BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2026

PHYSIQUE-CHIMIE

Mercredi 9 septembre 2026

Durée de l'épreuve : **3 heures 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 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10.

L'annexe page 10 est à rendre avec la copie.

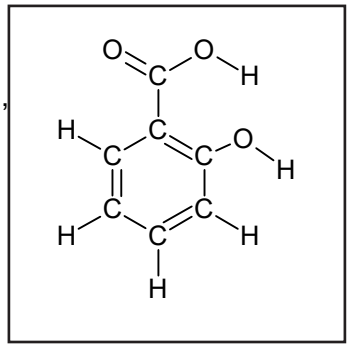
Exercice 1 – De l'acide salicylique à l'aspirine (9 points)

Le saule blanc est un arbre dont l'écorce a longtemps été utilisée pour en extraire la molécule d'acide salicylique, avant qu'elle ne soit obtenue par synthèse chimique. L'acide salicylique entrait dans la composition de médicaments permettant de lutter contre la fièvre et d'atténuer la sensibilité à la douleur, avant d'être remplacé par son dérivé, l'acide acétylsalicylique, aussi appelé aspirine.

Le but de cet exercice est d'étudier quelques propriétés de l'acide salicylique, d'en vérifier la concentration dans une préparation pharmaceutique puis d'étudier la synthèse de l'aspirine, dont il est l'un des réactifs.

Données :

- formule développée de l'acide salicylique : voir encadré ci-contre ;
- valeurs des pK_A des couples acide-base associés à l'acide salicylique, de formule brute $C_7H_6O_3$, à 25 °C :
  - $C_7H_6O_3(aq)$ / $C_7H_5O_3^-(aq)$: pK_{A1} = 3,0 ;
  - $C_7H_5O_3^-(aq)$ / $C_7H_4O_3^{2-}(aq)$: pK_{A2} = 13,6 ;
- masse molaire de l'acide salicylique : M = 138 g·mol^{-1} ;
- solubilité de l'acide salicylique dans l'eau à 25 °C : s = 2,24 g·L^{-1} ;
- concentration standard : $c°$ = 1 mol·L^{-1}.



1. Étude de la molécule d'acide salicylique

Q1. Représenter le schéma de Lewis de l'acide salicylique puis entourer et nommer les deux groupes caractéristiques de la molécule.

Q2. Parmi les espèces participant aux couples acide-base associés à l'acide salicylique, identifier en justifiant l'espèce amphotère.

Q3. Déterminer la valeur de la masse minimale d'acide salicylique à peser pour préparer un volume de 200 mL de solution aqueuse saturée à 25 °C. On note S cette solution.

Q4. Montrer que la concentration C en acide salicylique apporté de la solution S est voisine de 16,2 mmol·L^{-1}.

Q5. Écrire l'équation de la réaction modélisant la transformation acide-base ayant lieu entre l'acide salicylique et l'eau, en ne tenant compte que de sa première acidité.

À 25 °C, on mesure le pH de la solution S. Celui-ci a pour valeur 2,4.

Q6. À partir de la valeur de pH, montrer que l'acide salicylique est un acide faible dans l'eau.

Q7. Donner la relation entre la constante K_{A1} du couple acide salicylique / ion salicylate, les concentrations des espèces à l'équilibre et $c°$. En déduire la valeur de pK_{A1}. Commenter.

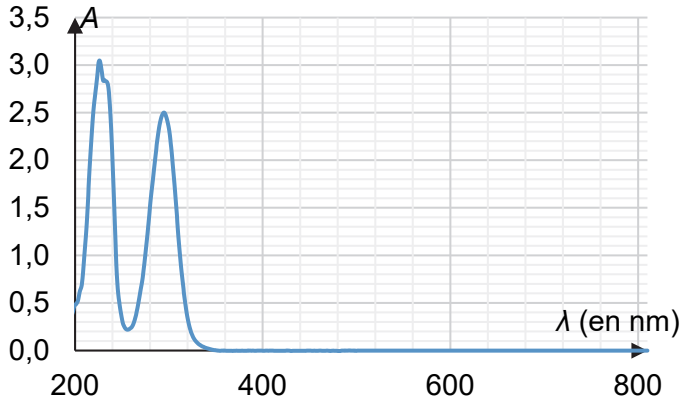
2. Dosage de l'acide salicylique contenu dans un collyre

Un collyre est une solution vendue en pharmacie et destinée à être utilisée dans les yeux. On étudie un collyre dont le principe actif est l'acide salicylique ; la notice indique que la concentration en principe actif est de 1 mg·mL^{-1}.

Données :

- pH du collyre étudié : 7,0 ;
- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure avec une valeur de référence, on peut utiliser le quotient $\left|\frac{x - x_{ref}}{u(x)}\right|$ avec x la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et u(x) l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x ;
- l'incertitude associée à une grandeur $\alpha \cdot x$, où α est une constante, vérifie u($\alpha \cdot x$) = $\alpha \cdot$u(x) ;

- spectre d'absorption d'une solution aqueuse d'acide salicylique en milieu basique :



Q8. Représenter le diagramme de prédominance des différentes formes acide-base associées à l'acide salicylique. En déduire la forme prédominante présente dans le collyre.

Pour des raisons pratiques, le dosage est effectué en milieu basique. Dans ces conditions, la forme prédominante déterminée à la question **Q8** reste la même.

Q9. Justifier que la solution aqueuse d'acide salicylique en milieu basique est incolore.

On prépare, en milieu basique, une gamme d'étalonnage de solutions aqueuses d'acide salicylique de concentration en masse C_m. On mesure, à la longueur d'onde λ = 295 nm, l'absorbance A des différentes solutions. La figure 1 ci-dessous présente la courbe d'étalonnage $A = f(C_m)$ obtenue.

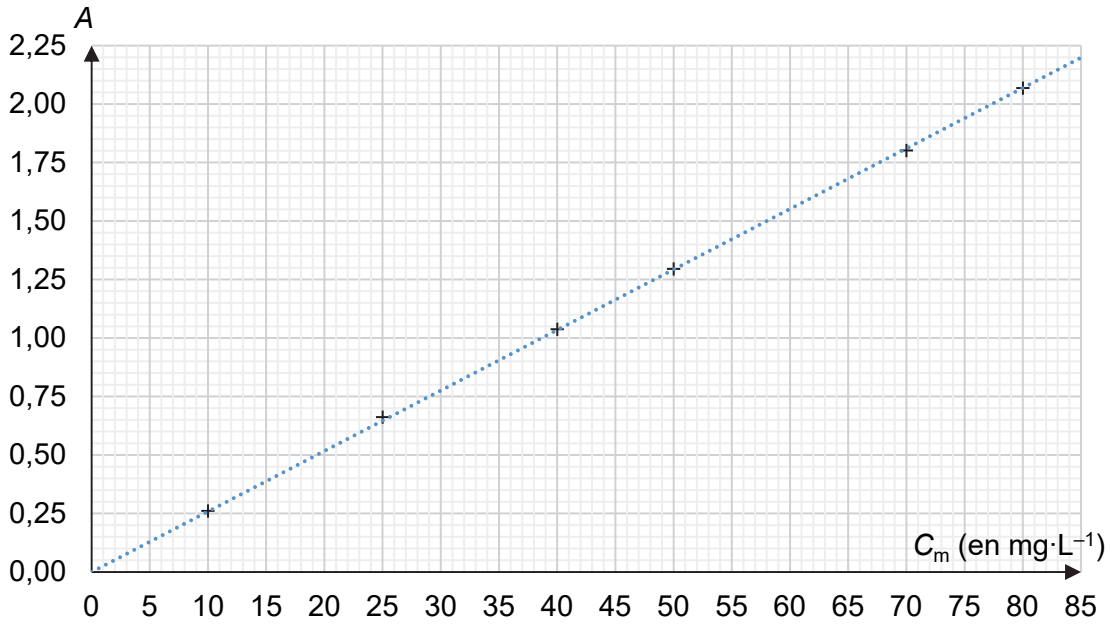


Figure 1. Courbe d'étalonnage de l'acide salicylique dans le collyre à λ = 295 nm

Q10. Justifier la nécessité de diluer le collyre afin de pouvoir exploiter la courbe d'étalonnage.
Le collyre est dilué 20 fois : on mesure, pour la solution obtenue, une absorbance A = 1,27.

Q11. En assimilant l'incertitude-type sur la concentration du collyre dilué à l'incertitude liée à la lecture graphique, déterminer si la concentration en acide salicylique du collyre est en accord avec la valeur indiquée sur la notice.

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 nécessite d'être correctement présentée.

3. Synthèse de l'aspirine

En 1898, le chimiste Félix Hoffmann a synthétisé pour la première fois l'acide acétylsalicylique dans le but d'améliorer l'assimilation par le corps humain des médicaments à base d'acide salicylique. Cette synthèse repose sur la réaction entre l'anhydride éthanoïque et l'acide salicylique. On admet que cette transformation chimique est totale.

Données :

- propriétés physico-chimiques de quelques espèces chimiques :

Espèce chimique	Acide salicylique	Anhydride éthanoïque	Acide acétylsalicylique
Formule brute	$C_7H_6O_3$	$C_4H_6O_3$	$C_9H_8O_4$
Masse molaire ($g \cdot mol^{-1}$)	138	102	180
Solubilité dans l'eau à 25 °C	Peu soluble		Peu soluble
Pictogramme de sécurité			

- la solubilité des espèces chimiques étudiées dans cet exercice augmente lorsque la température de la solution augmente ;
- masse volumique de l'anhydride éthanoïque à 25 °C : $\rho = 1{,}08\ g \cdot mL^{-1}$.

La synthèse de l'acide acétylsalicylique est modélisée par la réaction suivante :

$$C_7H_6O_3(s) + C_4H_6O_3(\ell) \rightarrow C_2H_4O_2(\ell) + C_9H_8O_4(s)$$

Le protocole expérimental mis en œuvre pour la synthèse étudiée est :

Étape A
- placer une masse de $m = 2{,}0$ g d'acide salicylique et un volume de $V = 3{,}0$ mL d'anhydride éthanoïque dans un erlenmeyer ;
- ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique, puis chauffer à reflux pendant 20 minutes environ ;
- arrêter le chauffage et laisser refroidir le mélange réactionnel à température ambiante ;

Étape B
- ajouter avec précaution 25 mL d'eau froide ;
- placer l'erlenmeyer dans un bain de glace : des cristaux apparaissent au bout d'environ 10 minutes ;
- filtrer les cristaux obtenus sur filtre Büchner et les rincer à l'eau froide ;
- sécher plusieurs fois les cristaux formés entre deux morceaux de papier filtre ;
- mettre l'aspirine obtenue à l'étuve.

Q12. Indiquer les consignes de sécurité à appliquer lors de cette synthèse.

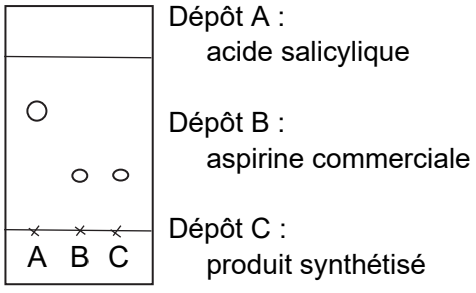
Q13. Présenter deux avantages du chauffage à reflux lors de la synthèse.

Q14. Nommer les étapes A et B du protocole expérimental.

Q15. Justifier l'utilisation d'eau froide et d'un bain de glace lors de l'étape B.

Afin d'identifier les produits synthétisés, on réalise une chromatographie sur couche mince. Les différents échantillons sont dissous dans l'éluant.

Le chromatogramme obtenu est schématisé ci-contre.



Q16. Interpréter le chromatogramme.

Q17. Déterminer le réactif limitant dans ce protocole. En déduire la masse d'aspirine théorique, notée $m_{théo}$, que l'on peut obtenir lors de la synthèse.

On obtient une masse expérimentale d'aspirine $m_{exp} = 2{,}2$ g.

Q18. Calculer le rendement de cette synthèse. Commenter.

Exercice 2 – Observer l'ISS (5,5 points)

Le vendredi 23 avril 2021, le spationaute Thomas Pesquet a décollé du Centre Spatial Kennedy, situé aux États-Unis, en direction de la Station Spatiale Internationale (ISS) pour une durée d'environ 200 jours.

L'ISS est une station spatiale qui tourne autour de la Terre, sur orbite terrestre basse.

Les objectifs de cet exercice sont l'étude du mouvement de l'ISS autour de la Terre et l'observation de la station à l'aide d'une lunette astronomique.



Thomas Pesquet – D'après « Télérama »

Données et hypothèses :

- constante de gravitation universelle : $G = 6{,}67\times10^{-11}$ m$^3\cdot$kg$^{-1}\cdot$s^{-2} ;
- l'étude est conduite dans le référentiel géocentrique supposé galiléen ;
- dans tout l'exercice les angles sont considérés très inférieurs à 1 radian ;
- approximation des petits angles en radian : pour θ << 1 rad, on peut écrire $\tan(\theta) = \theta$;
- le pouvoir séparateur ε de l'œil correspond au plus petit angle permettant de distinguer deux points très proches : $\varepsilon = 2{,}9\times10^{-4}$ rad ;
- masse de la Terre : $M_T = 5{,}97\times10^{24}$ kg ;
- rayon de la Terre : $R_T = 6\,371$ km ;
- la Terre est assimilée à une sphère de centre O ;
- le centre de masse de l'ISS est noté S ;
- la masse de l'ISS est notée m ;
- seule l'interaction entre la Terre et l'ISS est prise en compte ;
- le mouvement de l'ISS est considéré circulaire dans le référentiel géocentrique : l'ISS décrit un cercle de centre O et de rayon $R_S = 6\,771$ km, ce qui correspond à une altitude de 400 km ;
- l'ISS mesure 108 m de long et 74 m de large ;
- caractéristiques de la lunette astronomique commerciale utilisée :

	Objectif	Oculaire (Oc_A)	Oculaire (Oc_B)
Distance focale (mm)	400	50	20

D'après www.stelvision.com

1. Le mouvement de l'ISS

Q1. Schématiser, la Terre et l'ISS, sans souci d'échelle, en précisant le sens de rotation de l'ISS. Placer sur ce schéma le repère de Frenet (S ; $\overrightarrow{u_T}$, $\overrightarrow{u_N}$).

Q2. Écrire, dans ce repère, l'expression vectorielle de la force de gravitation $\overrightarrow{F}$ à laquelle est soumise l'ISS de la part de la Terre. Représenter cette force sans souci d'échelle sur le schéma de la question **Q1**.

Q3. Montrer que le vecteur accélération du centre de masse de l'ISS s'écrit : $\overrightarrow{a_S} = \frac{G\cdot M_T}{R_S^2}\cdot\overrightarrow{u_N}$. En déduire la nature du mouvement de l'ISS.

Q4. Établir l'expression de la vitesse v_S du centre de masse de l'ISS en fonction de G, M_T et R_S. Calculer sa valeur.

Q5. Montrer que la période T de révolution de l'ISS autour de la Terre et le rayon R_S du cercle décrit par l'ISS sont reliés par la troisième loi de Kepler :

$$\frac{T^2}{R_S^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T}$$

Q6. Calculer le nombre de rotations effectuées par l'ISS autour de la Terre durant les 200 jours que dure la mission.

2. La lunette astronomique

Afin d'observer l'ISS lors d'un de ses passages au-dessus de la France, il est possible d'utiliser une lunette astronomique commerciale. Dans le cadre de cet exercice, la lunette utilisée est équipée d'un objectif et de deux oculaires différents, notés (Oc_A) et (Oc_B). On se propose de modéliser cette lunette à l'aide de deux lentilles minces convergentes successives : l'objectif, noté (L_1) de centre (O_1), et l'oculaire, noté (L_2) de centre (O_2).

Q7. La lunette astronomique étudiée est afocale. Sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, placer les foyers de l'objectif et ceux de l'oculaire dans le cas de l'utilisation de l'oculaire (Oc_A).

Q8. Tracer, sur l'**ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**, la marche des deux rayons lumineux incidents représentés, à travers la lunette astronomique. Construire notamment l'image intermédiaire A_1B_1 de l'objet $A_\infty B_\infty$ situé à l'infini. Faire apparaître l'angle θ' sous lequel on observe l'image finale à travers la lunette astronomique.

Q9. Exprimer le grossissement G de la lunette astronomique en fonction des angles θ et θ', θ étant l'angle sous lequel l'objet $A_\infty B_\infty$ est vu à l'œil nu.

On admet que le grossissement s'écrit $G = \frac{f_1'}{f_2'}$ où f_1' et f_2' sont les distances focales respectivement de l'objectif et de l'oculaire.

Q10. Calculer les deux valeurs de grossissement possibles pour cette lunette astronomique.

Dans les conditions de luminosité adéquates, on peut distinguer des éléments de l'ISS avec certaines lunettes astronomiques.

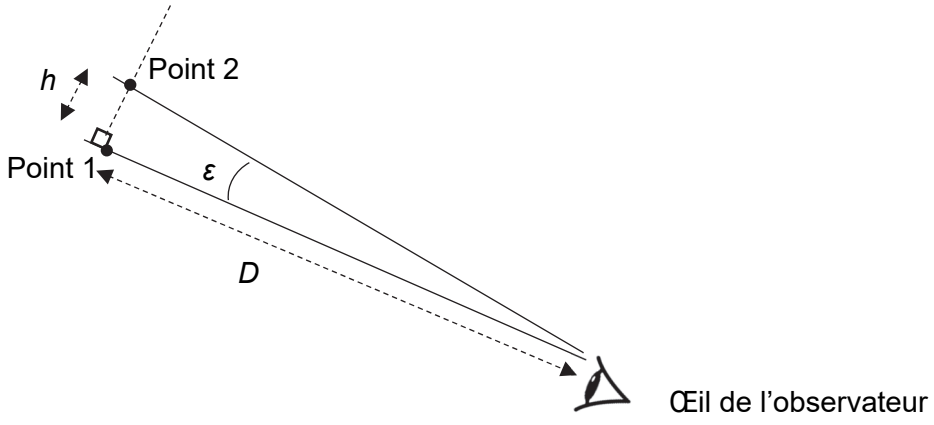
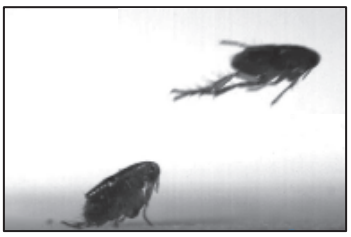


Figure 1. Construction géométrique permettant de déterminer l'angle ε
sous lequel on voit deux points distants de h, observés à une distance D

Q11. À l'aide de la figure 1, vérifier que la lunette astronomique commerciale utilisée permet de distinguer deux extrémités de l'ISS. Commenter la faisabilité pratique de cette observation.

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 nécessite d'être correctement présentée.

Exercice 3 - Un champion du monde inattendu (5,5 points)



D'après Journal of Experimental Biology – Février 2011

En 2010, deux chercheurs entomologistes ont filmé et étudié des sauts de puces dans le but d'étudier leurs caractéristiques mécaniques.

L'objectif de cet exercice est d'étudier dans un premier temps l'un des sauts de cette étude, puis dans un second temps de le comparer au saut humain réalisé par l'athlète Arne Tvervaag, détenteur du record du monde officiel du saut en longueur sans élan depuis 1968.

1. Étude du saut de puce le plus long

Dans cette partie, on étudie le centre de masse d'une puce, de masse *m*, effectuant un saut dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les frottements de l'air sont négligés. Le saut considéré comme le meilleur est celui dont la vitesse initiale est la plus élevée.

Données :

- pour discuter de l'accord du résultat d'une mesure par rapport à une valeur de référence, on utilise le quotient $\frac{|x-x_{ref}|}{u(x)}$ où x est la valeur mesurée, x_{ref} la valeur de référence et u(x) l'incertitude-type associée à la valeur mesurée x ;
- intensité de la pesanteur : $g = 9{,}81\ m\cdot s^{-2}$;
- masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1{,}20\ kg\cdot m^{-3}$;
- expression de la norme de la poussée d'Archimède : $F_A = \rho_{air}\cdot V_{puce}\cdot g$ où V_{puce} représente le volume de la puce ;
- masse de la puce : $m = 1{,}00$ mg ;
- volume de la puce : $V_{puce} = 4{,}19\cdot 10^{-9}\ m^3$;

Q1. Montrer que la valeur de la poussée d'Archimède F_A exercée par l'air sur la puce est négligeable devant celle de son poids P.

La figure 1 ci-dessous est un extrait de la chronophotographie du saut de la puce. On y a ajouté le repère d'espace (Ox ; Oy) dans lequel Oy est la verticale ascendante. Le sol coïncide avec le plan $y = 0$.

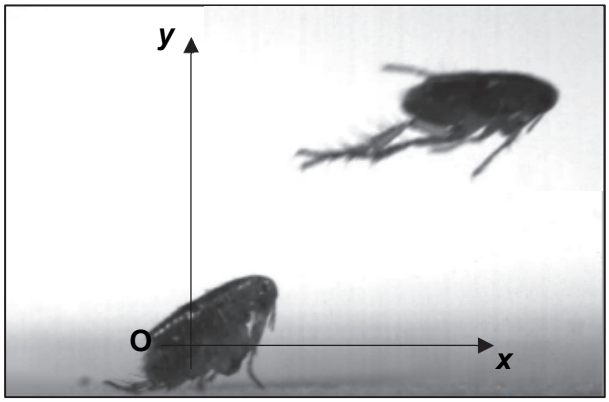


Figure 1. Extrait de la chronophotographie du saut de la puce.

Q2. Reproduire sur la copie les axes (Ox) et (Oy) de la figure 1 et faire apparaître la position initiale de la puce en O, le vecteur vitesse initiale $\overrightarrow{v_0}$, l'angle α entre $\overrightarrow{v_0}$ et l'axe (Ox) et l'allure de la trajectoire attendue.

Q3. Établir, en utilisant une loi de Newton, les expressions des coordonnées a_x et a_y du vecteur accélération dans le repère (Ox ; Oy).

Q4. Déduire de la question précédente les équations horaires $v_x(t)$ et $v_y(t)$ de la vitesse puis de la position $x(t)$ et $y(t)$ dans le repère (Ox ; Oy).

Q5. Montrer que l'équation de la trajectoire du saut de la puce est :

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

La distance au sol parcourue durant le saut, entre le point de départ de la puce et le point où elle retombe sur le sol, est appelée la portée et notée p.

Q6. Déterminer l'expression de la portée p du saut de la puce.

Pour le saut de puce le plus long mesuré dans l'étude, on a pu mesurer v_0 = 1,90 m·s^{-1} et α = 45 °.

Q7. Calculer la valeur numérique de la portée de ce saut et commenter le résultat.

On souhaite déterminer l'incertitude-type sur la portée du saut de puce le plus long, calculée à la question précédente, sachant que la vitesse initiale v_0 est connue avec une incertitude-type u(v_0) et que l'angle initial α est connu avec une incertitude-type u(α). On réalise pour cela une simulation numérique d'un processus aléatoire, écrite en langage de programmation Python, et donné en figure 2.

```
1 # Importation des bibliothèques
2 import numpy as np
3 import numpy.random as rd
4
5 # Entrée des données du problème
6 v0 =... # valeur de la vitesse initiale en m/s
7 u_v0 = 0.21 # incertitude-type sur la vitesse initiale v0 en m/s
8
9 alpha = ..................... # en radian
10 u_alpha = 5.7 * np.pi / 180 # incertitude-type sur l'angle alpha en radian
11
12 g = 9.8 # en m/s²
13
14 # ............................. commentaire à compléter
15 x = 2*v0**2*np.sin(alpha)*np.cos(alpha)/g
16
17 # Simulation de N = 1000 valeurs de x
18 N = 1000
19
20 v0_sim = v0 + rd.normal(0, u_v0, N)        # simulation des N valeurs de v0 sous forme de tableau de valeurs
21 alpha_sim = alpha + rd.normal(0, u_alpha, N)  # simulation des N valeurs d'alpha sous forme de tableau de valeurs
22
23 x_sim = 2*v0_sim**2*np.sin(alpha_sim)*np.cos(alpha_sim) / g
24
25 # Calculs des incertitudes-type
26 ecart_type = np.std(x_sim, ddof=1)  # ddof=1 pour avoir l'écart-type d'échantillon et non de population
27
28 # Affichage des résultats
29 print(f"Valeur de la portée : x = {x} m")
30 print(f"Incertitude-type sur x : u(x) = {ecart_type} m")
31
```

Figure 2. Simulation numérique

Q8. Recopier sur la copie les lignes 6 et 9 du programme et les compléter avec les valeurs des paramètres expérimentaux correspondant au saut le plus long.

Q9. Écrire sur la copie un commentaire possible à la ligne 14 expliquant la ligne 15.

On donne ci-dessous le résultat affiché par le programme :

```
Valeur de la portée : x = 0.36836734693877554 m
Incertitude-type sur x : u(x) = 0.08356410024988821 m
```

Q10. À partir des résultats de la simulation, écrire la valeur de l'incertitude-type sur la portée avec deux chiffres significatifs. Écrire alors la valeur de la portée calculée avec un nombre adapté de chiffres significatifs.

La portée moyenne calculée pour l'ensemble des sauts réalisés dans l'étude vaut 17,9 cm. Cette portée est prise comme portée de référence.

Q11. Discuter de l'accord du résultat de la portée du saut de puce le plus long avec la portée de référence.

2. Record du monde de saut en longueur

Pour sauter, les puces stockent puis libèrent de l'énergie élastique comme pourrait le faire un ressort comprimé brusquement relâché. Cela leur permet de développer une puissance plus importante que par la simple contraction des muscles.

On souhaite comparer la puissance par kilogramme de muscle développée par la puce étudiée dans la partie 1 avec celle développée par Arne Tvervaag lors de son record du monde de saut en longueur sans élan de 3,71 m établi en 1968.

Données :

- Pour la puce ayant réalisé le saut le plus long :
  - masse de la puce : $m_1 = 1{,}00\times10^{-6}$ kg ;
  - la masse de muscles sollicitée lors du saut de la puce est d'environ 11 % de sa masse totale ;
  - vitesse initiale en début de saut, après l'impulsion : $v_0 = 1{,}90$ m·s^{-1} ;
  - durée estimée de l'impulsion : $1{,}2\times10^{-3}$ s.

- Pour Arne Tvervaag :
  - masse estimée : $m_2 = 70$ kg ;
  - la masse de muscles sollicitée lors du saut de Arne Tvervaag est d'environ 40 % de sa masse totale ;
  - vitesse initiale en début de saut, après l'impulsion : $v_2 = 6{,}0$ m·s^{-1} ;
  - durée estimée de l'impulsion : 0,40 s.

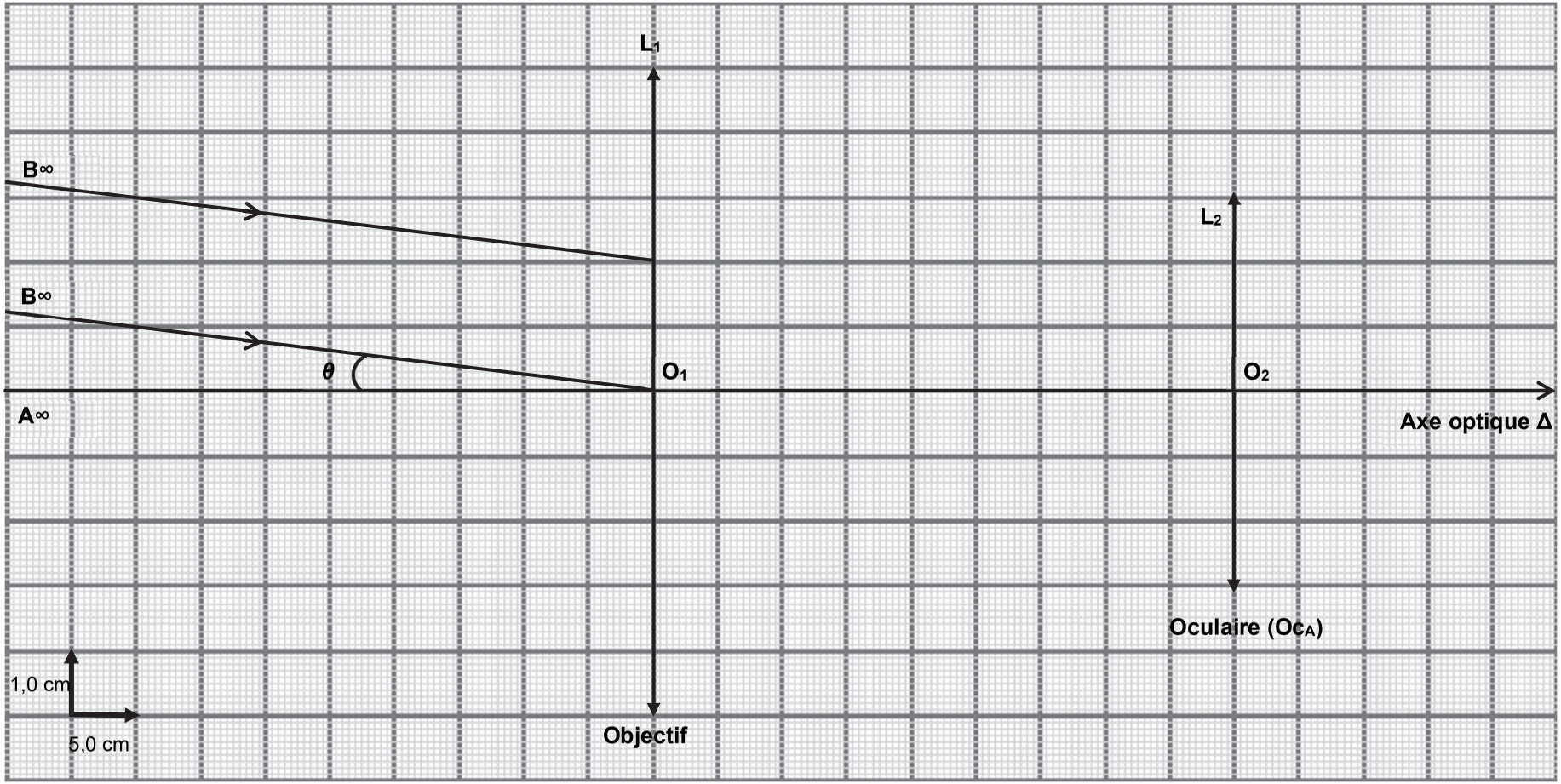
Q12. Après avoir calculé les énergies cinétiques en début de saut de la puce et d'Arne Tvervaag, déterminer la puissance par kilogramme de muscle développée durant l'impulsion précédant le saut par la puce et par le sauteur humain. Commenter.

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 nécessite d'être correctement présentée.

Page blanche laissée intentionnellement.

Ne rien inscrire dessus.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE



Modélisation d'une lunette astronomique commerciale

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) **:**
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : / /

1.2