiae*, un champignon unicellulaire. Utilisée dans la fabrication de la pâte, la levure permet la dégradation des différents sucres présents (saccharose, glucose et maltose notamment) non seulement en dioxyde de carbone mais aussi en de nombreux composés aromatiques (dont des aldéhydes) responsables du goût de la pâte.

D'après H.-D. Belitz, W. Grosh, P. Schierberle, Food Chemistry 4th ed., Springer

1. Acidification de la pâte et production de dioxyde de carbone

Lors de la fermentation, des mesures du *pH* de la pâte ont montré une acidification, le *pH* évoluant d'une valeur de 6,0 à environ 4,8.

Dans un premier temps, on peut supposer que l'acidification de la pâte est uniquement liée à la production de dioxyde de carbone. En effet, la forme solvatée du dioxyde de carbone, également appelée acide carbonique et notée $(CO_2, H_2O)(aq)$, est l'acide du couple acide-base $(CO_2, H_2O)(aq) / HCO_3^-(aq)$ dont le pK_A a pour valeur 6,37.

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique entre le dioxyde de carbone solvaté et l'eau peut s'écrire :

$$(CO_2, H_2O)(aq) + H_2O(\ell) \rightleftarrows HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq)$$

1.1. Calculer la constante d'acidité K_A du couple acide $(CO_2, H_2O)(aq) / HCO_3^-(aq)$. 1

1.2. Exprimer la constante d'acidité K_A du couple acide $(CO_2, H_2O)(aq) / HCO_3^-(aq)$ en fonction des concentrations des espèces chimiques à l'équilibre. 1,5

Pour évaluer l'influence de l'acide carbonique sur la diminution du *pH*, on réalise une solution de dioxyde de carbone solvaté apporté qui correspond à la concentration en dioxyde de carbone dans la pâte en fin de levée.
La mesure du pH de cette solution à l'équilibre donne une valeur de *pH* = 5,8.

<u>Donnée</u> : concentration standard $c° = 1,0 \text{ mol.L}^{-1}$

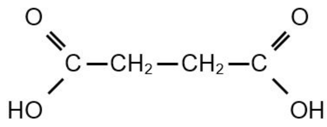
1.3. Calculer la concentration en ions oxonium à l'équilibre $[H_3O^+]_{eq}$. 1

1.4. Justifier, à l'aide de l'équation de la réaction, l'égalité suivante : $[H_3O^+]_{eq} = [HCO_3^-]_{eq}$ 0,5

1.5. À l'aide de l'expression de la constante d'acidité, déterminer la valeur de la concentration en dioxyde de carbone solvaté à l'équilibre. 1,5

2. Rôle de l'acide succinique produit lors de la fermentation de la pâte

Pour expliquer la baisse de *pH* observée, on envisage l'effet des autres acides produits lors de la fermentation, notamment l'acide succinique, dont la formule semi-développée est :



Données concernant l'acide succinique :

- L'acide succinique est un diacide de formule brute $C_4H_6O_4$
- $pK_{A1} = pK_A(C_4H_6O_4(aq)/C_4H_5O_4^-(aq)) = 4{,}19$
- $pK_{A2} = pK_A(C_4H_5O_4^-(aq)/C_4H_4O_4^{2-}(aq)) = 5{,}63$

2.1. Établir le diagramme de prédominance des différentes espèces acide-base issues de l'acide succinique qui peuvent éventuellement être présentes dans la pâte. 1,5

2.2. Une de ces espèces peut être qualifiée d'amphotère. Identifier cette espèce et justifier ce choix. 1,5

Pour montrer l'influence de l'acide succinique sur la baisse de *pH*, on prépare 50 mL d'une solution de concentration 0,031 mol·L^{-1} en acide succinique apporté (concentration à la fin dela levée de la pâte).
À l'équilibre chimique, le pH de la solution est égal à 5,0.

2.3. Indiquer l'espèce prédominante dans la solution. Justifier. 1

2.4. Montrer que l'hypothèse d'un lien entre acidification de la pâte et production d'acide succinique est plausible. 0,5