

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

## PHYSIQUE-CHIMIE

Epreuve de spécialité

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30

**L'usage d'une calculatrice EST autorisé**

### SUJET 1

**Exercice 1 : LE MIEL ET LES ABEILLES (9 POINTS)**

**Exercice 2 : LA MASSE DE LA TERRE (6 POINTS)**

**Exercice 3 : ACOUSTIQUE D'UNE SALLE (5 POINTS)**

## EXERCICE 1 : LE MIEL ET LES ABEILLES (9 POINTS)

Les abeilles sont capables de communiquer entre 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.

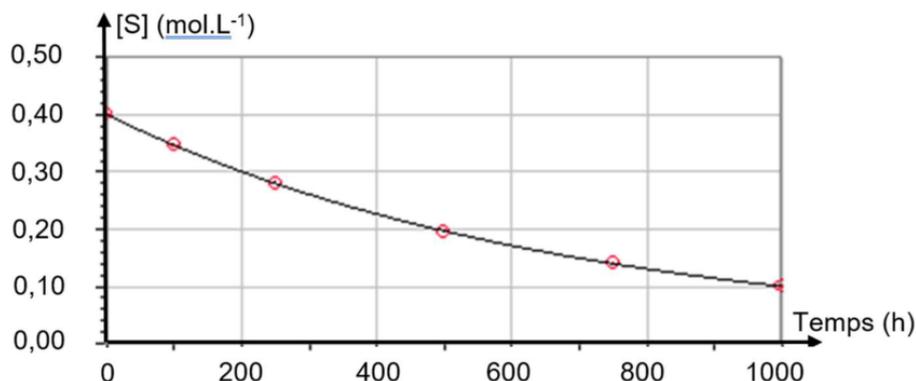
L'équation de la réaction d'hydrolyse est la suivante :



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.

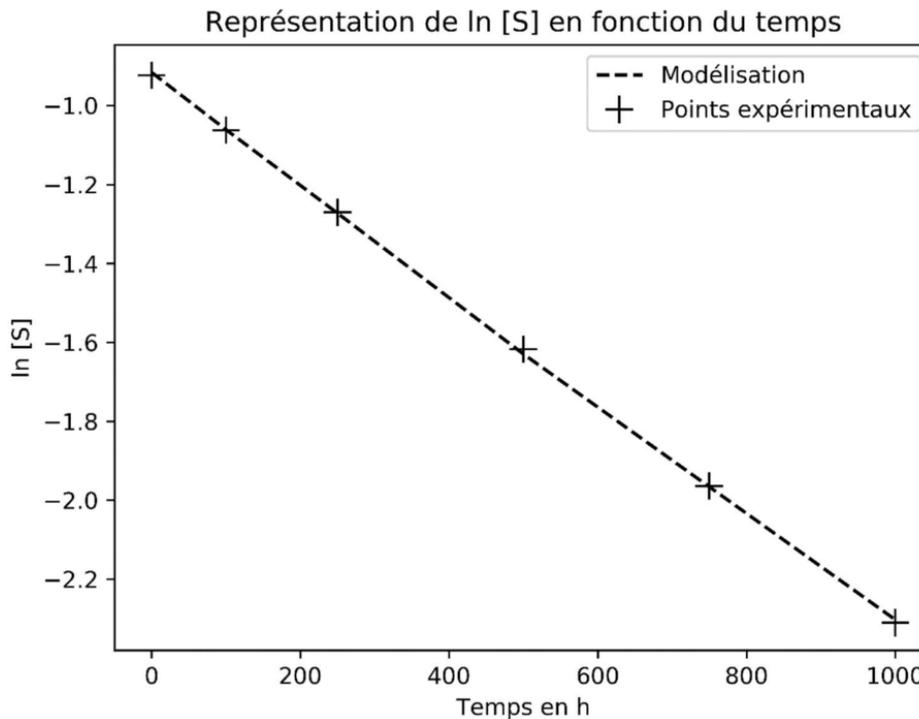
- A.1.** Justifier en quoi la transformation chimique peut être considérée comme lente.
- A.2.** En utilisant la **figure 1**, déterminer la concentration initiale en saccharose  $[S]_0$  ?
- A.3.** Estimer, en expliquant la démarche, la valeur du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

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

**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  $[S]$  vérifie la relation  $\ln[S] = -k \times t + \ln[S]_0$  avec  $t$  le temps (en h),  $k$  la constante de vitesse à la température de l'expérience (en  $\text{h}^{-1}$ ) et  $\ln[S]_0$  le logarithme népérien de la concentration initiale en saccharose (sans unité).

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

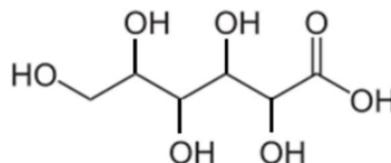


**Figure 2 :** Graphique représentant les données expérimentales et la modélisation

**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  $\text{pH}$  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 milliéquivalents d'acide par kg de miel (mEq/kg) Elle correspond à la quantité de matière en mmol (millimole) d'acide gluconique présent dans 1,0 kg de miel. Pour respecter la réglementation européenne, l'acidité libre d'un miel ne doit pas dépasser 50 mEq/kg.

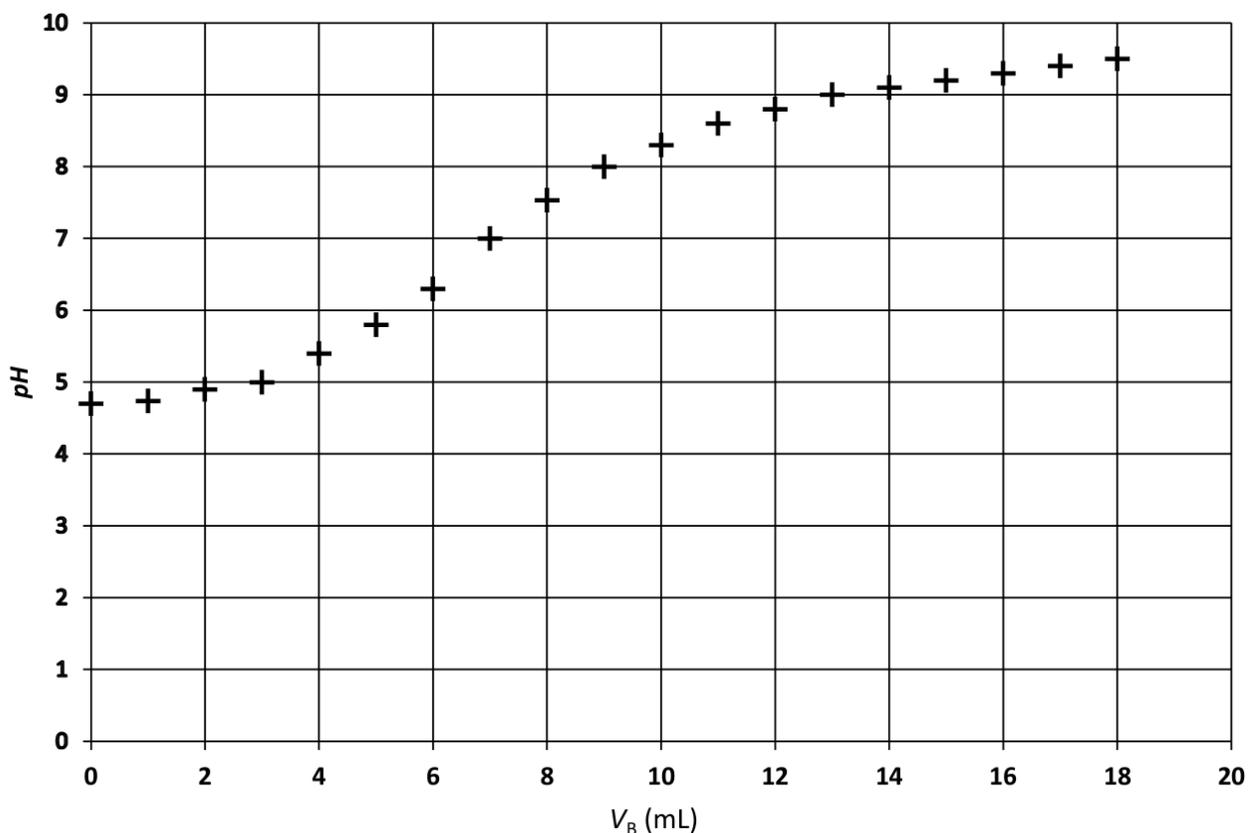
### Données :

- Couple acido-basique acide gluconique / ion gluconate :  
 $C_5H_{11}O_5COOH_{(aq)} / C_5H_{11}O_5COO^-_{(aq)}$
- Constante d'acidité du couple acide gluconique / ion gluconate en solution aqueuse à 25 °C :  
 $pK_a = 3,3$ .

### Protocole pour mesurer l'acidité libre du miel :

- Préparer un bécher avec 50,0 mL de solution aqueuse contenant 5,00 g de miel.
- Remplir la burette graduée avec la solution titrante d'hydroxyde de sodium ( $Na^+_{(aq)} + HO^-_{(aq)}$ ) de concentration  $C_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ .
- 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.

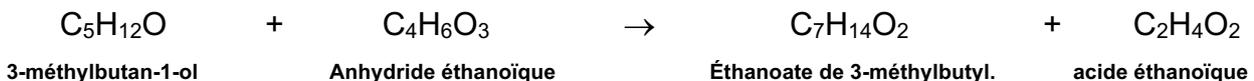
- B.1.** Donner la définition d'un acide selon Brönsted.
- B.2.** Si on considère que l'acide gluconique est le seul acide présent dans le miel, écrire l'équation de la réaction support du titrage.
- B.3.** Définir l'équivalence d'un titrage.
- B.4.** Déterminer si le miel de châtaignier respecte la réglementation 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  $V_1 = 9,9$  mL de 3-méthylbutan-1-ol avec un volume  $V_2 = 8,6$  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  $n_f = 7,4 \times 10^{-2}$  mol.

#### **Données :**

Espèces chimiques	Masse molaire (g · mol <sup>-1</sup> )	Masse volumique $\rho$ (g · mL <sup>-1</sup> )	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  $n_1 = 9,1 \times 10^{-2}$  mol et que la quantité de matière initiale d'anhydride éthanoïque est  $n_2 = 9,1 \times 10^{-2}$  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 2 : LA MASSE DE LA TERRE (6 POINTS)

De tout temps, l'Homme a cherché à mesurer ce qui l'entoure de l'infiniment petit à l'infiniment grand. Il a donc dû mettre en place des protocoles de mesure indirecte pour accéder aux dimensions des objets hors de sa portée. L'objectif de cet exercice est de mesurer la masse de la Terre par deux méthodes.

### Mesure de la masse de la Terre à l'aide d'un satellite.

On étudie le mouvement du centre de masse A d'un satellite, dans le référentiel géocentrique, considéré comme galiléen. Ce satellite est situé à une distance  $r = OA$  par rapport au centre O de la Terre.

On fait l'approximation, dans un premier temps, que le mouvement du satellite est circulaire uniforme et on considère que la seule force qui s'applique sur le satellite est la force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_{T/A}$  exercée par la Terre, de masse  $M_T$  sur le satellite, de masse  $m$ .

Le repère de Frenet (A,  $\vec{u}_T$ ,  $\vec{u}_N$ ) est représenté figure 1.

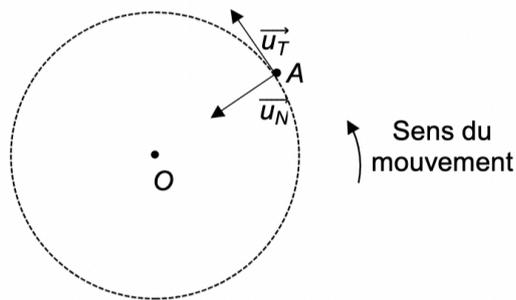


Figure 1. Mouvement circulaire uniforme d'un satellite A centré sur O.

1. Reproduire la figure 1 sur votre copie et représenter sans souci d'échelle, la force d'interaction gravitationnelle  $\vec{F}_{T/A}$  exercée par la Terre sur le satellite. On note  $G$  la constante de gravitation universelle.
2. Donner l'expression vectorielle de la force gravitationnelle  $\vec{F}_{T/A}$  en fonction du vecteur unitaire  $\vec{u}_N$ , de  $G$ ,  $M_T$ ,  $m$  et  $r$ .
3. En appliquant la deuxième loi de Newton au centre de masse A du satellite, établir que sa vitesse a pour expression  $v = \sqrt{\frac{G.M_T}{r}}$
4. À l'aide de l'expression littérale de la vitesse  $v$  du satellite et de la définition de la période de révolution  $T$  du satellite autour de la Terre, vérifier que l'expression de la troisième loi de Kepler est

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G.M_T}$$

Astérix, le premier satellite artificiel français, a été lancé le 26 novembre 1965, la France devient alors la troisième puissance spatiale mondiale.

On considère que le satellite Astérix A parcourt une trajectoire elliptique autour de la Terre de centre O. Les points B et C symbolisent respectivement le périhélie et l'apogée de l'ellipse.

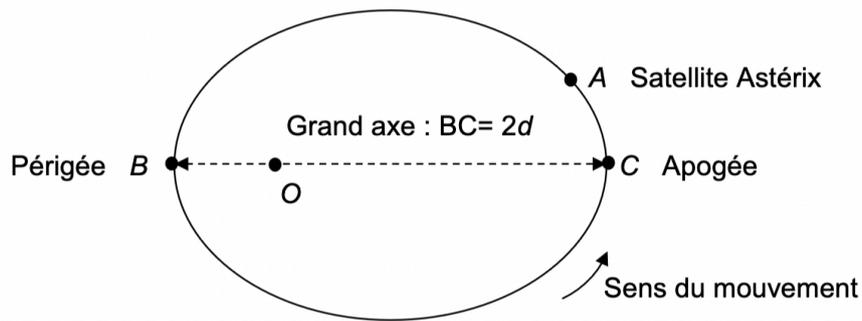


Figure 2. Trajectoire elliptique du satellite Astérix.

**Données :**

- Grand axe :  $BC = 2d$  ;
- Distance entre le périhélie et le centre de la Terre :  $D_{OB} = 6,89 \times 10^6 \text{ m}$  ;
- Distance entre l'apogée et le centre de la Terre :  $D_{OC} = 8,07 \times 10^6 \text{ m}$  ;
- Constante de gravitationnelle universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ .

5. En vous aidant de la figure 2 et des données, calculer la valeur du demi-grand axe  $d$  de l'ellipse de la trajectoire du satellite Astérix.

Dans le cas d'une trajectoire elliptique, la troisième loi de Kepler établie à la **question 4** s'écrit en remplaçant la valeur du rayon de la trajectoire circulaire par la valeur du demi-grand axe de la trajectoire elliptique. Ainsi, on obtient l'expression :  $\frac{T^2}{d^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot M_T}$

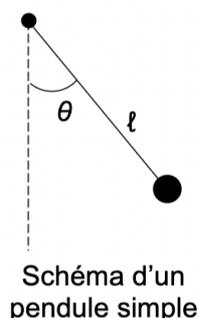
**Donnée :**

- Le satellite Astérix effectue 1400 révolutions autour de la Terre en une durée  $\Delta t$  d'une valeur égale à  $9,03 \times 10^6 \text{ s}$ .

6. En exploitant l'expression de la période  $T$  de révolution d'un satellite en orbite elliptique, calculer la masse  $M_T$  de la Terre.

**Mesure de la masse de la Terre à l'aide d'un pendule.**

Un pendule simple est constitué d'une masse ponctuelle fixée à l'extrémité d'un fil inextensible de longueur  $\ell$  et de masse négligeable. L'étude des oscillations d'un pendule simple permet de déterminer la masse de la Terre. Pour cela, on fait osciller le pendule autour de sa position d'équilibre verticale et on repère sa position en mesurant l'angle  $\theta$ .



On représente les variations de l'angle  $\theta$  en fonction du temps pour un pendule de longueur  $\ell = 1,0 \text{ m}$  sur la figure 3.

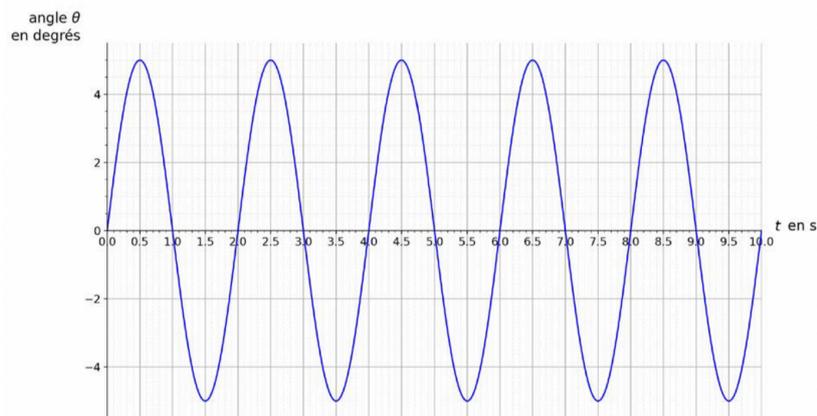


Figure 3. Variations de l'angle  $\theta$  en fonction du temps.

7. Exploiter la *figure 3* pour déterminer, le plus précisément possible, la valeur de la période  $T$  des oscillations du pendule. On admet que l'expression de la période des oscillations du pendule est :  $T = 2\pi \sqrt{\frac{\ell}{g}}$  avec  $\ell$  la longueur du pendule, en mètres, et  $T$  la période des oscillations, en secondes.

8. Calculer la valeur de l'intensité de pesanteur  $g$ .

**Donnée :**

➤ Distance entre le pendule et le centre de la Terre :  $R_T = 6,37 \times 10^3 \text{ km}$ .

9. En considérant que le poids  $P$  du pendule est de valeur égale à la force d'interaction gravitationnelle  $F$  exercée par la Terre sur le pendule, déterminer la valeur  $M_T$  de la masse de la Terre.

### EXERCICE 3 : ACOUSTIQUE D'UNE SALLE (5 POINTS)

Dans les salles de spectacle, il existe des places appelées « places aveugles ». Installé à ce type de place, un élève se rend compte que la qualité sonore du concert ne le satisfait pas.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la diffraction des ondes lumineuses puis de montrer comment le phénomène de diffraction des ondes sonores permet de retrouver l'emplacement de l'élève dans la salle.

#### Étude de la diffraction des ondes lumineuses

En rentrant du concert, l'élève consulte une activité expérimentale sur la diffraction des ondes lumineuses dont voici un extrait : « On dispose d'un laser de longueur d'onde inconnue  $\lambda$  face à une fente de largeur  $a$  réglable et d'un écran situé à une distance  $D$  égale à 2,00 m de la fente. On observe sur l'écran une figure de diffraction de tâche centrale de largeur  $L$ . Le schéma de la figure 1 modélise le montage réalisé. »

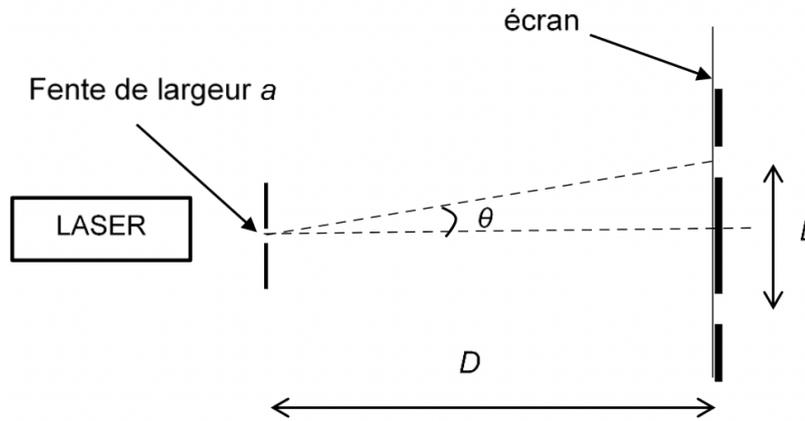


Figure 1. Schéma du montage expérimental

L'angle caractéristique de diffraction  $\theta$ , en radian, a pour expression :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$ . L'angle  $\theta$  étant petit, on peut considérer que la valeur de la tangente de l'angle  $\theta$  est égale à l'angle  $\theta$  :  $\tan\theta = \theta$ .

1. Montrer que la largeur  $L$  de la tâche centrale de diffraction a pour expression :  $L = \frac{2\lambda D}{a}$

Lors de l'activité expérimentale, des mesures de la largeur  $L$  de la tâche centrale de diffraction sur l'écran ont été effectuées en faisant varier la taille  $a$  de la fente. L'élève a ensuite obtenu le graphique de la figure 2.

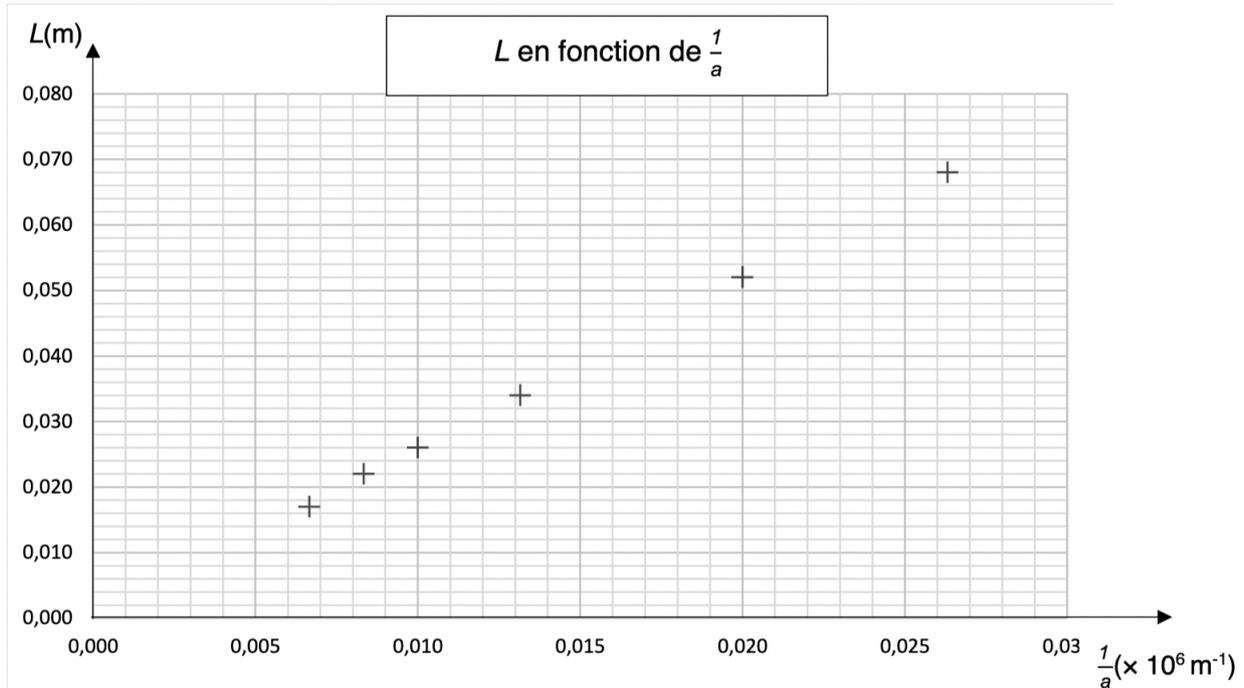


Figure 2 : Graphique représentant la largeur de la tâche centrale  $L$  en fonction de  $\frac{1}{a}$

- À l'aide de la *figure 2*, montrer que la relation entre  $L$  et  $\frac{1}{a}$  est du type  $L = k \times \frac{1}{a}$
- En utilisant la relation donnée **question 1**, indiquer l'expression de  $k$  en fonction de  $\lambda$  et  $D$ .
- Montrer que la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  est égale à  $6,5 \times 10^{-7} \text{ m}$ . La valeur de l'angle  $\theta_1$  correspondant à la fente de largeur  $a_1 = 38 \text{ }\mu\text{m}$  est égale à  $1,7 \times 10^{-2} \text{ rad}$ .
- Déterminer la valeur de l'angle  $\theta_2$ , en radian, correspondant à la fente de largeur  $a_2$  égale à  $150 \text{ }\mu\text{m}$ .
- En déduire que la diffraction est la plus marquée pour la fente de largeur  $a_1$ .

### Étude de la diffraction des ondes sonores

On rappelle que les caractéristiques de diffraction des ondes sont les mêmes pour les ondes lumineuses et les ondes sonores. Lors du concert, l'élève constate qu'il perçoit mieux les sons graves de fréquence  $f_1$  égale à  $200 \text{ Hz}$  que les sons aigus de fréquence  $f_2$  de valeur  $1,00 \text{ kHz}$ .

#### Donnée :

- Vitesse du son dans l'air à la température de  $20^\circ\text{C}$  :  $V_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

7. Exprimer la longueur d'onde  $\lambda$  d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son  $V_{\text{son}}$  et de sa fréquence  $f$ .
8. Montrer que les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  correspondant aux sons de fréquence  $f_1$  et  $f_2$  ont pour valeurs  $\lambda_1 = 1,70$  m et  $\lambda_2 = 0,340$  m.

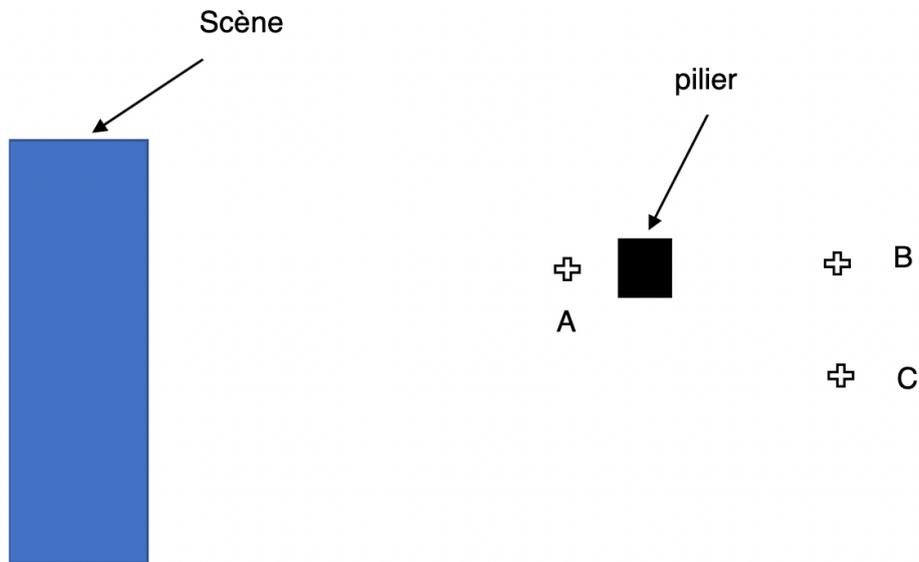


Figure 3. Schéma de la situation

La *figure 3* ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur voisine de 70 cm et les positions possibles de l'élève lors du concert, repérées par les lettres A, B et C. On admettra que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

9. En se référant à la figure 1 et à la réponse apportée à la **question 8**, choisir, en justifiant qualitativement, parmi les positions A, B ou C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'élève lors du concert.