Bac Général Physique-Chimie + SVT (Physique-chimie et Sciences de la vie et de la Terre)

SUJET D'EXAMEN (SESSION OFFICIELLE)

Physique-chimie - Session 2023

Sujet de l'examen national tel que publié pour la session indiquée. Source : sujets nationaux publiés par le ministère chargé de l'examen et les services académiques. Document mis à disposition par FormaV pour la révision.

Toutes les annales et leurs corrigés : https://bac-physique-svt.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 2

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

EXERCICE 1 - L'IMPORTANCE DE LA VITAMINE C (9 points)

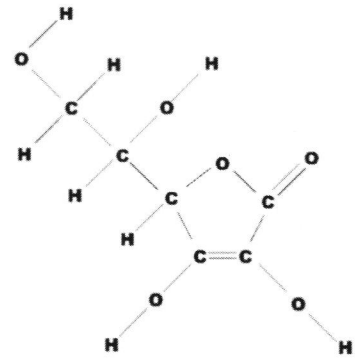
L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C, est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes.

La vitamine C est parfois utilisée dans des cosmétiques pour ses propriétés antioxydantes. Elle est aussi prescrite en complément alimentaire car elle joue un rôle important dans le métabolisme de l'être humain. Elle se dégrade à l'air, à la lumière et en présence d'oxydants.

L'objectif de l'exercice est d'étudier la dégradation de la vitamine C laissée à l'air libre dans un comprimé (**partie A**) ou dans un jus de fruit (**partie B**), puis d'examiner sa présence comme antioxydant dans les cosmétiques (**partie C**).

Données

- Formule développée de la molécule de vitamine C ou acide ascorbique, voir ci-contre.
- L'acide ascorbique $C_6H_8O_6$ est un diacide possédant deux couples acido-basiques notés AH_2 / AH^- et AH^- / A^{2-} dont les pK_A respectifs sont : pK_{A1} = 4,1 et pK_{A2} = 11,8.
- Masse molaire de l'acide ascorbique : M = 176,1 g·mol^{-1}.
- Conductivités molaires ioniques $\lambda°$ à 25 °C :



source : Wikipédia

ions	$\lambda°$ en mS·m^2·mol^{-1}
Na^+	5,01
HO^-	19,9
AH^-	3,42

- On rappelle que la conductivité σ d'une solution se calcule à partir de la loi de Kohlrausch :

$$\sigma = \sum_j \lambda_j^0 \times [X_j]$$

où X_j désigne une espèce chimique ionique et λ_j^0 la conductivité molaire ionique de cette espèce.

- Concentration standard : $c°$ = 1 mol·L^{-1}.

Partie A - Dégradation de la vitamine C dans un comprimé

La vitamine C est commercialisée sous forme de comprimés à croquer. Ces comprimés sont conditionnés dans des tubes hermétiques et sous emballage protecteur. Cet emballage indique que chaque comprimé contient 250 mg d'acide ascorbique.

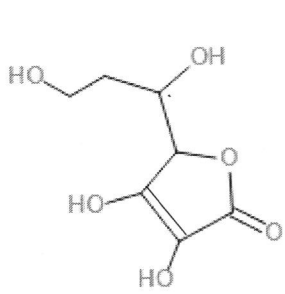
Un comprimé de vitamine C a été laissé plusieurs jours à l'air libre. La vitamine C qu'il contient a réagi avec le dioxygène de l'air.

On souhaite déterminer la masse d'acide ascorbique restant dans le comprimé à l'aide d'un titrage avec suivi conductimétrique d'une réaction acido-basique.

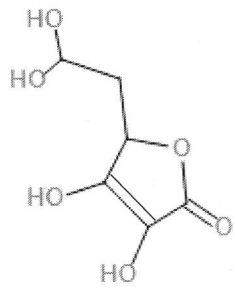
Une solution aqueuse SA est préparée par dissolution complète d'un comprimé de vitamine C dans l'eau. Le volume de la solution SA est V = 200,0 mL.

L'acide ascorbique et ses couples acide-base

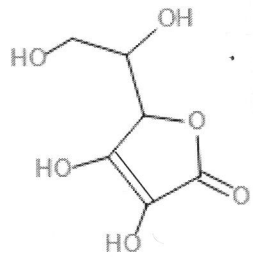
1. Parmi les trois propositions ci-dessous, indiquer celle qui correspond à la formule topologique de la vitamine C.



a)



b)



c)

Préparation de la solution titrante

Au laboratoire, on dispose d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration $C_0 = 0{,}200\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ et de la verrerie suivante :

- fioles jaugées de 20,0 mL, 25,0 mL, 50,0 mL, 100,0 mL, 200,0 mL, 250,0 mL, 500,0 mL,1 000 mL ;
- pipettes jaugées de 1,0 mL, 5,0 mL, 10,0 mL, 20,0 mL.

2. Déterminer le volume V_0 de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_0 à prélever afin d'obtenir un volume V_B = 200,0 mL de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B = 1,00×10^{-2} mol·L^{-1}.
3. Préciser la verrerie nécessaire pour mesurer V_0 et V_B.

Titrage de la solution S_A

On prélève un volume V_A = 20,0 mL de la solution aqueuse S_A que l'on titre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium (Na^+, HO^-) de concentration C_B = 1,00×10^{-2} mol·L^{-1}.

Les couples acide-base mis en jeu sont AH_2/AH^- pour l'acide ascorbique et H_2O/HO^-.

Le titrage acido-basique des 20,0 mL de solution S_A par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_B = 1,00×10^{-2} mol·L^{-1} est réalisé. La conductivité de la solution est relevée en fonction du volume d'hydroxyde de sodium versé. La courbe de titrage est tracée **figure 1** ci-après.

4. Écrire l'équation de la réaction support du titrage avec les notations simplifiées AH_2, AH^- et justifier qu'il s'agit d'une transformation acide-base au sens de Brønsted.

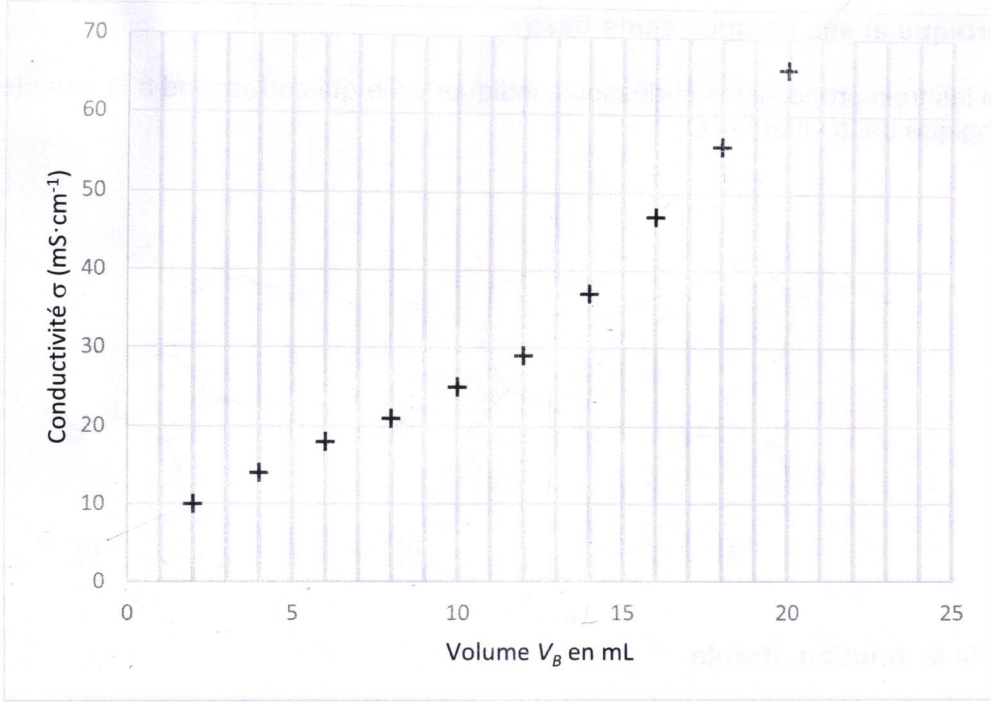


Figure 1 - Conductivité de la solution en fonction du volume de solution d'hydroxyde versé

5. Justifier le changement de pente observé sur le graphique, en s'appuyant sur les conductivités molaires ioniques.
6. Déterminer le volume V_{BE} à l'équivalence.
7. En déduire la valeur de la masse *m* de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier que cette valeur est comprise entre190 mg et 230 mg.
8. Justifier, à partir de l'information fournie par l'emballage au sujet de chaque comprimé, qu'une réaction de la vitamine C a bien eu lieu.

Partie B - Étude cinétique de la dégradation de la vitamine C dans un jus d'orange

« La vitamine C est la plus fragile de toutes les vitamines : elle se dégrade rapidement à la chaleur, à l'eau, à l'air et à la lumière. Par exemple, à température ambiante, la moitié de la teneur en vitamine C d'un jus de fruit peut être perdue en 24 heures.

En conséquence, les modes de stockage doivent être adaptés de manière à limiter les pertes : les industriels conservent les produits à basse température (inférieure à 5 °C) en y adjoignant des agents actifs. »

D'après l'AFSSA – Agence Française de Sécurité Sanitaire des Aliments

On dispose d'un jus d'orange filtré à la température T_1 = 25 °C. À partir de données expérimentales, on a modélisé le suivi cinétique de la dégradation de la vitamine C, ou acide ascorbique, dans ce jus d'orange et à cette température (voir **figure 2** ci-dessous).

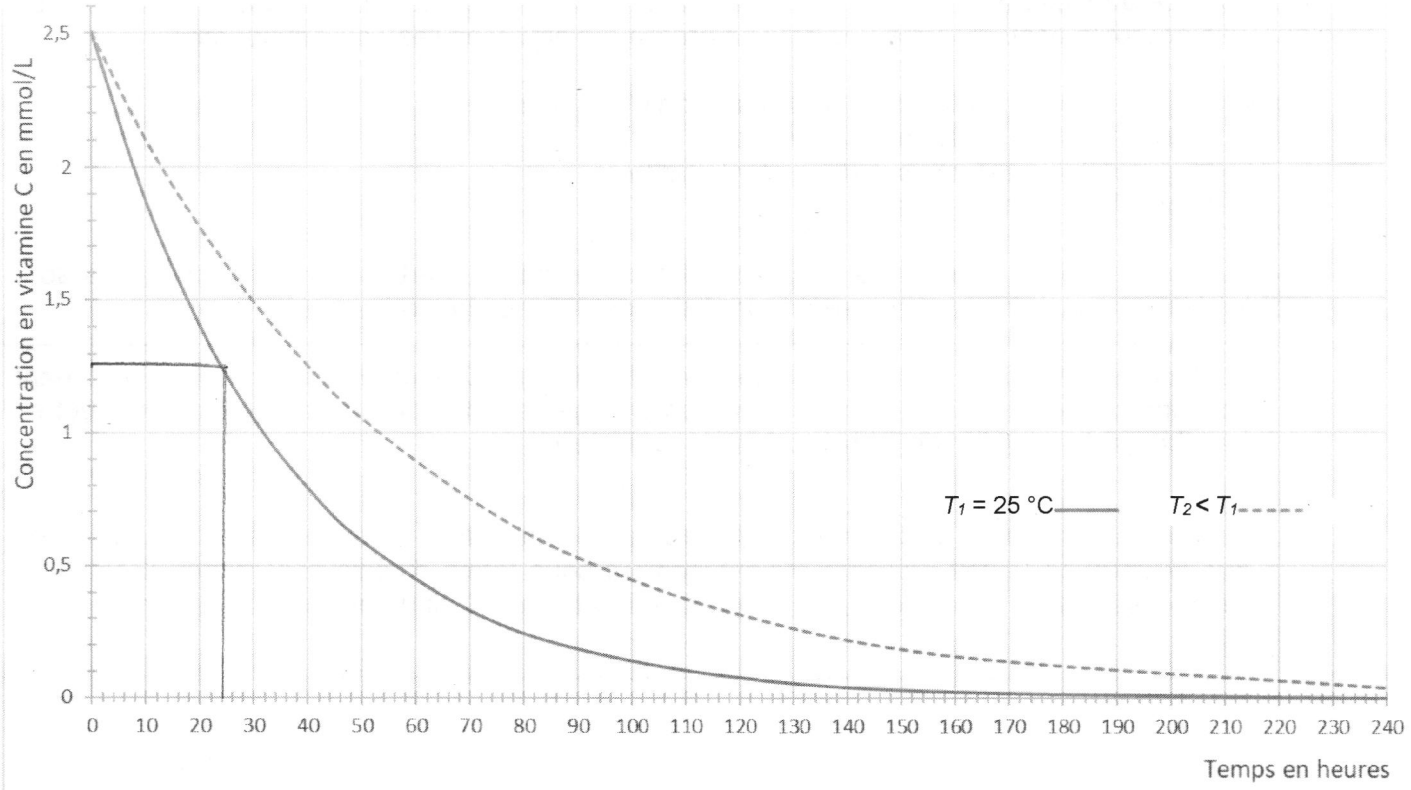


Figure 2 – Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes

Données

- L'acide ascorbique est aussi un réducteur et fait partie du couple : $C_6H_6O_{6\,(aq)}$ / $C_6H_8O_{6(aq)}$.
- Le dioxygène est l'oxydant du couple $O_{2(g)}$ / $H_2O_{(l)}$.

9. Écrire les demi-équations correspondant aux couples mis en jeu lors de la dégradation de la vitamine C par le dioxygène de l'air et montrer que l'équation de l'oxydation de la vitamine C s'écrit :

$$2\ C_6H_8O_{6(aq)} + O_{2(g)} \rightarrow 2\ C_6H_6O_{6(aq)} + 2\ H_2O_{(l)}$$

10. Définir la vitesse volumique de disparition de la vitamine C.

11. À partir du graphique de la **figure 2**, décrire qualitativement l'évolution de la vitesse de disparition de la vitamine C en fonction du temps, à une température donnée, et faire le lien avec un facteur cinétique à préciser.

12. Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition de la vitamine C à la température T_1 = 25 °C à la date t_1 = 60 h. L'exprimer en mmol·L^{-1}·h^{-1}.

13. Déterminer graphiquement le temps $t_{1/2}$ de demi-réaction à la température T_1 = 25 °C et vérifier que cette valeur est cohérente avec celle annoncée dans le texte introductif de la partie B.

14. À partir de la **figure 2**, en comparant les deux courbes, donner un deuxième facteur cinétique, et indiquer pourquoi il est préférable de ne pas laisser le jus d'orange sur la table du petit déjeuner.

Partie C - Vitamine C dans les crèmes

Une crème hydratante est une émulsion constituée d'une phase hydrophobe (comme de l'huile) et d'une phase aqueuse (comme de l'eau). La phase aqueuse apporte de l'eau à la peau. La phase huileuse nourrit la peau et forme une couche grasse qui empêche l'eau de s'évaporer.

Divers additifs peuvent participer à la composition d'une crème :
- la vitamine C, qui est un antioxydant ;
- le glycérol, qui est une substance hydratante ;
- la paraffine, un filtre solaire, etc.

Lorsque la vitamine C entre dans la composition d'une crème, certaines recommandations sont indiquées, comme, par exemple, celles reproduites dans l'encadré ci-dessous.

- **Recommandation n° 1 :** ne pas combiner la vitamine C avec d'autres produits contenant des ions cuivre Cu^{2+}. Cela peut entrainer un changement de couleur de la crème qui peut se traduire par l'apparition de taches colorées sur la peau.

D'après : www.cosmopolitan.fr

- **Recommandation n° 2 :** pour qu'une crème ou sérum à la vitamine C soit efficace, il faut que la vitamine C soit présente majoritairement sous forme d'acide ascorbique. Il est alors indispensable que le cosmétique contenant de la vitamine C ait un pH acide inférieur ou égal à 3,5.

D'après : www.medecine-anti-age.com

Données :
- Couples rédox mis en jeu : $C_6H_6O_6$ / $C_6H_8O_6$ et Cu^{2+} / Cu.
- Le cuivre solide est de couleur rouge orangé.

L'équation de l'oxydation de la vitamine C par l'ion Cu^{2+} s'écrit :

$$C_6H_8O_{6(aq)} + Cu^{2+}_{(aq)} \rightarrow C_6H_6O_{6(aq)} + Cu_{(s)} + 2H^+_{(aq)}$$

15. Justifier le fait que des taches colorées peuvent apparaître, comme indiqué dans la **recommandation n° 1**.

16. Établir le diagramme de prédominance pour les couples AH_2/AH^- et AH^-/A^{2-}.

17. Évaluer la valeur du rapport $\frac{[AH_2]}{[AH^-]}$ pour la valeur de pH indiquée et justifier la **recommandation n° 2** portant sur une valeur de pH à ne pas dépasser.

Le candidat est invité à présenter sa démarche et à faire preuve d'esprit critique.

EXERCICE 2 - UN SAUT PARFAIT (5,5 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 $km \cdot h^{-1}$ 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.

Dans la **partie A**, on utilise un modèle simplifié pour prévoir, à partir des équations horaires, comment varient la durée du saut ainsi que la distance et la hauteur maximales théoriques en fonction de l'angle α de la rampe avec l'horizontale.
Dans la **partie B**, on examine la hauteur réellement atteinte à partir des données expérimentales dans le cadre d'une étude énergétique.

On s'intéresse au mouvement du centre de masse G du skieur qui s'élance depuis une rampe, à une hauteur initiale H_0, avec une vitesse initiale dont le vecteur $\overrightarrow{V_0}$ 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.

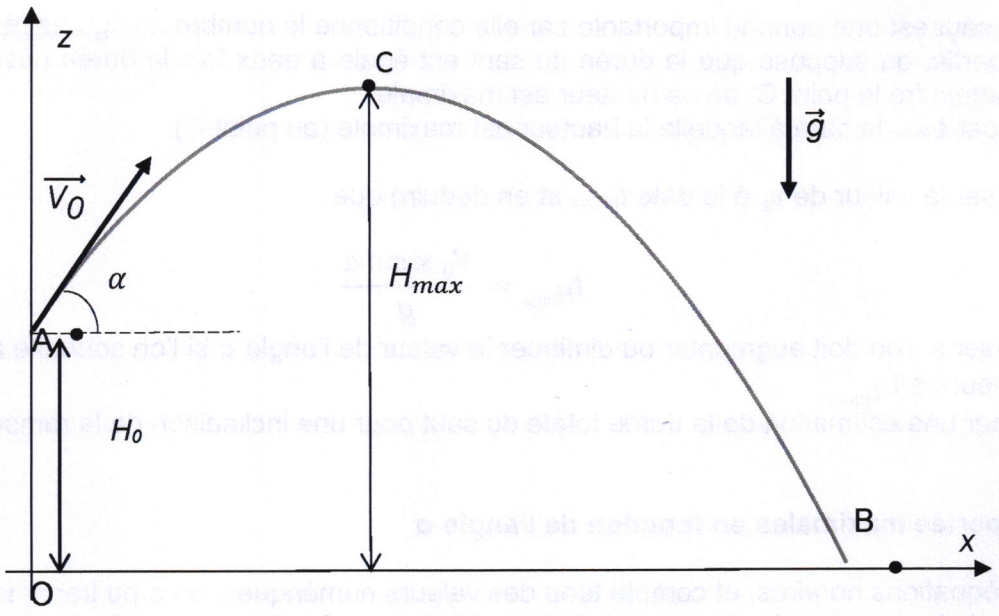


Figure 1 - Schématisation de la trajectoire du centre de masse G

Données

- Masse du skieur avec son équipement : m = 80 kg
- Valeur du champ de pesanteur terrestre : g = 9,81 m·s^{-2}
- Valeur de la hauteur initiale H_0 = 3,60 m
- Valeur de la vitesse initiale : V_0 = 17 m·s^{-1}

Rappel

- La fonction sinus est croissante sur l'intervalle [0, 90°].

Partie A – Étude théorique portant sur l'influence de l'angle α entre la rampe et le plan horizontal

Dans cette partie, on fait les hypothèses simplificatrices suivantes :

- on néglige les frottements de l'air sur le skieur ;
- on néglige les rotations du skieur sur lui-même.

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 et a_z du vecteur accélération $\vec{a}$ du centre de masse G du skieur.

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

$$\overrightarrow{OG}\begin{cases} x(t) = V_0 \times (\cos\alpha) \times t \\ z(t) = -\frac{1}{2} g \times t^2 + V_0 \times (\sin\alpha) \times t + H_0 \end{cases}$$

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 :

$$t_{H_{max}} = \frac{V_0 \times \sin\alpha}{g}$$

4. Préciser si l'on doit augmenter ou diminuer la valeur de l'angle α si l'on souhaite augmenter la valeur de $t_{H_{max}}$.
5. Donner une estimation de la durée totale du saut pour une inclinaison de la rampe de 30°.

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.

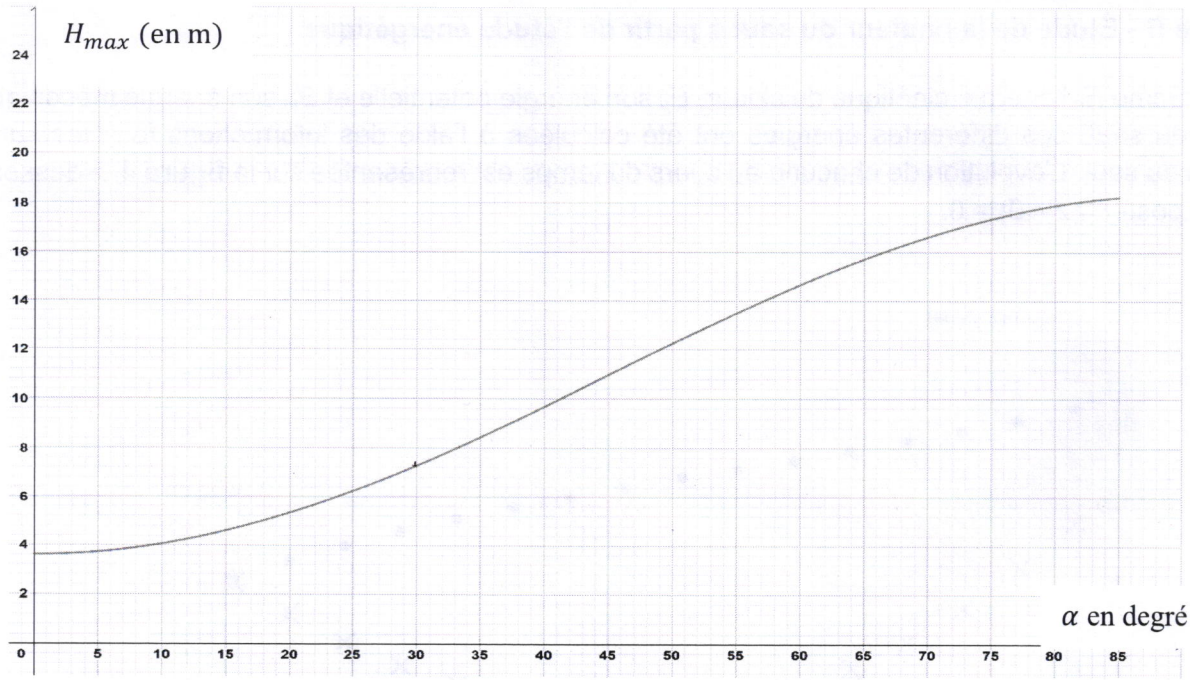


Figure 2 - Hauteur max en fonction de l'angle

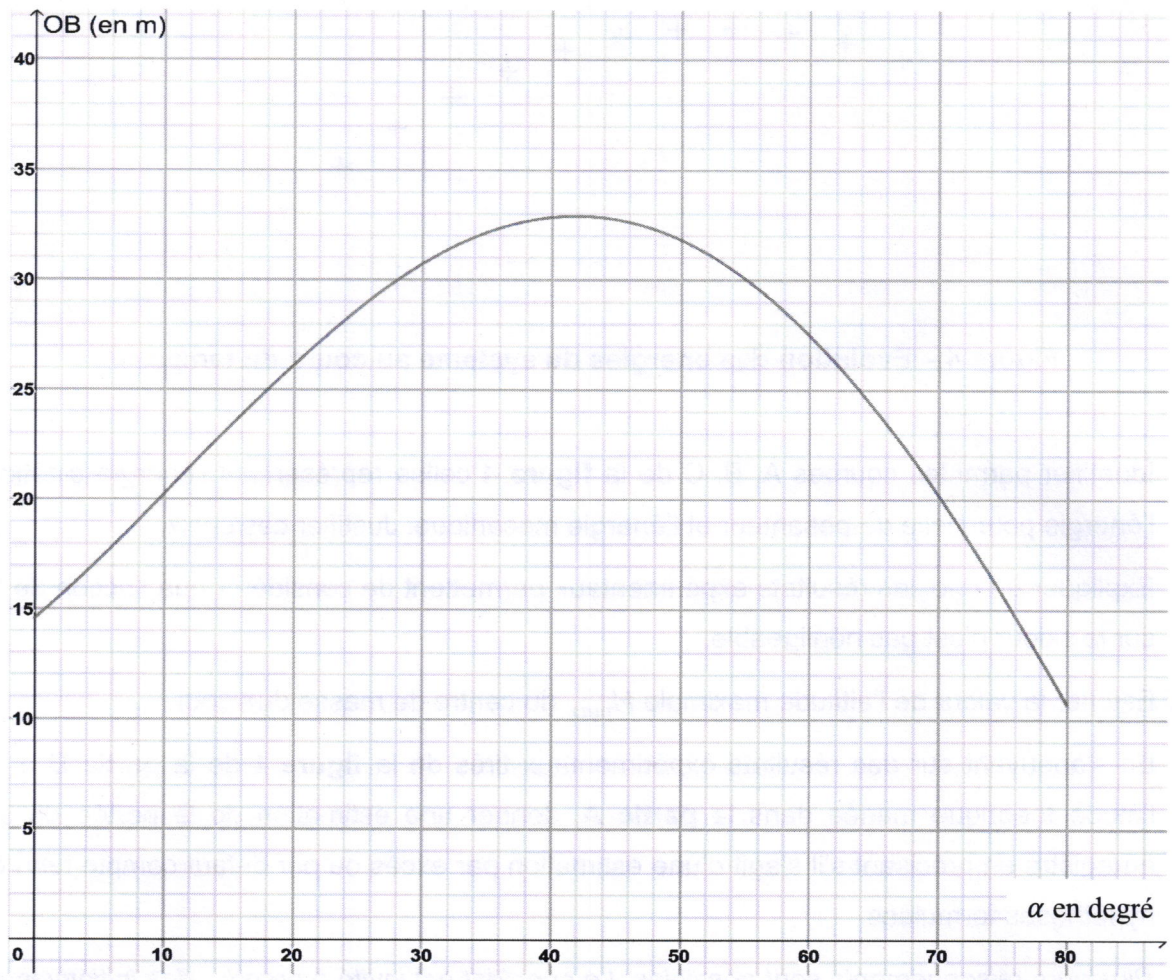


Figure 3 - Portée en fonction de l'angle

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.

Partie B - Étude de la hauteur du saut à partir de l'étude énergétique

On nomme E_c l'énergie cinétique du skieur, E_p son énergie potentielle et E_m son énergie mécanique. Lors du saut, ces différentes énergies ont été calculées à l'aide des informations fournies sur la vidéo du saut. L'évolution de chacune au cours du temps est représentée sur la **figure 4** ci-dessous. On a posé $E_p(z = 0) = 0$.

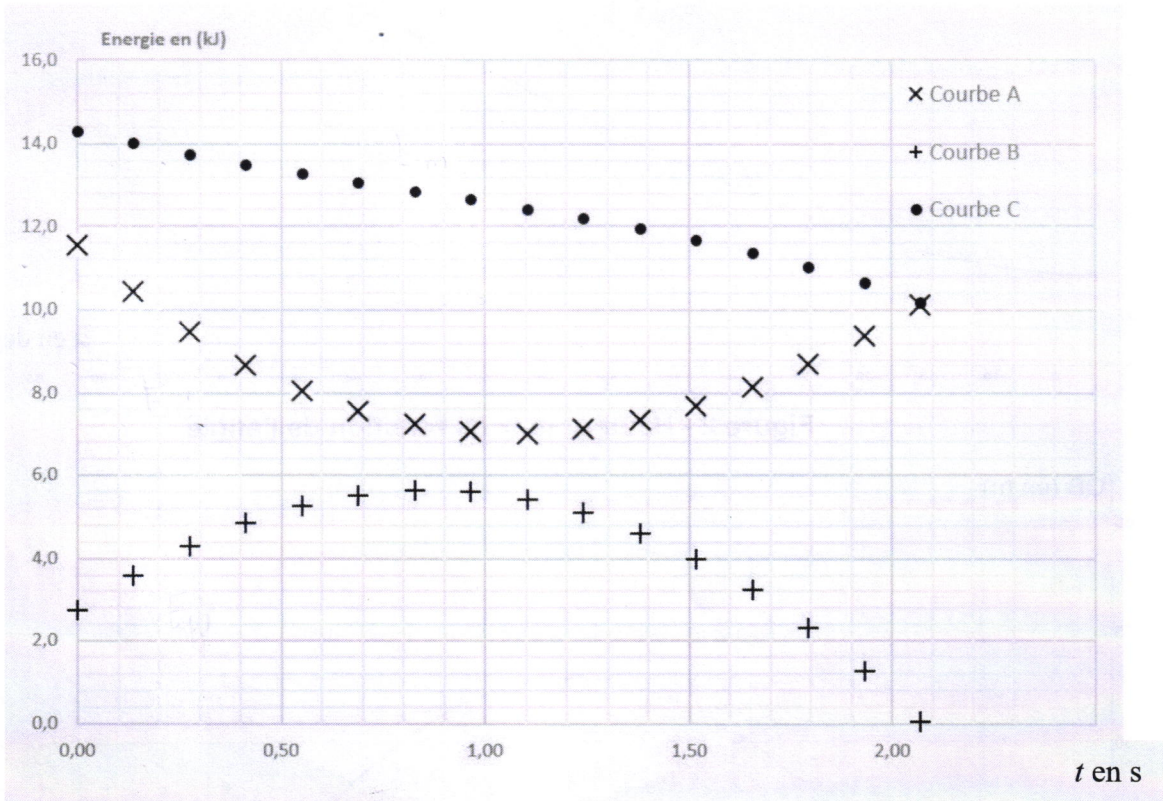


Figure 4 – Évolution des énergies du système au cours du temps

7. Identifier parmi les courbes A, B, C de la **figure 4** celles représentant l'énergie cinétique, l'énergie potentielle de pesanteur et l'énergie mécanique. Justifier ces choix.

8. Expliquer en quoi les résultats expérimentaux permettent de considérer que l'action de l'air sur le skieur n'est pas négligeable.

9. Estimer la valeur de l'altitude maximale H_{max} du centre de masse du skieur.

10. En s'appuyant sur des résultats expérimentaux tirés de la **figure 4** de la **partie B** et sur l'étude théorique menée dans la **partie A**, donner une estimation de la portée du saut enregistré en précisant s'il s'agit d'une estimation par excès ou par défaut compte tenu des hypothèses formulées.

    Plusieurs raisonnements sont possibles. Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche.

EXERCICE 3 – ÉTUDE DES AGRÉGATS D'EAU (5,5 points)



Pour étudier la formation des gouttelettes d'eau dans l'atmosphère, il est possible en laboratoire de reconstituer de très petites gouttelettes contenant quelques dizaines de molécules d'eau, appelées agrégats, et qui peuvent grossir par « collage » de molécules d'eau supplémentaires. La masse de ces agrégats est un paramètre important pour comprendre le mécanisme de formation de la pluie. On cherche donc à mesurer la masse de ces agrégats pour mieux les étudier.

L'objectif de cet exercice est d'illustrer le principe de la détermination de la masse des agrégats par l'utilisation d'un accélérateur linéaire.

Le dispositif expérimental est schématisé **figure 1** ci-dessous. On injecte à l'entrée de la zone de collision des agrégats constitués de N = 50 molécules d'eau. Chaque agrégat porte une charge électrique q positive. Les agrégats peuvent subir des collisions avec des molécules d'eau dans cette zone de collision.
On cherche à déterminer la masse des agrégats à la sortie de la zone de collision pour savoir si des molécules d'eau se sont collées aux agrégats. Pour cela, les agrégats passent, après la zone de collision, dans une zone d'accélération constituée de deux armatures métalliques A et B distantes de 10 cm, percées chacune d'un trou en leur centre, et aux bornes desquelles on applique une tension U = 10 kV. À la sortie de la zone d'accélération, les agrégats entrent dans une zone de déplacement libre où règne un vide poussé. On enregistre alors le temps de vol des agrégats, c'est-à-dire la durée pour parcourir la distance D entre la plaque B et le détecteur.
La mesure du temps de vol permet de déterminer la masse m de l'agrégat.

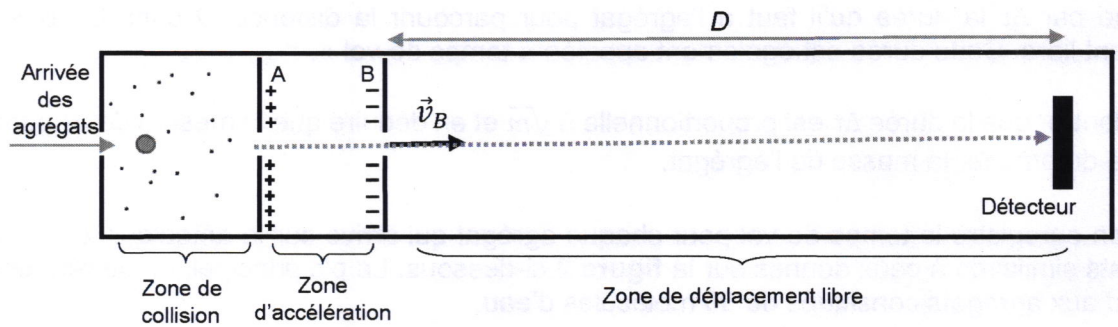


Figure 1 - Dispositif simplifié de l'accélérateur linéaire

Données

- Charge d'un agrégat : $q = +1{,}60 \times 10^{-19}$ C
- Tension entre les plaques A et B : $U_{AB} = U = 10{,}0$ kV
- Distance entre les plaques : AB = 10 cm
- Nombre d'Avogadro : $N_A = 6{,}02 \times 10^{23}$ mol^{-1}
- Masse molaire de l'eau : $M = 18{,}0$ g·mol^{-1}
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81$ m·s^{-2}

Rappel

Pour un condensateur plan présentant une distance AB entre ses armatures, le champ électrique $\vec{E}$ entre les deux armatures est uniforme et est relié à la tension U_{AB} par la relation : $E = \frac{|U_{AB}|}{AB}$.

1. Montrer que la masse m_1 d'un agrégat contenant N = 50 molécules d'eau est d'environ $1{,}50\times10^{-24}$ kg et expliquer pourquoi il n'est pas possible de déterminer cette masse directement.

2. Sur un schéma, représenter le vecteur champ électrique $\vec{E}$ dans la zone d'accélération et déterminer sa valeur E.

3. Donner les caractéristiques (direction, sens, valeur) de la force électrique $\vec{F}$ qui s'exerce sur un agrégat dans la zone d'accélération.

4. Montrer, en comparant les valeurs P_1 du poids d'un agrégat de masse m_1 et F de la force électrique, qu'il est possible de négliger l'effet du poids devant celui de la force électrique.

5. Exprimer le travail $W_{AB}(\vec{F})$ de la force électrique dans la zone d'accélération en fonction de q et U.

La vitesse v_A d'un agrégat de masse m entrant dans la zone d'accélération est négligeable devant la vitesse de sortie v_B.

6. En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, montrer que la vitesse en sortie de zone d'accélération est donnée par $v_B = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

7. En négligeant le poids de l'agrégat dans la zone de déplacement libre, décrire le mouvement de l'agrégat dans la zone de déplacement libre.

On désigne par Δt la durée qu'il faut à l'agrégat pour parcourir la distance D dans la zone de déplacement libre. Cette durée est également appelée « temps de vol ».

8. Montrer que la durée Δt est proportionnelle à $\sqrt{m}$ et en déduire que la mesure de Δt permet de déterminer la masse de l'agrégat.

Lorsque l'on enregistre le temps de vol pour chaque agrégat qui arrive sur le détecteur, on obtient des résultats similaires à ceux donnés sur la **figure 2** ci-dessous. Le pic principal, dit de référence, correspond aux agrégats constitués de 50 molécules d'eau.

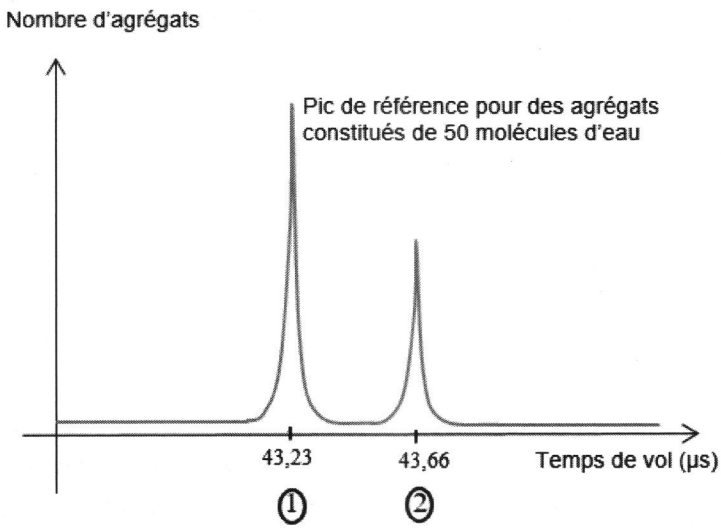


Figure 2 – Temps de vol des agrégats

9. Déterminer le nombre de molécules d'eau qui constituent les agrégats du deuxième pic.