

| | | |
|-------|----------------------|---------------------|
| T spé | Devoir surveillé N°3 | Mercredi 22/11/2023 |
|-------|----------------------|---------------------|

Nom et Prénom :

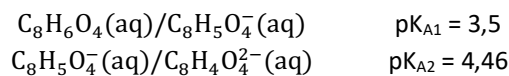
EXERCICE 1 - Synthèse microbienne de la vanilline à partir de déchets de PET (3,5 points)

Le polytéréphtalate d'éthylène (PET) est également connu sous de nombreux autres noms comme Dacron (USA) ou tergal (France). Il fait partie de la famille des polyesters. Le PET est surtout utilisé pour la production de fibres synthétiques et pour la production de bouteilles en plastique. Plusieurs méthodes permettent aujourd'hui de le recycler. Dans cet exercice, on s'intéresse à son recyclage par voie microbienne.

Une équipe de chercheur de l'Université d'Edimbourg a publié un article dans la revue « Green Chemistry, 2021, 23, 4665 » dans lequel elle explique comment elle a développé un premier recyclage biologique de déchets plastiques de PET en vanilline à l'aide d'un micro-organisme modifié.

Le polymère PET est dans un premier temps transformé en deux espèces, l'acide téréphtalique et l'éthylène glycol.

L'acide téréphtalique $C_8H_6O_4(aq)$ est un diacide dont les couples sont :



- Donner la définition d'un acide selon Bronsted.
- Etablir le diagramme de prédominance des différentes espèces acide-base issues de l'acide téréphtalique.

1
1,5

Les chercheurs ont étudié comment maximiser le rendement en vanilline lors du recyclage du PET. Ils ont observé que les micro-organismes permettant d'obtenir la vanilline ne peuvent pas jouer leur rôle efficacement en présence des deux formes acides issues de l'acide téréphtalique. De plus, ils ont remarqué expérimentalement qu'en milieu trop fortement basique la transformation est limitée. Ils ont établi expérimentalement qu'une solution tampon à $pH = 5,5$ permet d'arriver à leur fin.

- Montrer que le choix d'une solution tampon à $pH = 5,5$ respecte les conditions expérimentales souhaitées.

1

EXERCICE 2 - Étude d'une solution aqueuse d'acide butyrique (7,5 points)

Tous les automnes, sur l'avenue Pasteur à Rouen, une odeur intense très désagréable apparaît, dérangeant les étudiants des facultés à proximité ainsi que les riverains. Les responsables : des arbres plantés en 2001, des ginkgos biloba. La variété femelle produit chaque automne des ovules contenant des acides gras, dont l'acide butyrique responsable de cette mauvaise odeur.

On notera, pour simplifier, l'acide butyrique $AH(aq)$ et sa base conjuguée $A^-(aq)$.

On considère un volume $V = 100 \text{ mL}$ d'une solution d'acide butyrique de concentration en quantité de matière $C = 1,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot L^{-1}$. La mesure du pH de la solution donne $pH = 4,5$.

L'acide butyrique réagit avec l'eau selon l'équation de réaction suivante : $AH(aq) + H_2O(\ell) \rightleftharpoons A^-(aq) + H_3O^+(aq)$

- Donner l'expression du taux d'avancement final τ de la réaction étudiée en fonction de l'avancement final x_f et de l'avancement maximal x_{max} .
- Exprimer l'avancement maximal x_{max} en fonction de C et V .
- Exprimer la valeur de l'avancement final x_f en fonction du pH et de V .
- Calculer le taux d'avancement final τ et justifier que l'acide butyrique est un acide faible.

1
1
1,5
1,5

On montre que les concentrations en quantité de matière à l'équilibre peuvent s'exprimer de la manière suivante :

$$\begin{array}{l} [AH(aq)]_{eq} = C \times (1 - \tau) \text{ pour l'acide butyrique,} \\ [A^-(aq)]_{eq} = C \times \tau \text{ pour sa base conjuguée.} \end{array}$$

- Exprimer la constante d'acidité K_A de la réaction en fonction de τ et C .
- En déduire la valeur du pK_A de l'acide butyrique.

1,5
1

EXERCICE 3 - Un saut parfait (9 points)

Le saut au ski Freestyle est une discipline olympique qui est l'équivalent sur neige du trampoline ou de la gymnastique. Les skieurs s'élancent à plus de $60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ sur une rampe et montent à une hauteur suffisante pour réaliser des figures. La performance est jugée par rapport à la qualité d'exécution et de réception ainsi que par rapport à la hauteur et à la portée du saut. Pour une même valeur de la vitesse initiale, les caractéristiques du saut - durée, hauteur, portée - dépendent notamment de l'inclinaison α de la rampe par rapport au plan horizontal.



On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élanche depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0 , avec une vitesse initiale dont le vecteur \vec{v}_0 est incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (voir figure 1 ci-dessous). Dans tout l'exercice, le référentiel terrestre est supposé galiléen. Les axes sont choisis de telle sorte que le plan (Ox, Oz) contienne la trajectoire.

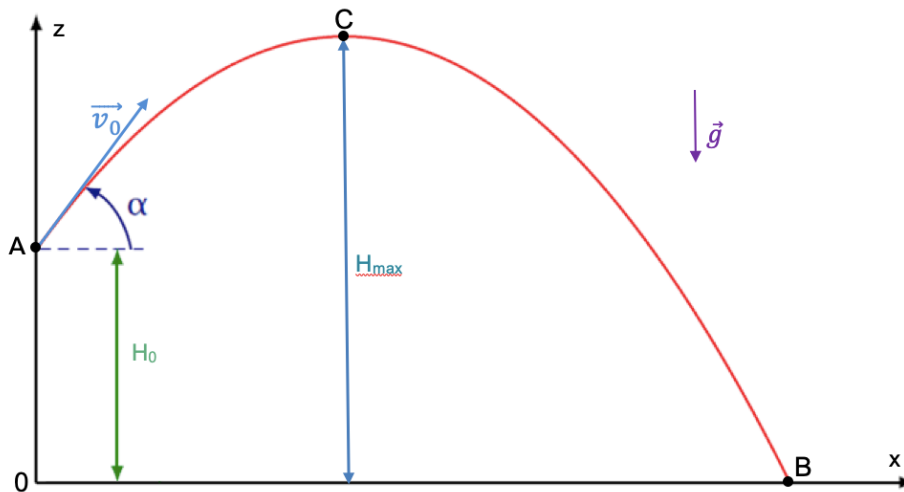


Figure 1 : Schématisation de la trajectoire du centre de masse G

Données

- Masse du skieur avec son équipement : $m = 80 \text{ kg}$
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
- Valeur de la hauteur initiale $H_0 = 3,60 \text{ m}$
- Valeur de la vitesse initiale : $v_0 = 17 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Rappel

- La fonction sinus est croissante sur l'intervalle $[0, 90^\circ]$

Les frottements de l'air sur le skieur sont négligés, la seule force appliquée sur le skieur est donc son poids.

1. Déterminer, à partir de la deuxième loi de Newton, les expressions littérales des coordonnées $a_x(t)$ et $a_z(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}(t)$ du centre de masse G du skieur.

2

2. Établir les expressions des coordonnées $v_x(t)$ et $v_z(t)$ du vecteur vitesse $\vec{v}(t)$ du centre de masse G et montrer que les équations horaires $x(t)$ et $z(t)$ du centre de masse sont :

2

$$\overline{OG}(t) \begin{pmatrix} x(t) = v_0 \times \cos(\alpha) \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2}g \times t^2 + v_0 \times \sin(\alpha) \times t + H_0 \end{pmatrix}$$



Durée du saut en fonction de l'angle α

La durée du saut est une donnée importante car elle conditionne le nombre de figures réalisables. Dans cette partie, on suppose que la durée du saut est égale à deux fois la durée nécessaire au skieur pour atteindre le point C, où sa hauteur est maximale. On désigne par t_{Hmax} la date à laquelle la hauteur est maximale (au point C).

3. Préciser la valeur de v_z à la date t_{Hmax} et en déduire que :

$$t_{Hmax} = \frac{v_0 \times \sin(\alpha)}{g}$$

4. Préciser si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de l'angle α si l'on souhaite augmenter la valeur de t_{Hmax} .

5. Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30° .

1,5

1

1

Hauteur et portée maximales en fonction de l'angle α

À partir des équations horaires, et compte tenu des valeurs numériques, on a pu tracer les évolutions de la hauteur maximale H_{max} et de la portée OB en fonction de l'angle α . Les graphiques correspondants sont donnés en figures 2 et 3 ci-après.

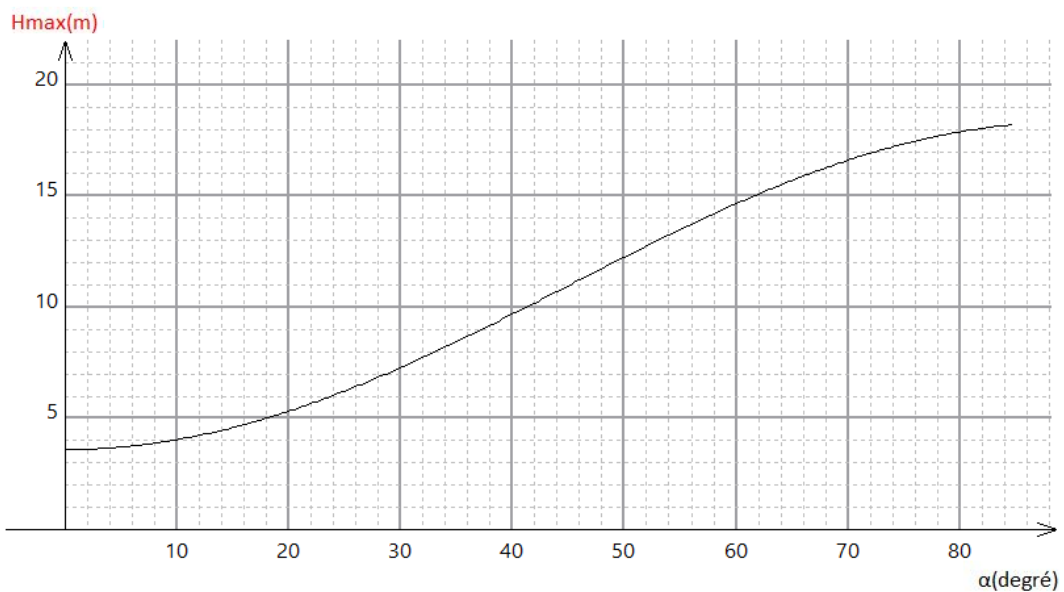


Figure 2 – Hauteur max en fonction de l'angle

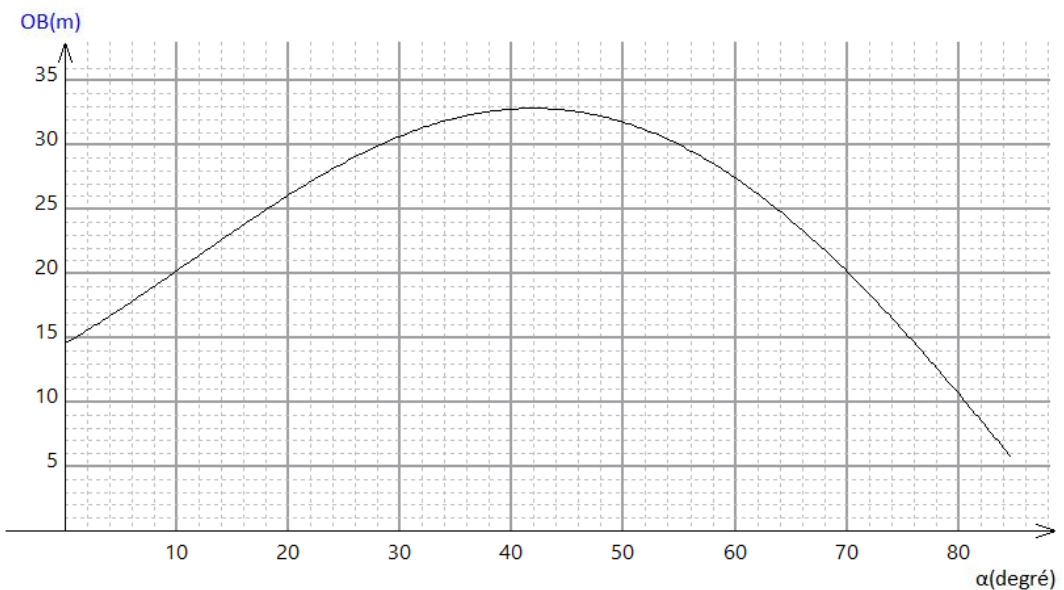


Figure 3 – Portée en fonction de l'angle

6. Indiquer dans quel intervalle de valeurs doit théoriquement se trouver l'angle α pour continuer d'augmenter simultanément la hauteur et la portée tout en permettant d'envisager un saut d'une hauteur d'au moins 7 m.

1,5