Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + Physique, veuillez visiter :
bac-maths-physique.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2023

PHYSIQUE-CHIMIE

JOUR 2

Durée de l'épreuve : 3h30

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

Dès que le sujet est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 10 pages numérotées de 1/10 à 10/10 avec 3 exercices indépendants.

Le candidat traite les 3 exercices.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies.

EXERCICE I – LE MIEL ET LES ABEILLES (9 points)

Les abeilles sont capables de communiquer entres elles pour repérer les sources de nourriture et les sources de danger. Elles récoltent le nectar des fleurs pour le transformer en miel. Les miels vendus dans le commerce sont régulièrement analysés pour détecter d'éventuelles fraudes.

Les parties A, B et C de l'exercice sont indépendantes.

Partie A : Du nectar au miel

Les abeilles utilisent le nectar présent dans les fleurs pour fabriquer leur miel. Le nectar est aspiré par la trompe de la butineuse, puis il est emmagasiné dans son jabot où il est transformé en raison de l'absorption d'eau et de l'apport de salive riche en invertase. De retour à la ruche, la butineuse régurgite le contenu de son jabot aux ouvrières qui poursuivent la transformation dans leurs propres jabots.

Lors de cette transformation, le saccharose présent dans le nectar réagit avec l'eau pour former du glucose et du fructose qui sont les principaux constituants du miel. La molécule d'eau « casse » la molécule de saccharose en deux. On parle d'hydrolyse du saccharose. Cette transformation chimique est une transformation totale.

L'équation de la réaction d'hydrolyse est la suivante :

$C_{12}H_{22}O_{11}$	+	H_2O	→	$C_6H_{12}O_6$	+	$C_6H_{12}O_6$
saccharose (S)		eau		glucose (G)		fructose (F)

La température à l'intérieur de la ruche reste égale à $35\ °C$.

On se propose de déterminer l'ordre de la réaction d'hydrolyse du saccharose.

À température constante, à $pH = 5$ constant, on mélange du saccharose avec de l'eau (sans invertase) et on suit l'évolution de la concentration du saccharose en fonction du temps. On obtient le graphique représenté sur la **figure 1**. $[S]$ désigne la concentration en saccharose à l'instant t :

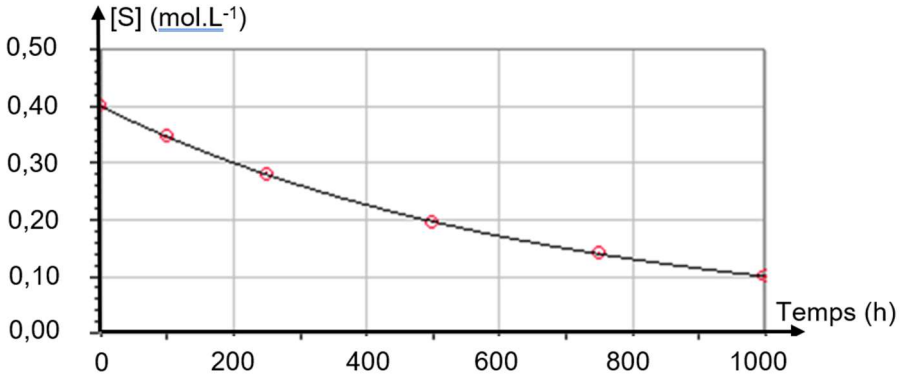


Figure 1 : Graphique représentant l'évolution de la concentration $[S]$ en fonction du temps.

Source : dlecorgnechimie.fr

A.1. Justifier en quoi la transformation chimique peut être considérée comme lente.

A.2. En utilisant la **figure 1**, déterminer la concentration initiale en saccharose $[S]_0$.

A.3. Estimer, en expliquant la démarche, la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$.

A.4. Définir la vitesse volumique de disparition v_{disp} du saccharose en fonction de la concentration en saccharose $[\text{S}]$.

A.5. Indiquer, en justifiant qualitativement, comment varie la vitesse de disparition du saccharose au cours du temps.

On fait l'hypothèse que l'hydrolyse du saccharose suit une loi de vitesse d'ordre 1. Dans ce cas, on montre que la concentration en saccharose $[\text{S}]$ vérifie la relation $\ln[\text{S}] = -k \times t + \ln[\text{S}]_0$ avec t le temps (en h), k la constante de vitesse à la température de l'expérience (en h^{-1}) et $\ln[\text{S}]_0$ le logarithme népérien de la concentration initiale en saccharose (sans unité).

Les valeurs de $\ln[\text{S}]$ ont été calculées puis modélisées par la fonction $\ln[\text{S}] = -k \times t + \ln[\text{S}]_0$ à l'aide d'un programme Python. On obtient alors le graphique représenté sur la **figure 2.**

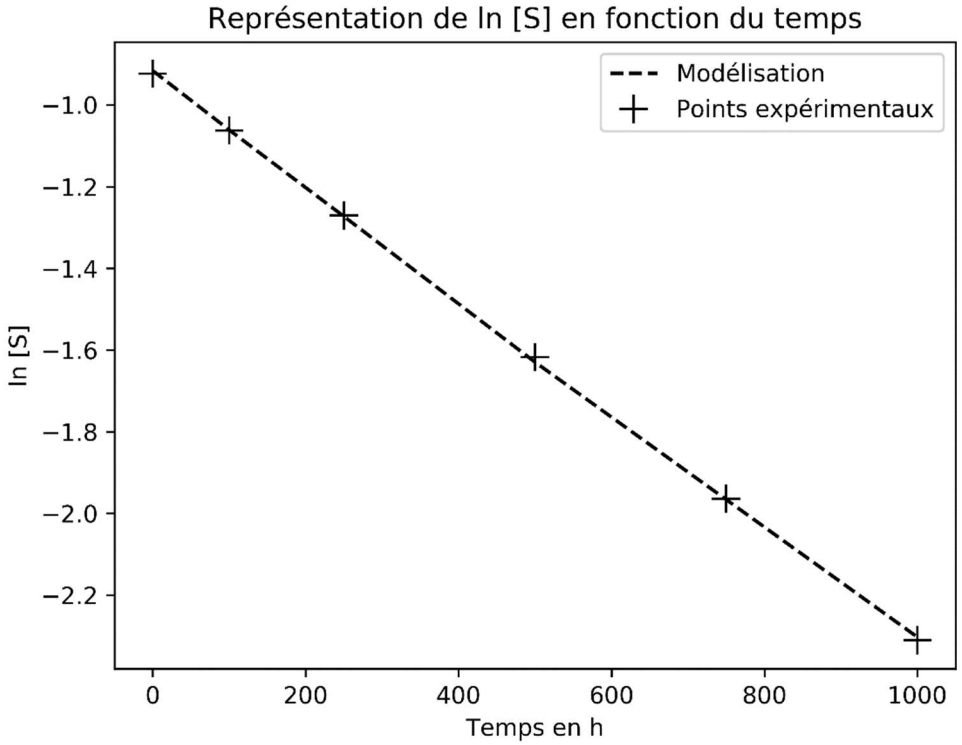
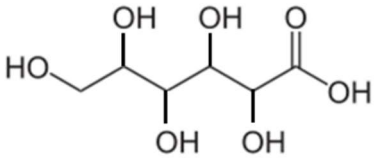


Figure 2 : Graphique représentant les données expérimentales et la modélisation.

A.6. À partir de la modélisation représentée sur la **figure 2**, justifier que l'hypothèse de la cinétique d'ordre 1 est validée.

Partie B : Mesure de l'acidité libre d'un miel de châtaignier

Le miel de châtaignier est majoritairement constitué de sucres ($77\ \%$) et d'eau ($19\ \%$) et son pH est égal à $4{,}5$. Le principal acide présent dans le miel est l'acide gluconique dont la formule topologique est :



Par souci de simplification, on considèrera que l'acide gluconique est le seul acide présent dans le miel.

La teneur en acidité libre d'un miel s'exprime en milli-équivalents d'acide par kg de miel ($\mathrm{mEq/kg}$). Elle correspond à la quantité de matière en mmol d'acide gluconique présent dans $1{,}0\ \mathrm{kg}$ de miel. Pour respecter la règlementation européenne, l'acidité libre d'un miel ne doit pas dépasser $50\ \mathrm{mEq/kg}$.

Données :

- Couple acido-basique acide gluconique / ion gluconate : $\mathrm{C_5H_{11}O_5COOH(aq)}$ / $\mathrm{C_5H_{11}O_5COO^-(aq)}$
- Constante d'acidité du couple acide gluconique / ion gluconate en solution aqueuse à $25\ °\mathrm{C}$: $pK_a = 3{,}3$.

Protocole pour mesurer l'acidité libre du miel :

- Préparer un bécher avec $50{,}0\ \mathrm{mL}$ de solution aqueuse contenant $5{,}00\ \mathrm{g}$ de miel.
- Remplir la burette graduée avec la solution titrante d'hydroxyde de sodium ($\mathrm{Na^+(aq) + HO^-(aq)}$) de concentration $C_B = 1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{mol \cdot L^{-1}}$.
- Placer la sonde pH-métrique dans le bécher et mettre en marche l'agitateur magnétique.
- Tracer la courbe représentant le pH en fonction du volume de la solution titrante.

On obtient le graphique suivant :

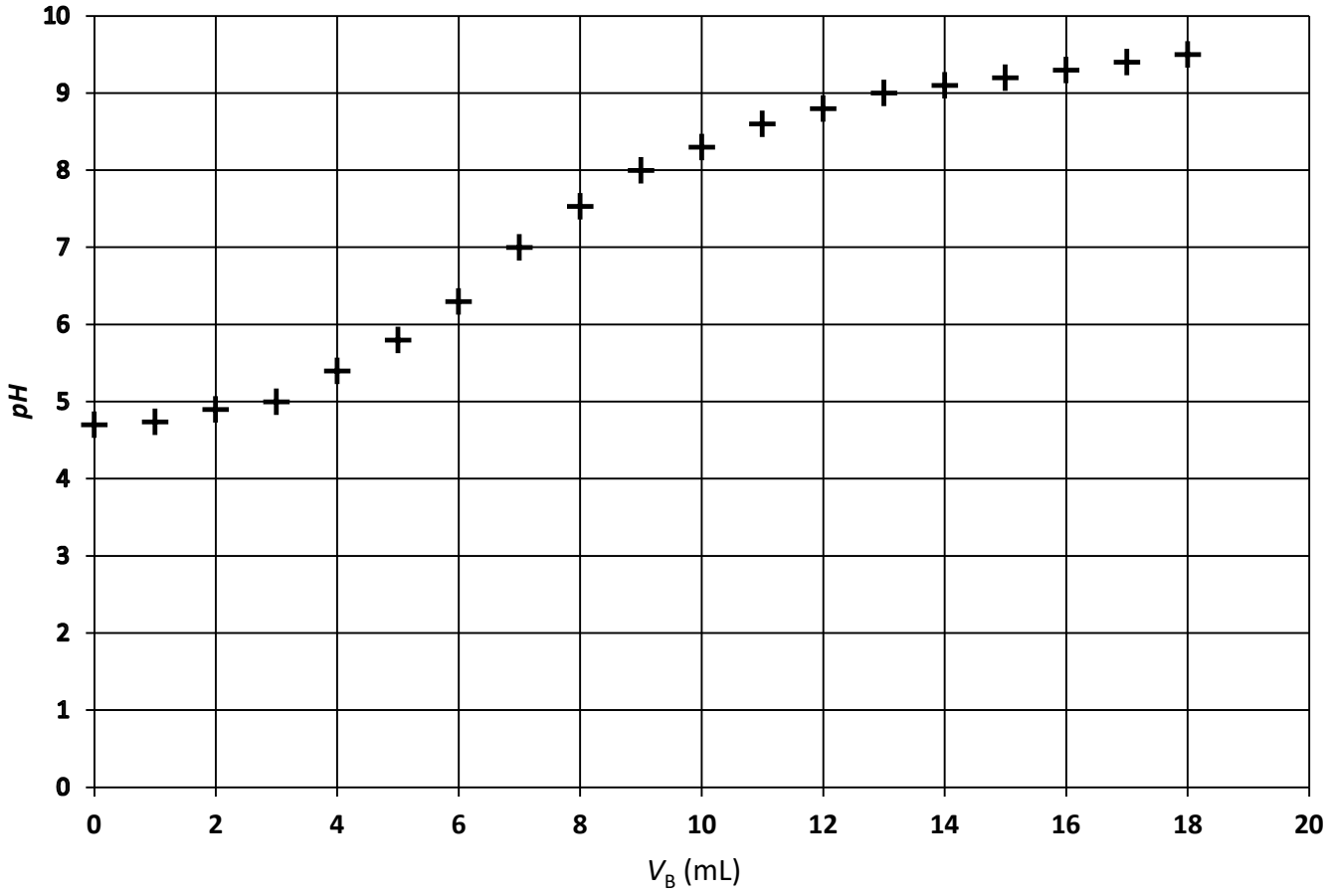


Figure 3 : Graphique représentant l'évolution du pH de la solution titrée en fonction du volume V_B de solution titrante versé.

B.1. Donner la définition d'un acide selon Brönsted.

B.2. Si on considère que l'acide gluconique est le seul acide présent dans le miel, écrire l'équation de la réaction support du titrage.

B.3. Définir l'équivalence d'un titrage.

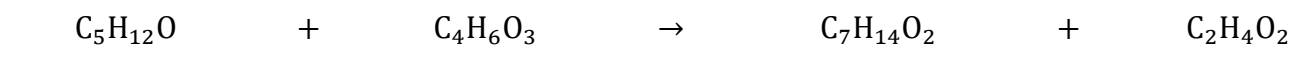
B.4. Déterminer si le miel de châtaignier respecte la règlementation européenne.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche, même non aboutie, sera valorisée.

Partie C : Phéromone d'attaque de l'abeille

Pour transmettre un message chimique, les abeilles émettent des substances chimiques aux odeurs particulières, appelées phéromones. La phéromone d'attaque est l'éthanoate de 3-méthylbutyle qui est produite par des cellules bordant la poche à venin.

L'éthanoate de 3-méthylbutyle peut être synthétisé en laboratoire à partir du 3-méthylbutan-1-ol et de l'anhydride éthanoïque. La transformation chimique correspondante est modélisée par l'équation bilan ci-dessous :



Protocole : Pour obtenir l'éthanoate de 3-méthylbutyle, on chauffe à reflux un volume $V_1 = 9{,}9\ \text{mL}$ de 3-méthylbutan-1-ol avec un volume $V_2 = 8{,}6\ \text{mL}$ d'anhydride éthanoïque, en présence d'acide sulfurique. Après séparation et rinçage, on obtient une quantité de matière finale d'éthanoate de 3-méthylbutyle $n_f = 7{,}4 \times 10^{-2}\ \text{mol}$.

Données :

Espèces chimiques	Masse molaire ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$)	Masse volumique ρ ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)	Température d'ébullition (°C)	Solubilité dans l'eau
3-méthylbutan-1-ol	88,1	0,81	128	Très peu soluble
Anhydride éthanoïque	102,1	1,08	139	Très soluble
Éthanoate de 3-méthylbutyle	130,2	0,87	142	Très peu soluble

C.1. Justifier le double intérêt du chauffage à reflux.

C.2. À l'aide du protocole et des données, vérifier que la quantité de matière initiale du 3-méthylbutan-1-ol est $n_1 = 9{,}1 \times 10^{-2}\ \text{mol}$ et que la quantité de matière initiale d'anhydride éthanoïque est $n_2 = 9{,}1 \times 10^{-2}\ \text{mol}$.

C.3. Montrer que le rendement de la synthèse est d'environ $81\ \%$.

C.4. Proposer une méthode permettant d'améliorer ce rendement.

EXERCICE II - FÊTE DE LA MUSIQUE (5 points)

La fête de la musique est un événement populaire, inscrit dans les grands rendez-vous de l'année. L'un de ses principes fondateurs est la spontanéité, ce qui a rendu l'édition 2021 particulièrement complexe à organiser en raison de la situation sanitaire.

La formule qui a été imaginée a permis d'éviter les attroupements : des chars ont été utilisés afin de réaliser des parcours en ville et venir offrir ainsi des aubades aux habitants, sous leurs fenêtres, sous leurs balcons, devant leurs jardins…



Source : fetedelamusique.culture.gouv.fr

Sur ces chars, des petits orchestres ou des DJ ont été installés.

Soucieux de bien appliquer la réglementation, un DJ s'interroge sur le réglage de sa sono. En effet, le bruit du tracteur va s'ajouter au son de sa musique et il craint de dépasser le niveau sonore maximal autorisé fixé à $102\ \mathrm{dB}$ suite à la parution d'un décret au journal officiel.

L'objectif de l'exercice est de voir si le DJ doit adapter le réglage de sa sono ou s'il peut l'utiliser sans modification.

<u>Données</u> :

- Le niveau d'intensité sonore de la sono est réglé à $L_1 = 100\ \mathrm{dB}$ à une distance de $2\ \mathrm{m}$ de celle-ci lors des concerts traditionnels, c'est-à-dire sans tracteur.
- L'intensité sonore du tracteur utilisé vaut $I_2 = 1{,}00 \times 10^{-3}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$ à $2\ \mathrm{m}$ du tracteur.
- L'intensité sonore de référence : $I_0 = 1{,}00 \times 10^{-12}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

<u>Partie A</u> : Étude de quelques niveaux d'intensité sonores

A.1.1. Exprimer l'intensité sonore I_1 de la sono réglée pour les concerts traditionnels en fonction de L_1.

A.1.2. Vérifier que I_1 est égale à $1{,}00 \times 10^{-2}\ \mathrm{W \cdot m^{-2}}$.

A.2. Calculer l'intensité sonore I_{tot} émise par l'ensemble {tracteur + sono}.

A.3. En déduire le niveau d'intensité sonore L_{tot} correspondant à I_{tot} .

A.4. Indiquer, en justifiant, si le DJ a besoin de faire de nouveaux réglages de sa sono pour cette fête de la musique si particulière.

A.5. Préciser, sans calcul, si un spectateur situé sur le trottoir à $10\ \mathrm{m}$ de la source {tracteur + sono} perçoit un niveau sonore supérieur, égal ou inférieur à L_{tot} . Justifier.

A.6. Répondre à la même question que précédemment pour un habitant, situé à $2\ \mathrm{m}$ de la source {tracteur + sono}, qui regarde passer le char derrière la fenêtre fermée de sa cuisine.

<u>Partie B</u> : Étude d'un solo de trompette

Le DJ diffuse un solo de trompette.

Un spectateur enregistre une note de ce solo de trompette lorsque le char s'arrête devant lui (le moteur du tracteur est alors à l'arrêt). Il obtient, après traitement, l'enregistrement ci-dessous.

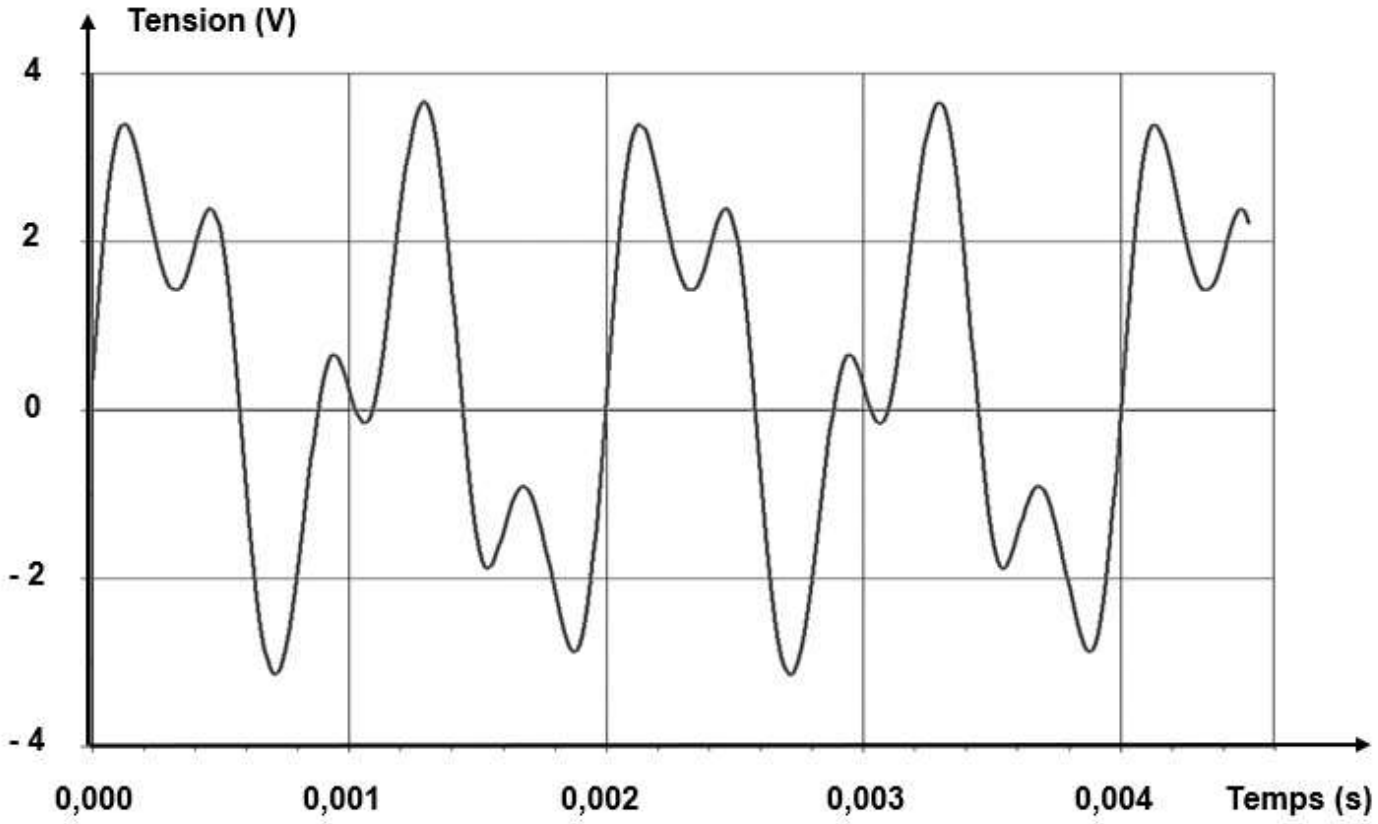


Figure 1 : Enregistrement de la note jouée par le trompettiste.

B.1. À partir de la **figure 1**, déterminer la fréquence f de la note émise par le trompettiste en explicitant la démarche.

Le DJ s'intéresse à la sensibilité de l'oreille humaine normale en fonction de la fréquence et du niveau d'intensité sonore, illustrée par le diagramme de FLETCHER et MUNSON de la **figure 2** (page 8/10).

Ce diagramme représente des courbes de même perception des sons par une oreille humaine normale (courbes isosoniques).

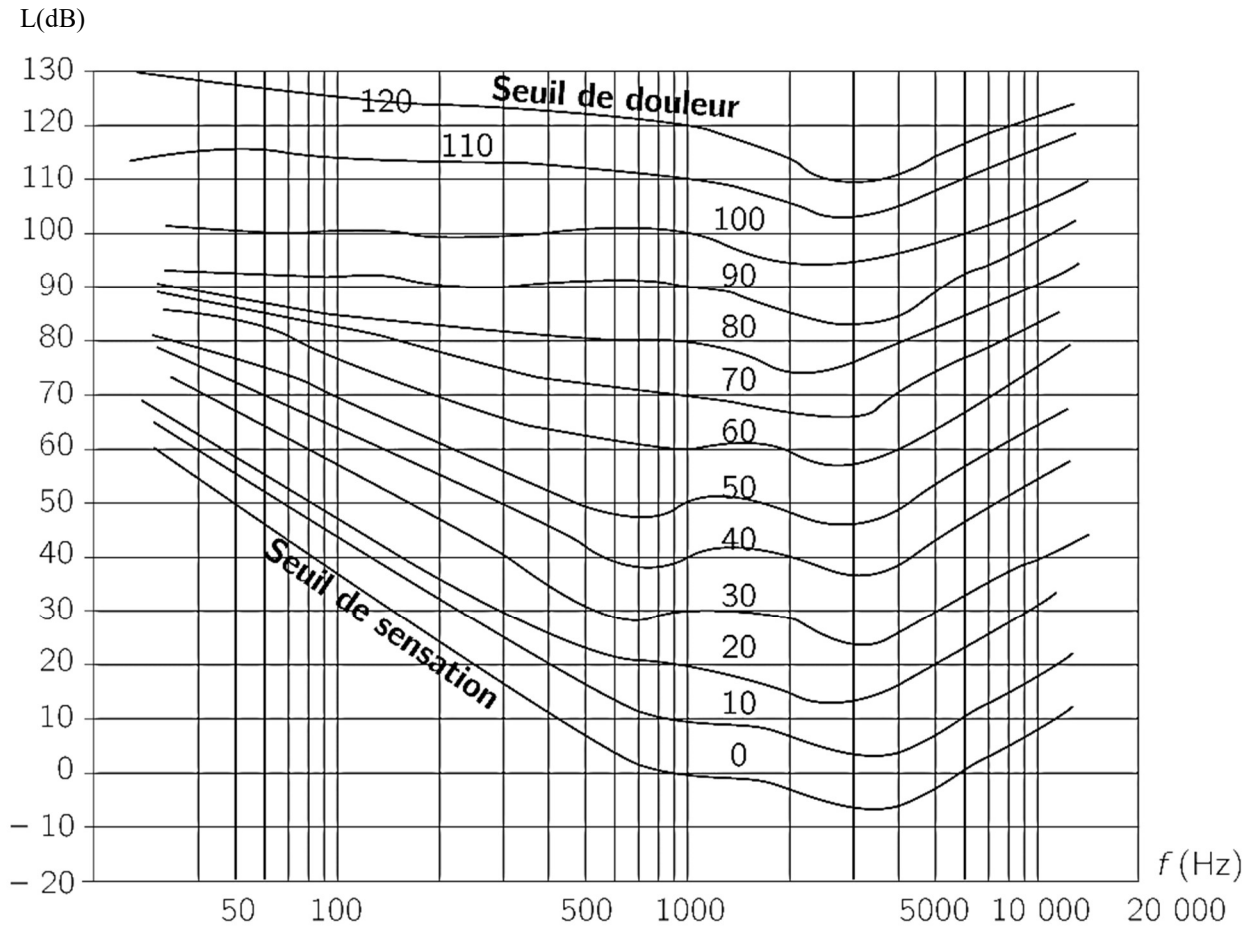


Figure 2 : Diagramme de FLETCHER et MUNSON

Source : fr.wikipedia.org/wiki/Courbe_isosonique

B.2. Indiquer, en justifiant, si le seuil de douleur est atteint pour un spectateur placé à $2\ \text{m}$ du char, lorsque la note de fréquence f émise par le trompettiste est diffusée.

EXERCICE III - TIR À L'ARC À LA PERCHE VERTICALE (6 points)

Le tir à l'arc à la perche verticale est très répandu dans la région des Hauts de France où il est pratiqué sur des terrains prévus à cet effet (**figure 1**). L'histoire de la pratique dans cette région remonte au moyen âge et à la guerre de cent ans quand l'archerie perfectionnée par les Anglais était propagée dans le territoire.



Figure 1 : Tir à l'arc vertical

Source : www.lavoixdunord.fr

Le jeu consiste à abattre des cibles, appelées « oiseaux », situées en haut d'une perche mesurant 30 mètres, les premières cibles se trouvant à 25 mètres du sol. L'archer se positionne au bas de la perche afin d'abattre le plus d'oiseaux possibles. Les oiseaux rapportent des points selon leur position sur la perche. Pour être susceptible de marquer des points l'archer doit faire en sorte que la flèche atteigne, au niveau de la perche, une hauteur comprise entre 25 et 30 m.

Dans cet exercice, on s'intéresse au mouvement de la flèche assimilée à un point matériel de masse m dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les frottements seront négligés. La situation est représentée sur la **figure 2** ci-dessous, sans souci d'échelle.

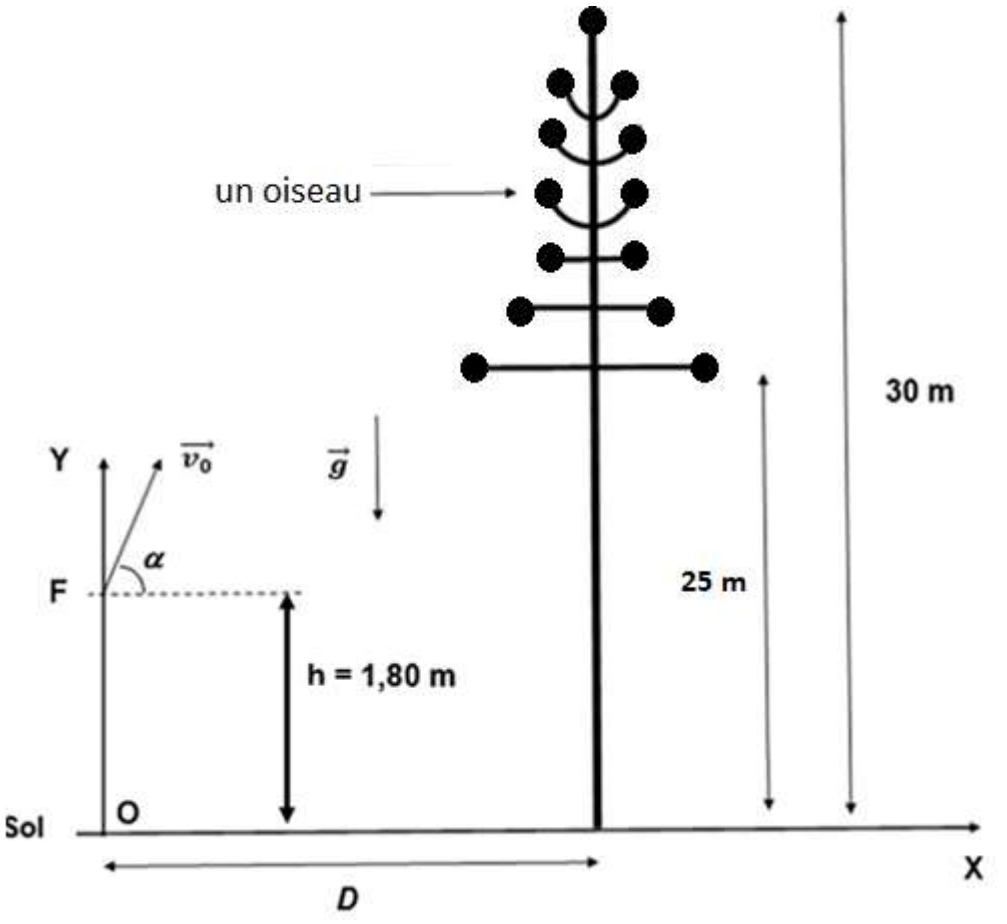


Figure 2 : Schéma du tir à l'arc vertical

Données :

- Masse d'une flèche : $m = 1{,}00 \times 10^2$ g.
- Intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \mathrm{m \cdot s^{-2}}$.

Partie A : Étude énergétique d'un tir vertical

L'archer tire une flèche verticalement et se demande si celle-ci dépassera le haut de la perche situé à $30\ \mathrm{m}$. On appelle H la hauteur maximale atteinte par la flèche à l'instant $t = t_{\mathrm{H}}$.

À l'instant initial $t = 0$, l'archer lance sa flèche du point F. Le centre de gravité de la flèche F est situé à une hauteur $h = 1{,}80\ \mathrm{m}$ du sol. Un capteur mesure la vitesse initiale v_0 de la flèche et indique $v_0 = 25{,}0 \pm 0{,}5\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$. On néglige tous les frottements. L'origine de l'énergie potentielle de pesanteur est prise au niveau du sol.

A.1. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_{\mathrm{m}}(0)$ de la flèche à $t = 0$ en fonction de h, m, g et v_0.

A.2. Donner l'expression de l'énergie mécanique $E_{\mathrm{m}}(t_H)$ de la flèche à $t = t_H$ en fonction de m, g et H.

A.3. En déduire que $H = h + \frac{v_0^2}{2g}$.

L'incertitude-type $u(H)$ sur H se calcule avec la relation : $u(H) = \sqrt{(u(h))^2 + \left(\frac{v_0}{g}\right)^2 (u(v_0))^2}$

où $u(x)$ désigne l'incertitude-type associée à la grandeur x.

A.4.1. Calculer H en vous appuyant sur la question **A.3.**

A.4.2. Évaluer $u(H)$ sachant que $u(h) = 0{,}01\ \mathrm{m}$, puis donner un encadrement de la valeur de H.

A.4.3. Indiquer si la flèche dépasse le haut de la perche. Justifier.

Partie B : Étude de la trajectoire de la flèche lors d'un tir visant le mat

L'archer situé à une distance $D = 5\ \mathrm{m}$ de la base de la perche essaie maintenant d'atteindre les oiseaux situés sur le mat en tirant la flèche avec un angle de tir $\alpha = 80°$. À l'instant initial $t = 0\ \mathrm{s}$, le centre de gravité de la flèche F est situé à une hauteur $h = 1{,}80\ \mathrm{m}$ du sol. La vitesse initiale est notée $\overrightarrow{v_0}$ et a pour valeur $v_0 = 25{,}0\ \mathrm{m \cdot s^{-1}}$.

B.1. Faire un bilan des forces s'exerçant sur la flèche.

B.2. En utilisant la deuxième loi de Newton, déterminer les coordonnées $a_x(t)$ et $a_y(t)$ du vecteur accélération $\vec{a}$ de la flèche.

B.3. Montrer que les équations horaires du mouvement de F ont pour expression :

$$x(t) = (v_0 \cos\alpha)\, t \quad \text{et} \quad y(t) = -\frac{1}{2}\, g\, t^2 + (v_0 \sin\alpha)\, t + h$$

B.4. Montrer que l'équation de la trajectoire $y(x)$ de F peut s'écrire :

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

B.5. Indiquer, en justifiant, si son tir peut lui permettre de marquer des points.

Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter sa démarche. Toute démarche, même non aboutie, sera valorisée.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.