

**BAC BLANC DE PHYSIQUE – CHIMIE N°1****Vendredi 13 décembre – 8 h – 11 h 30**

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.
- Le sujet **complet** est à rendre avec la copie

**EXERCICE 1 (9 points)**  
**LA POMME GRANNY SMITH**

La pomme Granny Smith fait partie des plus de 7 000 variétés de pommes à la texture et aux goûts variés. Lors de leur dégustation, certaines semblent plus acides que d'autres, entraînant une sensation moins sucrée en bouche. Elles contiennent aussi de la vitamine C (acide ascorbique) en plus ou moins grande quantité.

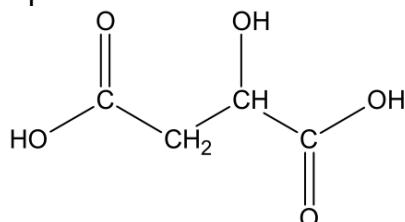
Les quatre parties sont indépendantes.

**1. Étude de l'acidité d'un jus de pomme Granny Smith**

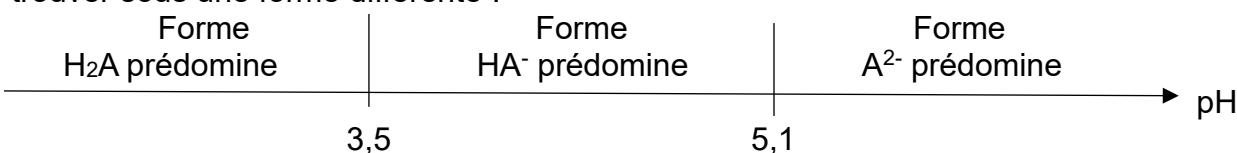
Une pomme contient différents acides comme l'acide malique, l'acide tartrique et l'acide citrique. L'acide malique étant majoritairement présent, on émet l'hypothèse dans cette première partie qu'il est le seul acide présent dans le jus de pomme étudié.

**Données :**

- Formule semi-développée de l'acide malique :



- L'acide malique C<sub>4</sub>H<sub>6</sub>O<sub>5</sub> est un diacide que l'on notera H<sub>2</sub>A ;
- Masse molaire de l'acide malique : M(H<sub>2</sub>A) = 134,0 g·mol<sup>-1</sup> ;
- Diagramme de prédominance de l'acide malique : En fonction du pH de la solution, l'acide malique peut se trouver sous une forme différente :



**Q1.** Recopier la formule semi-développée de la molécule d'acide malique, puis entourer les groupes caractéristiques et nommer les familles fonctionnelles correspondantes.

On souhaite déterminer la concentration en masse d'acide malique dans le jus de pomme étudié. Pour cela on réalise un titrage, avec suivi pH-métrique, d'un volume  $V_A = 20,0 \pm 0,1$  mL de ce jus par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$ ) de concentration  $C_B = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-1}$  mol·L<sup>-1</sup>.

**Q2.** Schématiser et légendrer le montage permettant de réaliser ce titrage.

La courbe obtenue lors du titrage de l'acide malique dans le jus de pomme Granny Smith est donnée en figure 1.

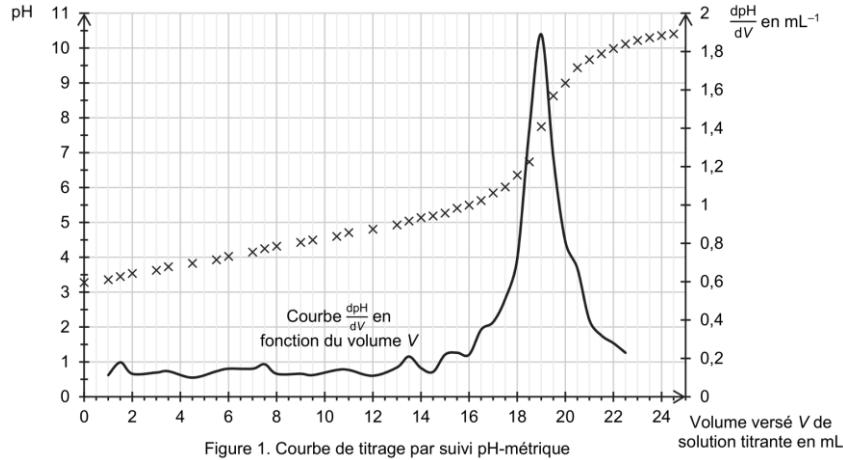
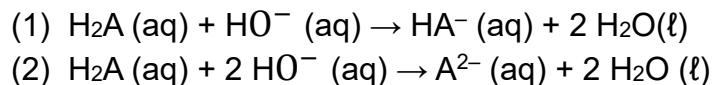


Figure 1. Courbe de titrage par suivi pH-métrique

**Q3.** Déterminer, graphiquement, le pH de la solution à la fin du titrage. En utilisant le diagramme de prédominance (voir **Données**), en déduire la forme prédominante de l'acide malique à la fin du titrage. Justifier, alors, que l'équation support du titrage est la (2).



**Q4.** Déterminer, en justifiant, la concentration en acide malique dans le jus de pomme étudié.

**Q5.** Montrer que la concentration en masse d'acide malique dans le jus de pomme étudié est  $C_m = 6,4 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

L'incertitude relative sur la concentration en masse, est donnée par la relation :

$$\frac{u(C_m)}{C_m} = C_m \times \sqrt{\left(\frac{u(V_A)}{V_A}\right)^2 + \left(\frac{u(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{u(V_E)}{V_E}\right)^2}$$

L'incertitude absolue sur le volume équivalent est :  $u(V_E) = 0,1 \text{ mL}$

**Q6.** Déterminer la valeur de cette incertitude relative

**Q7.** En déduire un encadrement de la concentration en masse d'acide malique dans le jus de pomme étudié.

## 2. Dosage du glucose dans le jus de pomme Granny Smith

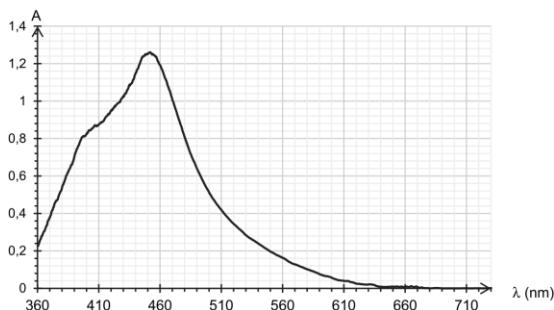
Une pomme contient différents sucres, notamment le glucose de formule brute  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ . Dans cette partie, on souhaite doser le glucose présent dans le jus de pomme Granny Smith identique à celui de la partie 1.

### Données :

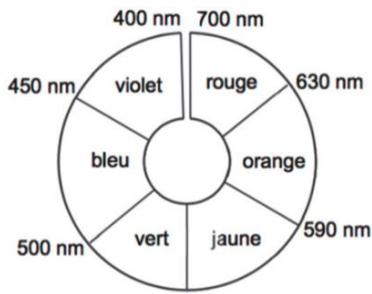
- protocole expérimental :
  - introduire 10,0 mL de jus de pomme dans une fiole jaugée de 50 mL, puis compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient la solution nommée  $S_0$  ;
  - introduire, dans un bêcher, 10,0 mL de solution  $S_0$ , puis ajouter 20,0 mL d'une solution aqueuse de diiode, de concentration  $[\text{I}_2] = 5,0 \times 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ , et une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium jusqu'à obtenir un volume  $V_1 = 75,0 \text{ mL}$ . Mettre sous agitation pendant 60 minutes. On appelle  $S_1$  la solution obtenue.
- on modélise la transformation ayant lieu dans la solution  $S_1$ , supposée totale, par la réaction d'équation :  

$$\text{I}_2(\text{aq}) + 3 \text{HO}^-(\text{aq}) + \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{aq}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{11}\text{O}_7^-(\text{aq}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\ell) + 2 \text{I}^-(\text{aq})$$
- une solution aqueuse de diiode est de couleur jaune-brun et les autres espèces présentes sont incolores en solution aqueuse ;
- masse molaire du glucose :  $M(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 180,2 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  ;

- spectre d'absorbance d'une solution aqueuse de diiode :



- Cercle chromatique :



**Q8.** Montrer que la quantité de matière de diiode  $n_0(I_2)$  initialement présente dans la solution  $S_1$  est proche de  $1,0 \times 10^{-3}$  mol.

**Q9.** Sachant que le glucose est le réactif limitant de la réaction ayant lieu dans la solution  $S_1$ , montrer que la relation entre la quantité de matière finale de diiode  $n_f(I_2)$ , la quantité de matière initiale de glucose  $n_0(C_6H_{12}O_6)$  et la quantité de matière initiale de diiode  $n_0(I_2)$ , est :

$$n_0(C_6H_{12}O_6) = n_0(I_2) - n_f(I_2)$$

On veut déterminer la quantité de matière  $n_f(I_2)$  dans la solution  $S_1$  à l'aide d'un dosage spectrophotométrique selon le protocole décrit ci-dessous.

- Diluer la solution  $S_1$  d'un facteur 10, on obtient la solution  $S_2$ .
- Préparer 6 solutions étalon de concentrations connues en diiode  $I_2$  et en mesurer l'absorbance à la longueur d'onde appropriée ; les mesures sont reportées sur le graphe de la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.
- Mesurer l'absorbance de la solution  $S_2$  à la même longueur d'onde.

On mesure une valeur d'absorbance  $A = 0,619$  pour la solution  $S_2$ .

**Q10.** Justifier la couleur de la solution aqueuse de diiode.

**Q11.** En utilisant et en complétant la figure 1 de l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, montrer que  $n_f(I_2)$  dans la solution  $S_1$  est de l'ordre de  $7 \times 10^{-4}$  mol.

**Q12.** Déterminer alors la concentration en masse de glucose contenu dans le jus de pomme étudié.

*Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et doit être correctement présentée.*

### 3. Perception en bouche d'un jus de pomme

En plus du glucose, le saccharose est un autre sucre présent dans le jus de pomme ; il contribue également à la perception du goût sucré. La teneur en saccharose est évaluée en degré Brix ( $^{\circ}\text{B}$ ) : un degré Brix équivaut à 1 g de saccharose dans 100 g de solution.

Pour évaluer la perception en bouche d'un jus de pomme, un des critères utilisés par les industriels est le rapport  $R$ , sans dimension, entre sa teneur en saccharose évaluée en degré Brix et son titre massique d'acide malique, noté  $t_m$ . Pour la majorité des consommateurs, on considère que l'équilibre entre les saveurs acides et sucrées est satisfaisant si ce rapport  $R$  est compris entre 30 et 40.

**Données :**

- $R = \frac{^{\circ}B}{t_m}$  avec  ${}^{\circ}B$  le degré Brix et  $t_m$  le titre massique en acide malique exprimé en pourcentage.
- Données pour le jus de pomme Granny Smith :

Variétés des pommes	$C_m$ : concentration en masse d'acide malique ( $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Degré Brix ( ${}^{\circ}\text{B}$ )	$R$
Granny Smith	6,4	12,0	

**Q13.** Déterminer, en pourcentage, le titre massique  $t_m$  d'acide malique dans le jus de pomme Granny Smith sachant que la masse volumique de ce jus de pomme est de  $1,04 \times 10^3 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

**Q14.** En déduire le rapport  $R$  pour ce jus de pomme. Commenter.

#### 4. Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

L'acide ascorbique est un réducteur, ce qui conditionne sa conservation à l'air libre. Dans cette partie, pour des raisons pratiques, on étudie ses propriétés réductrices en le faisant réagir avec du bleu de méthylène.

Au contact du bleu de méthylène, noté  $\text{BM}^+$ , l'acide ascorbique  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$  contenu dans le jus de pomme se transforme en un nouveau composé de formule brute  $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6$ .

L'équation de la réaction entre l'acide ascorbique et le bleu de méthylène est :



On réalise le suivi cinétique de cette réaction à deux températures différentes. Après traitement des résultats, on trace sur la **figure 2 EN ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE** l'évolution temporelle de la concentration  $C_{\text{ASC}}$  de l'acide ascorbique, pour les deux températures choisies.

**Q15.** Exprimer la vitesse volumique de disparition de l'acide ascorbique en fonction de  $C_{\text{ASC}}$  puis, en utilisant la **figure 2 EN ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE**, déterminer sa valeur à l'instant initial à la température de 28 °C.

**Q16.** En utilisant les courbes de la figure 2, identifier en justifiant deux facteurs cinétiques de la réaction entre l'acide ascorbique et le bleu de méthylène.

#### EXERCICE 2 (5 points) THE ROCKETEER...

Démuni des superpouvoirs des supers héros traditionnels, le héros de bande dessinée Rockeeter utilise un réacteur placé dans son dos pour voler.

En réalité, ce type de propulsion individuelle, appelé Jet-Pack, existe depuis plus de cinquante ans mais la puissance nécessaire interdisait une autonomie supérieure à la minute. Aujourd'hui, de nouveaux dispositifs permettent de voler durant plus d'une demi-heure.

**Données :**

- vitesse du fluide éjecté supposée constante :  $V_f = 2 \times 10^3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  ;
- masse initiale du système {Rockeeter et de son équipement} :  $m_R = 120 \text{ kg}$  (dont 40 kg de fluide au moment du décollage) ;
- intensité de la pesanteur sur Terre :  $g = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  ;
- débit massique de fluide éjecté, considéré constant durant la phase 1 du mouvement :  $D_f = \frac{m_f}{\Delta t}$  où  $m_f$  est la masse de fluide éjecté pendant la durée  $\Delta t$  ;
- les forces de frottements de l'air sont supposées négligeables.

## Partie 1 : Mouvement ascensionnel de Rockeeter

Tous les Jet-Packs utilisent le principe de la propulsion par réaction. Lorsqu'un moteur expulse vers l'arrière un jet de fluide, il apparaît par réaction une force de poussée dont la valeur est égale au produit du débit massique de gaz éjecté par la vitesse d'éjection de ces gaz.

Afin de tester le potentiel de son nouveau Jet-Pack, Rockeeter réalise quelques essais de mouvements rectilignes ascensionnels verticaux.

Le mouvement de Rockeeter est composé de deux phases : phase 1 et phase 2.

Au cours de la phase 1, d'une durée  $\Delta t_1 = 3,0$  s, il passe de l'immobilité à une vitesse  $v_1$ , vitesse qui reste constante au cours de la phase 2.

**Q1.** Pour la phase 1, donner la direction et le sens du vecteur accélération  $\vec{a}$  du système.

Que dire de l'accélération dans la phase 2 ? Justifier.



Étude de la phase 1 du mouvement ascensionnel de Rockeeter. On assimile Rockeeter et son équipement à un système noté M dont on néglige la variation de masse (due à l'éjection des gaz) durant la phase 1 du mouvement.

**Q2.** Juste après le décollage, la force de poussée  $\vec{F}$  est l'une des forces s'exerçant sur le système M. Quelle est l'autre force s'exerçant sur ce système ?

**Q3.** Trois valeurs d'intensité de force de poussée sont proposées ci-dessous (A, B et C). Justifier que seule la proposition C permet le décollage.

- A. 800 N      B. 1 200 N      C. 1 600 N

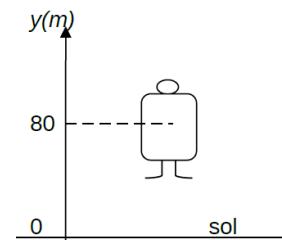
**Q4.** En supposant que la force de poussée a pour valeur 1 600 N, montrer que la masse de fluide consommé durant la phase 1 du mouvement est égale à 2,4 kg.

**Q5.** Après avoir déterminé l'accélération de Rockeeter en appliquant la seconde loi de Newton, estimer la valeur  $v_1$  de sa vitesse à l'issue de la phase 1.

## Partie 2 : Problème technique

Après à peine quelques dizaines de mètres, le jet-pack ne répond plus et tombe en panne : au bout de 80 m d'ascension verticale, la vitesse de Rockeeter est nulle. Le « Super héros » amorce alors un mouvement de chute verticale. La position de Rockeeter et de son équipement est repérée selon l'axe Oy vertical dirigé vers le haut et la date  $t = 0$  s correspond au début de la chute, soit à l'altitude  $y_0 = 80$  m.

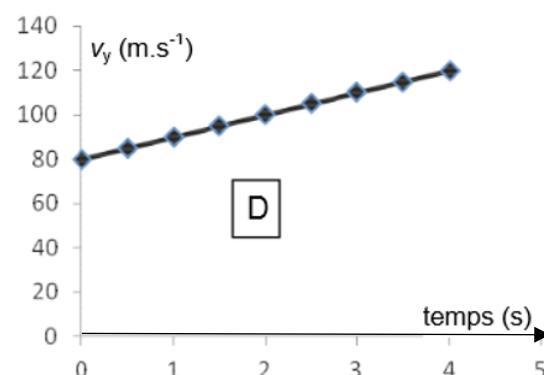
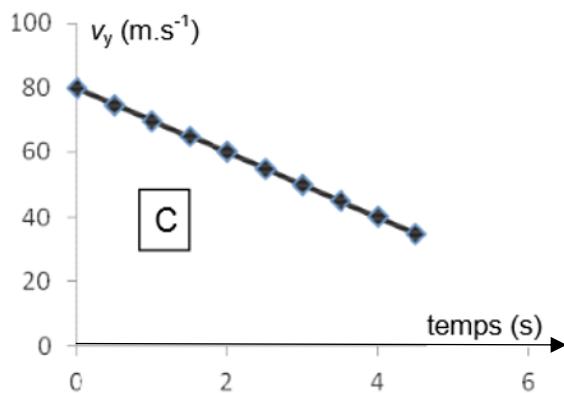
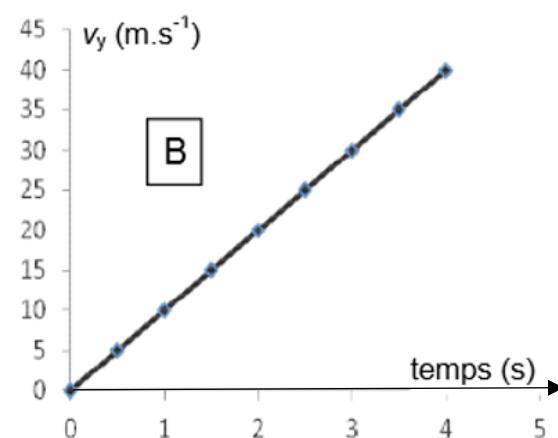
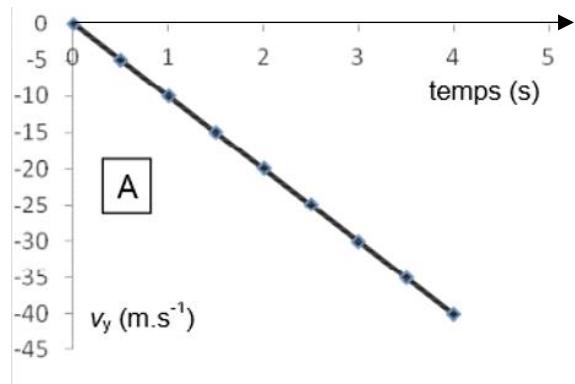
Le schéma ci-contre est tracé sans souci d'échelle.



**Q6.** Les représentations graphiques données à la page suivante proposent quatre évolutions au cours du temps de  $V_y$ , vitesse de Rockeeter suivant l'axe Oy.

Quelle est la représentation cohérente avec la situation donnée ? Une justification qualitative est attendue.

## Représentation graphique de $v_y$ en fonction du temps t

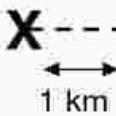


On peut montrer que lors de cette chute, la position de Rockeeter est donnée par l'équation horaire :  
 $y(t) = -5t^2 + 80$       avec  $t$  en seconde et  $y$  en mètre.

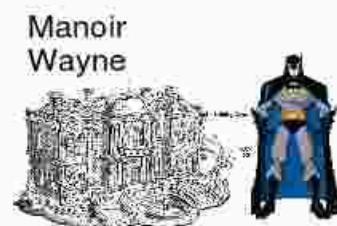
**Q7.** À quelques kilomètres du lieu de décollage de Rockeeter se trouve le Manoir Wayne, demeure d'un autre super héros, Batman. Alerté par ses superpouvoirs dès le début de la chute de Rockeeter, ce dernier saute dans sa Batmobile, véhicule se déplaçant au sol.

Emplacement du Manoir Wayne :

Lieu du décollage  
de Rockeeter



Voie d'accès



<http://batman.wikia.com>

Quelle doit-être la valeur minimale de la vitesse moyenne à laquelle devra se déplacer Batman au volant de sa Batmobile pour sauver à temps son ami Rockeeter ? Commenter.

## **EXERCICE 3 (6 points)**

### **LE JEU DU CORNHOLE.**

Le Cornhole, contraction des mots anglais « corn » et « hole » voulant dire « maïs » et « trou », est un jeu de plein air pratiqué entre autres aux États-Unis et au Canada.

Les règles de ce jeu sont assez simples. Chaque joueur est muni de quatre petits sacs contenant du maïs qu'il doit lancer en direction d'une planche inclinée par rapport à l'horizontale munie d'un trou circulaire et située environ à 8 mètres du joueur. À chaque fois qu'un sac retombe sur la planche, le joueur marque un point ; si le sac passe par le trou circulaire, le joueur marque trois points. Le premier joueur qui marque 21 points gagne la partie.



Extrait du site Internet  
[www.quora.com](http://www.quora.com)

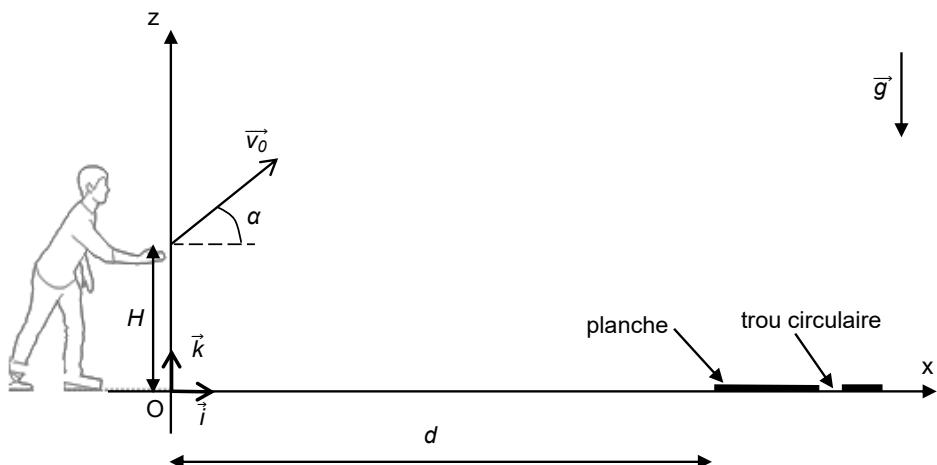
On étudie dans cet exercice les aspects énergétiques du lancer du sac puis le mouvement du centre de masse du sac dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

## **Données :**

- intensité de la pesanteur terrestre :  $g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  ;
  - masse du sac :  $m = 440 \text{ g}$ .

Un joueur se place à une distance  $d$  de la planche afin de réaliser un lancer de son sac de maïs. La situation est représentée sur la figure 1 ci-dessous. Afin de simplifier l'étude, la planche est considérée quasi-horizontale. Dans le repère d'espace ( $Ox$ ,  $Oz$ ) muni des vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{k}$ , le sac de maïs est lancé, depuis une hauteur initiale  $H$ , avec une vitesse initiale dont le vecteur  $\vec{v}_0$  est incliné d'un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale. On s'intéresse au mouvement du centre de masse  $G$  du sac. L'axe ( $Oz$ ) du repère d'espace est vertical.

FIG. 1 : Schéma représentant la situation du lancer du sac



## A- Etude énergétique

Le mouvement complet du sac est filmé puis étudié à l'aide d'un logiciel de pointage. Les données de la partie ascendante du mouvement sont traitées à l'aide d'un programme écrit en langage python (extrait en figure 2) qui permet de représenter l'évolution au cours du temps des énergies cinétique ( $E_c$ ), potentielle de pesanteur ( $E_{pp}$ ) et mécanique ( $E_m$ ) du sac (figure 3).

```
1 #importation des bibliothèques utilisées
2 import numpy as np
3 import matplotlib.pyplot as plt
4 from math import sqrt #importation de la fonction racine carrée
5
6 # valeurs expérimentales (tableau incomplet)
7 z=np.array([0.869,0.996,1.17,1.3,1.41,1.51,1.6,1.67,1.75,1.82,1.86,1.92,...])
8 t=np.array([0,0.033,0.067,0.1,0.133,0.167,0.2,0.233,0.267,0.3,0.333,0.367,...])
9 vx=np.array([7.61,7.66,7.712,7.517,7.595,7.578,7.334,7.39,7.329,7.184,7.239,7.116,...])
10 vz=np.array([4.8,4.484,4.158,3.797,3.219,2.787,2.515,2.314,2.008,1.827,1.447,0.9539,...])
11
12 #Calcul des énergies
13 m=0.440
14 g=9.81
15 ? = sqrt(vx**2 + vz**2)
16 ? = 0.5*m*v**2
17 ? = m*g*z
18 ? = 0.5*m*v**2 + m*g*z
```

FIG. 2 : Extrait du programme écrit en langage python

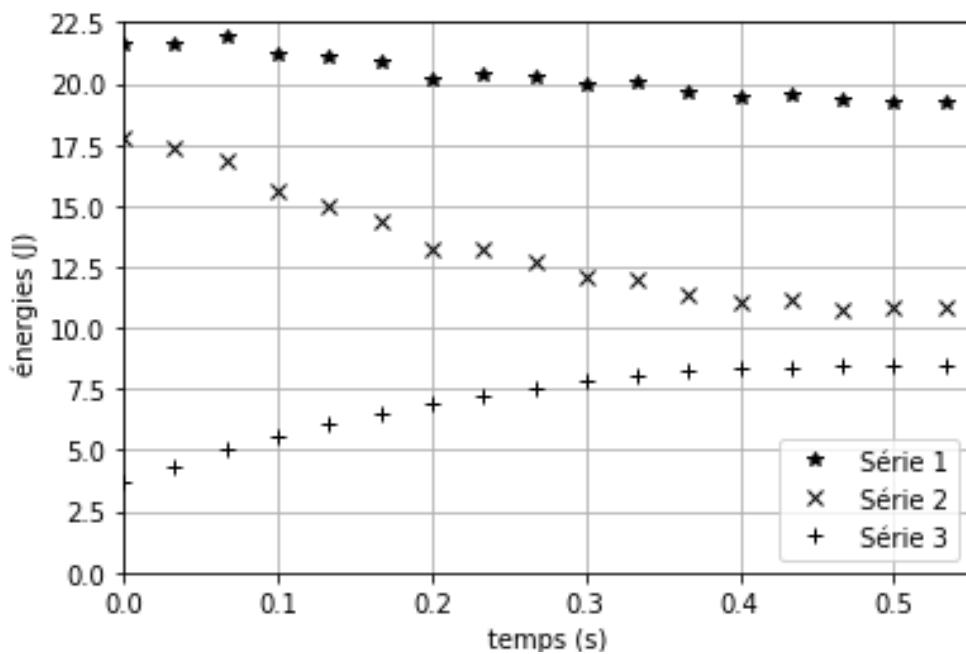


FIG. 3 : Evolution des énergies cinétique, potentielle de pesanteur et mécanique du sac au cours du temps obtenue à l'aide du programme écrit en langage python

**Q1.** Identifier les grandeurs calculées dans l'extrait du programme écrit en langage python (figure 2) aux lignes 15, 16, 17 et 18.

Exploitation de la figure 3

**Q2.** En justifiant votre choix, attribuer à chaque série l'énergie qui lui correspond.

**Q3.** Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le sac n'est pas négligeable devant le poids du sac.

**Q4.** Estimer la valeur de la vitesse initiale  $v_0$  du centre de masse du sac.

**Q5.** Estimer la valeur de l'altitude initiale  $H$  du centre de masse du sac. Commenter.

## B- Étude du mouvement du sac après le lancer

On souhaite étudier la chute du sac au cours du temps. La situation est toujours représentée sur la figure 1. Les frottements ne seront pas pris en compte dans cette partie.

On souhaite établir les expressions littérales des grandeurs accélération, vitesse et position du sac lors de son mouvement, ainsi que les caractéristiques (vitesse initiale et direction initiale) nécessaires à la réussite d'un lancer valant trois points.

Les dimensions de la planche sont précisées sur la figure 4 ci-dessous :

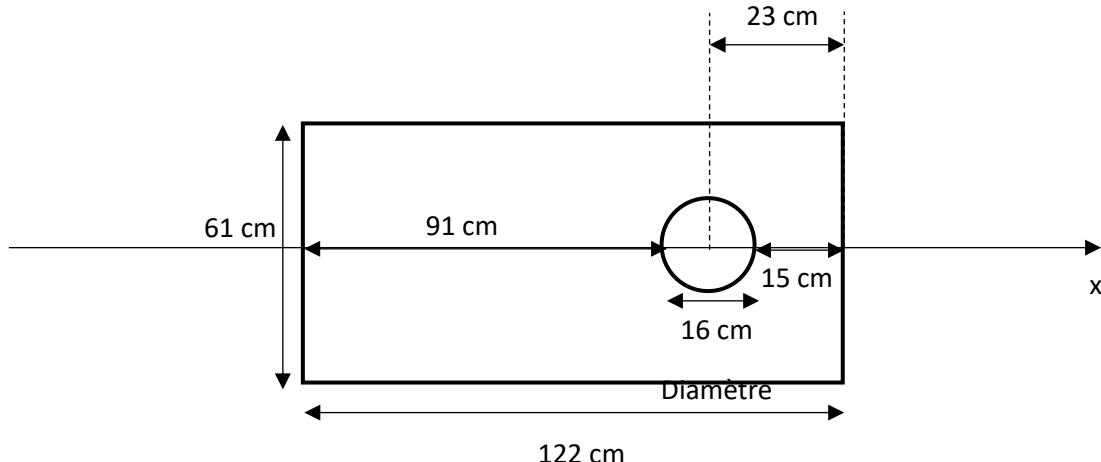


FIG. 4 : Dimensions de la planche de Cornhole

**Q6.** Déterminer les expressions littérales des coordonnées  $a_x$  et  $a_z$  du vecteur accélération  $\vec{a}$  du centre de masse du sac suivant les axes Ox et Oz.

**Q7.** En déduire les expressions littérales des équations horaires  $x(t)$  et  $z(t)$  de la position du centre de masse du sac au cours du mouvement.

**Q8.** Montrer que l'équation littérale de la trajectoire du centre de masse du sac dans le repère d'espace (Ox, Oz) est :

$$z(x) = -\frac{1}{2}g \cdot \frac{x^2}{v_0^2 \cdot \cos^2(\alpha)} + x \cdot \tan(\alpha) + H.$$

Qualifier cette trajectoire.

Le joueur effectue un premier lancer. L'équation de la trajectoire du centre de masse du sac a pour expression numérique :

$$z(x) = -0,0842 x^2 + 0,625 x + 0,880 \quad \text{avec } x \text{ et } z \text{ en m}$$

La distance  $d$  qui sépare l'origine O du repère d'espace et le bord de la planche est égale à  $d = 8,0$  m.

**Q9.** Déterminer le nombre de point(s) marqué(s) par le joueur pour ce lancer.

Nom :

Prénom :

Classe :

## ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

### EXERCICE 1

#### 2. Dosage du glucose dans le jus de pomme Granny Smith

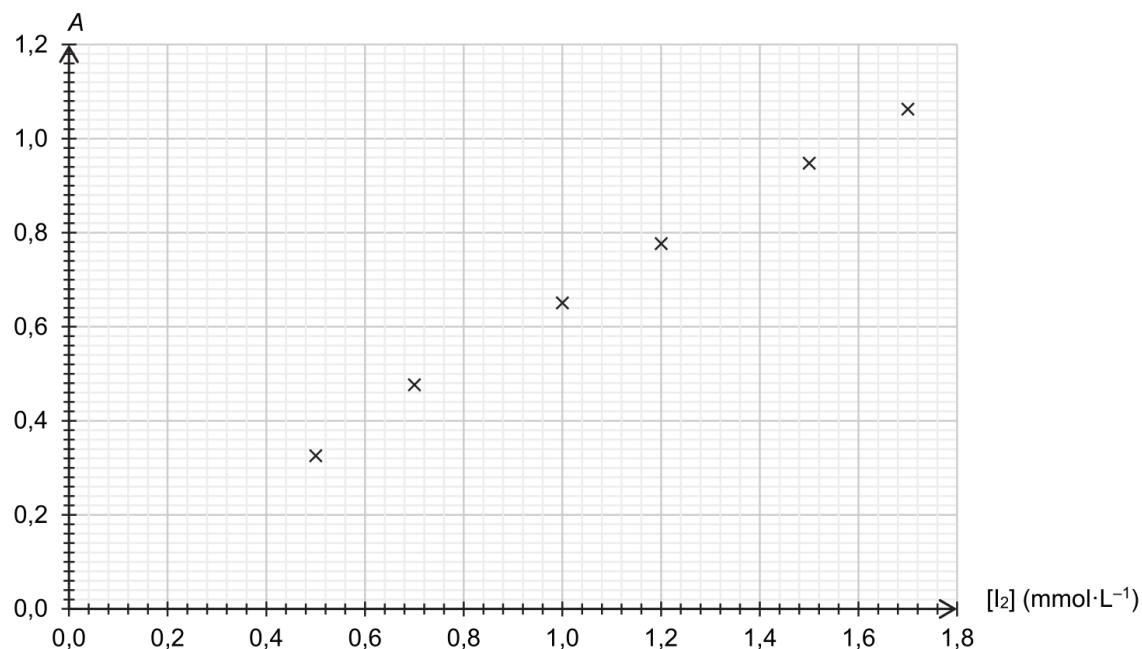


Figure 1. Évolution de l'absorbance de solutions étalon de diiode en fonction de la concentration

#### 4. Oxydation de l'acide ascorbique par le bleu de méthylène

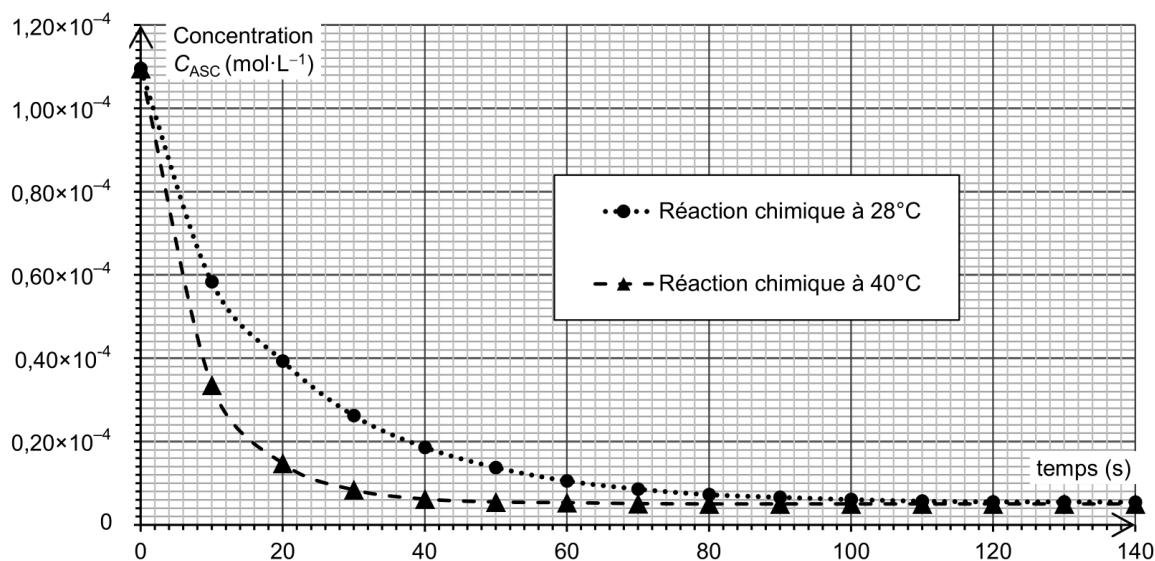


Figure 2. Évolution temporelle de la concentration  $C_{\text{ASC}}$  de l'acide ascorbique en solution