

Sujet 1

Lycée François Mauriac, Bordeaux

Bac Blanc 2024

Spécialité physique/chimie

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 15

L'usage d'une calculatrice est autorisé

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur ? pages numérotées de 1 à 15.

Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

Exercice 1 : Acide ascorbique (10 points)

Exercice 2 : Course automobile (5 points)

Exercice 3 : Acoustique (5 points)

EXERCICE 1 Acide ascorbique (10 points)

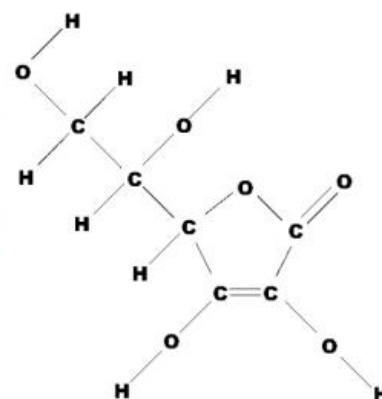
L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C, est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes.

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^{2-} dont les pK_A respectifs sont : $pK_{A1} = 4,1$ et $pK_{A2} = 11,8$.
- Masse molaire de l'acide ascorbique : $M = 176,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.
- Conductivités molaires ioniques λ° à 25°C :



Source :
Wikipédia

ions	λ° en $\text{mS}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mol}^{-1}$
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 :

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

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

- Concentration standard : $c^\circ = 1 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$.

Titration 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 $C_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

Les couples acide-base mis en jeu sont AH_2/AH^- pour l'acide ascorbique et $\text{H}_2\text{O}/\text{HO}^-$.

Le titrage acido-basique des 20,0 mL de solution S_A par la solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,00 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 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.

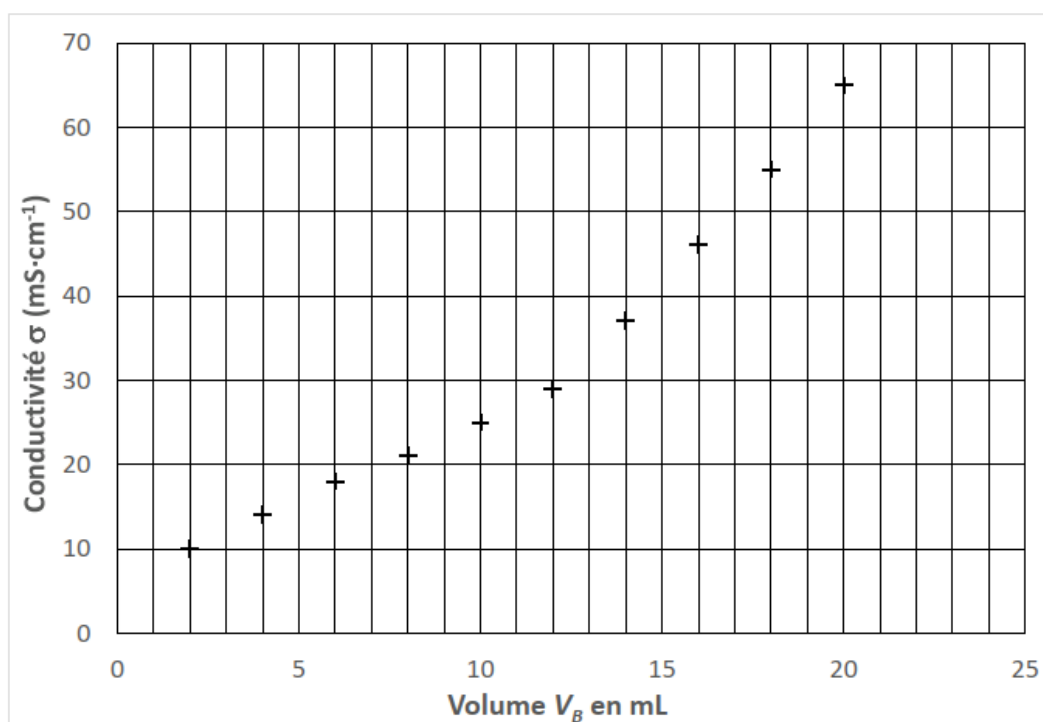


Figure 1 - Conductivité de la solution en fonction du volume de solution d'hydroxyde versé

- Justifier le changement de pente observé sur le graphique, en s'appuyant sur les conductivités molaires ioniques.
- Déterminer le volume V_{BE} à l'équivalence.
- 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 entre 190 mg et 230 mg.
- 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 $T_1 = 25\text{ °C}$. 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).

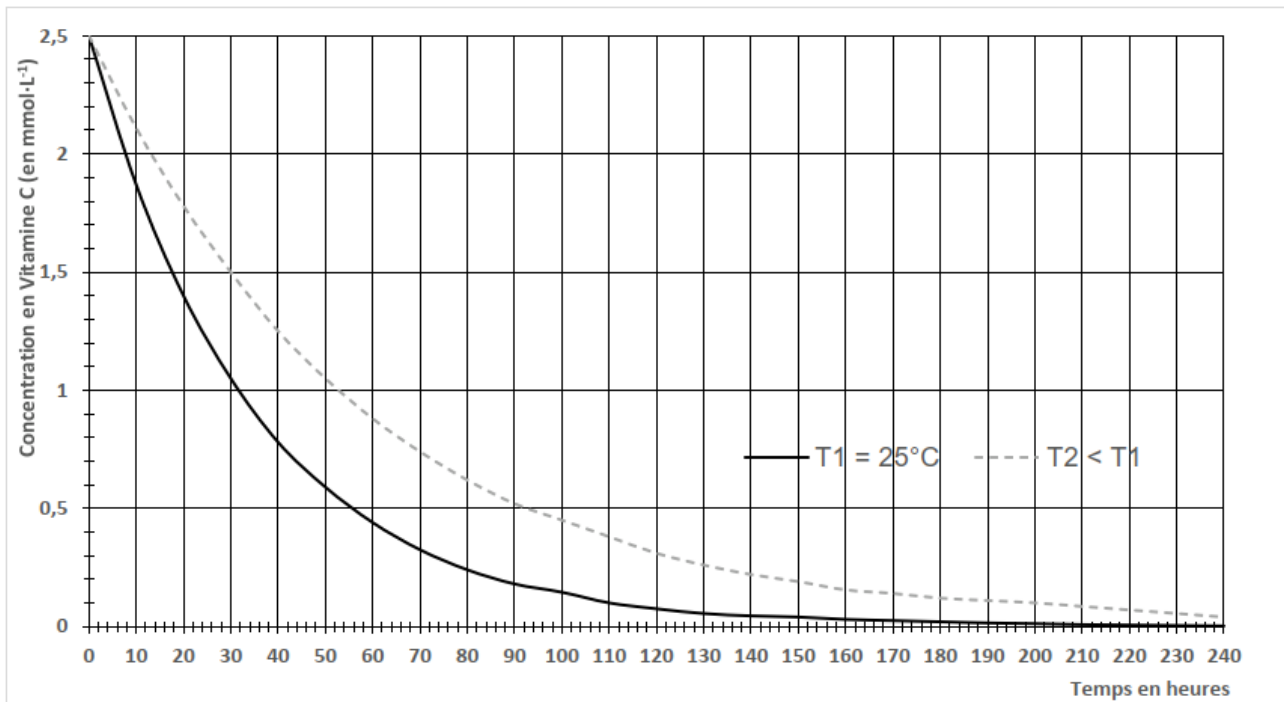
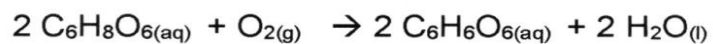


Figure 2 - Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes

Données

- L'acide ascorbique est aussi un réducteur et fait partie du couple : $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}_6(\text{aq}) / \text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6(\text{aq})$.
- Le dioxygène est l'oxydant du couple $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

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 :



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 $T_1 = 25\text{ °C}$ à la date $t_1 = 60\text{ h}$. L'exprimer en $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$.
13. Déterminer graphiquement le temps $t_{1/2}$ de demi-réaction à la température $T_1 = 25\text{ °C}$ 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 entraîner 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

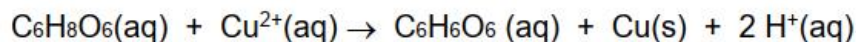
- **Recommandation n° 2** : pour qu'une crème ou sérum à la vitamine C soit efficace, il faut que la vitamine C soit présente majoritairement sous forme d'acide ascorbique. Il est alors indispensable que le cosmétique contenant de la vitamine C ait un pH acide inférieur ou égal à 3,5.

D'après : www.medecine-anti-aae.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 :



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 Course automobile (5 points)

Les performances des voitures de Formule 1 sont aujourd'hui telles que certains circuits doivent être en partie redessinés pour éviter aux pilotes de prendre trop de risques. En effet, lors d'un freinage, le pilote peut subir des décélérations de plus de 6 G, sachant qu'une accélération de 1G correspond à l'accélération de la pesanteur soit à $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$: c'est plus que ce que subit un spationaute au décollage d'une fusée !

L'objectif de cet exercice est d'étudier la prise de risque d'un.e pilote de Formule 1 pendant un freinage sur un circuit.

L'étude est effectuée lors de la décélération dans la ligne droite juste avant le virage n° 10 du circuit de Barcelone (voir la figure 1 ci-dessous).

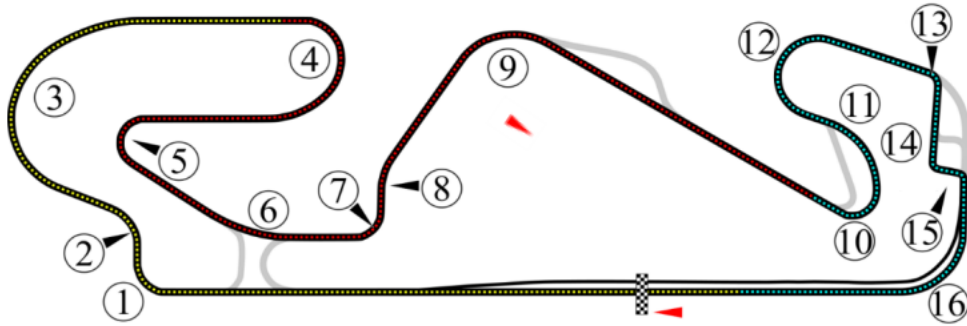


Fig. 1 - Circuit de Barcelone - Les virages sont indiqués par des numéros - D'après Wikipédia

On étudie le mouvement du centre de masse G du système {voiture + pilote}, de masse m , dans le référentiel terrestre considéré comme étant galiléen.

Utilisation d'un modèle simple

Le système {voiture + pilote} se déplace à l'horizontale, en ligne droite, à grande vitesse. Il freine du point A au point B (voir la figure 2 ci-contre) avant d'entrer dans le virage n° 10.

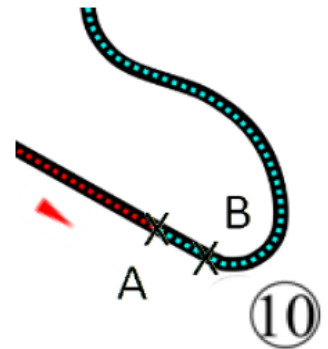


Fig. 2 - Virage n°10

Pour simplifier l'étude, on modélise la situation de la manière suivante :

- Lors du freinage le système {pilote + voiture} subit :
 - son poids \vec{P} ;
 - la résultante des forces exercées par la route sur les pneus que l'on peut décomposer en deux forces :
 - une force \vec{R}_N verticale vers le haut (voir la figure 3) qui, dans le cas de ce mouvement, compense le poids \vec{P} ;
 - une force \vec{f} horizontale, de valeur f , de sens opposé au déplacement et modélisant l'ensemble des frottements subis par la voiture lors de son déplacement (voir la figure 3).
- On fait l'hypothèse que la force \vec{f} reste constante durant le freinage.
- Le freinage commence à la date $t = 0$ lorsque le centre de masse se trouve au point A. La vitesse a alors pour valeur $v_A = 321 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

- L'étude est réalisée dans le repère (Oxy) , l'axe (Ox) étant horizontal et orienté dans le sens du mouvement (voir la figure 3). Le mouvement a lieu le long de l'axe (Ox) .

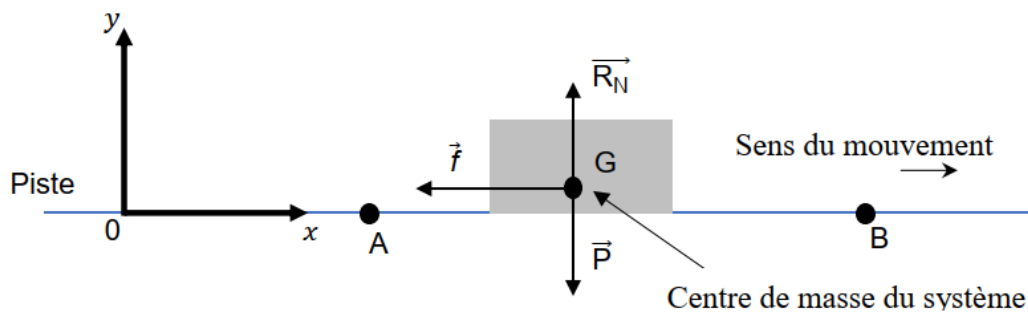


Fig. 3 – Schéma de la situation

1. En appliquant la deuxième loi de Newton, montrer que les coordonnées du vecteur accélération du système \vec{a} sont :

$$\vec{a} = \begin{cases} a_x(t) = -\frac{f}{m} \\ a_y(t) = 0 \end{cases}$$

On désigne par $\Delta v = v_B - v_A$ la variation de la vitesse entre les points A et B et par Δt la durée du mouvement entre A et B.

2. Justifier que, dans le cadre de cette étude, on peut écrire $\Delta v = a_x \Delta t$.

La vitesse passe de la valeur $v_A = 321 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ au point A à la valeur $v_B = 84 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ au point B pendant la durée $\Delta t = 1,50 \text{ s}$.

- Calculer la valeur de l'accélération (en $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) à partir de ces données. La comparer avec la valeur de 6 G mentionnée dans le texte introductif. On rappelle : $1 \text{ G} = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

La figure 4 indique les limites de tolérance d'un individu en prenant en compte la valeur de l'accélération (en G) et la durée durant laquelle il la subit. Dans la zone de danger des perturbations physiologiques touchant les appareils cardiovasculaire et pulmonaire peuvent apparaître.

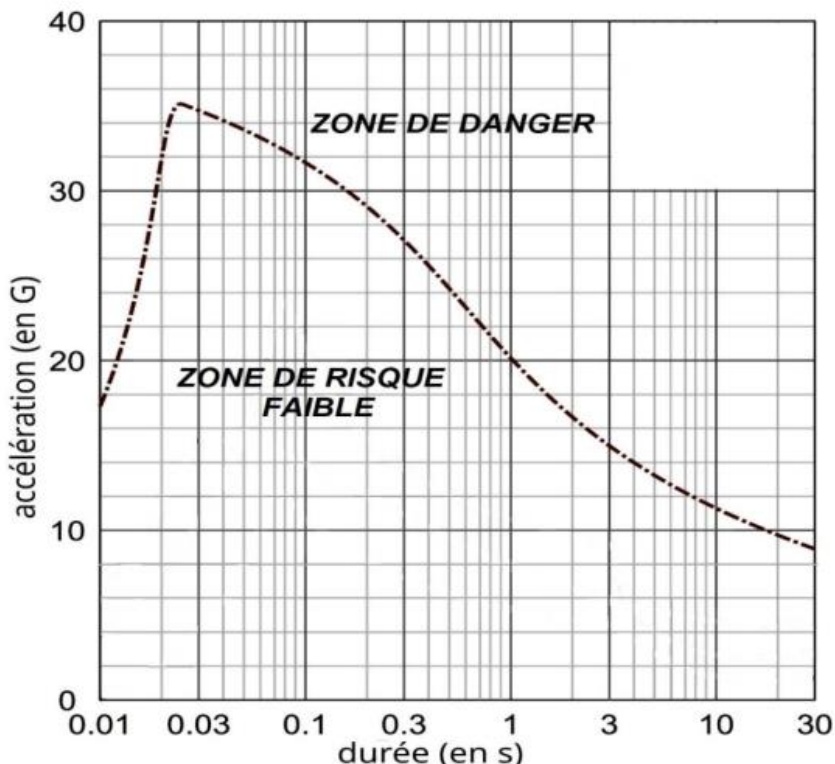


Fig.4 - Limites de tolérance d'un individu à l'accélération

- Indiquer si le pilote prend un risque pour sa santé lors du freinage.

Validité du modèle simplifié

Pour tester la validité du modèle précédent, on compare l'évolution de la vitesse en fonction du temps prévue par le modèle à celle déduite des mesures réalisées grâce aux capteurs embarqués.

- Montrer que, dans le cadre du modèle simplifié utilisé, la coordonnée $v_x(t)$ du vecteur vitesse a pour expression en fonction du temps lors du freinage :

$$v_x(t) = -\frac{f}{m}t + v_A \quad \text{avec } v_A = 89 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

Les relevés effectués lors de l'intégralité du freinage du virage 10 permettent d'obtenir la coordonnée v_x du vecteur vitesse en temps réel et de tracer le graphique présenté sur la figure 5.

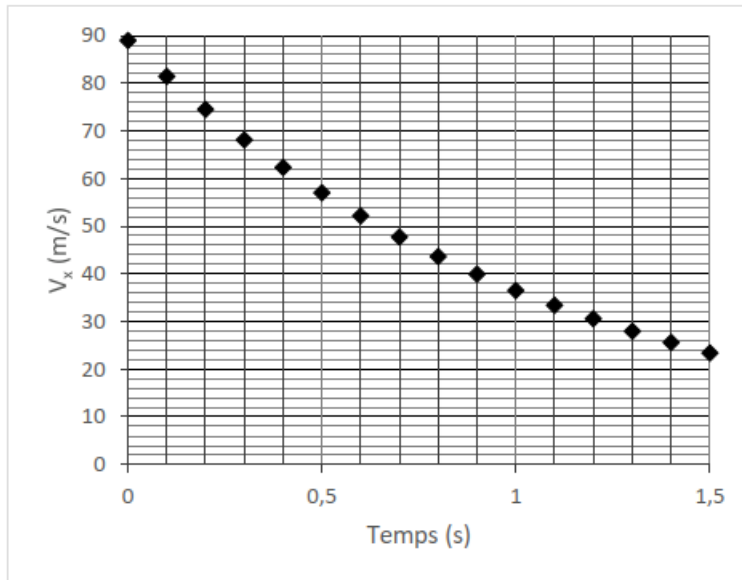


Fig.5 - Relevé de la coordonnée suivant x de la vitesse lors du freinage.

6. Comparer l'allure du graphique de la figure 5 avec l'allure prédite par la modélisation à la question précédente.
7. Indiquer quelle hypothèse de la modélisation précédente doit être remise en question si on considère l'intégralité du freinage.

EXERCICE 3 : Acoustique (5 points)

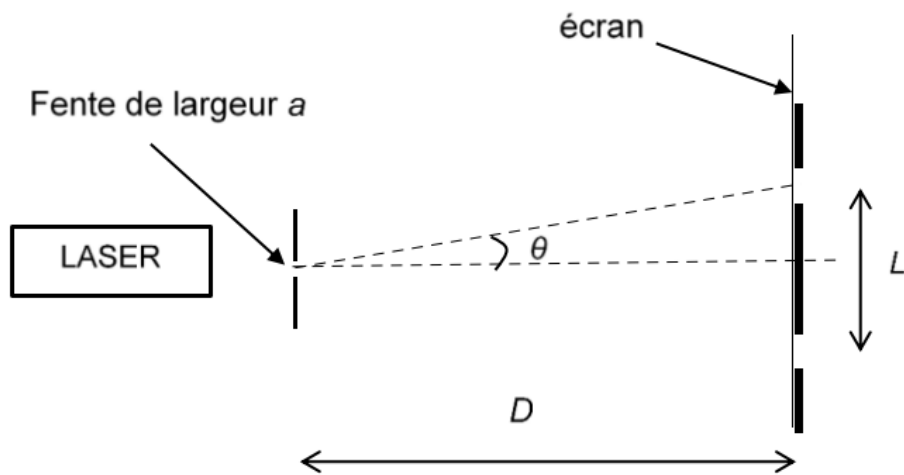


Figure 1. Schéma du montage expérimental

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

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.

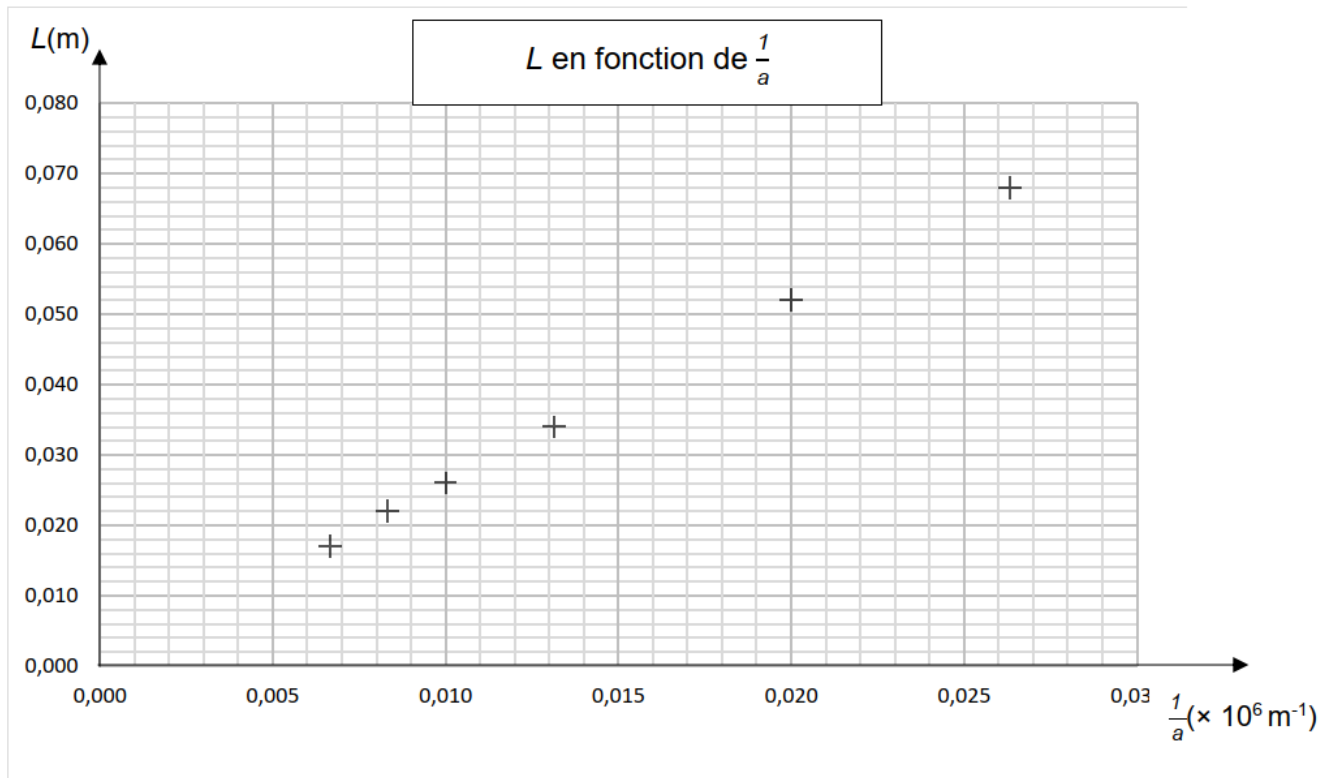


Figure 2. Graphique représentant la largeur de la tâche centrale L en fonction de $\frac{1}{a}$

2. À l'aide de la figure 2, montrer que la relation entre L et $\frac{1}{a}$ est du type $L = k \times \frac{1}{a}$.
3. En utilisant la relation donnée question 1. indiquer l'expression de k en fonction de λ et D .
4. Montrer que la valeur de la longueur d'onde λ est égale à $6,5 \times 10^{-7}$ m.

La valeur de l'angle θ_1 correspondant à la fente de largeur $a_1 = 38 \mu\text{m}$ est égale à $1,7 \times 10^{-2}$ rad.

5. Déterminer la valeur de l'angle θ_2 , en radian, correspondant à la fente de largeur a_2 égale à $150 \mu\text{m}$.
6. 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 Hz que les sons aigus de fréquence f_2 de valeur 1,00 kHz.

Donnée :

- Vitesse du son dans l'air à la température de 20°C : $V_{son} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- 7. Exprimer la longueur d'onde λ d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son V_{son} et de sa fréquence f .
- 8. Montrer que les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 correspondant aux sons de fréquence f_1 et f_2 ont pour valeurs $\lambda_1 = 1,70 \text{ m}$ et $\lambda_2 = 0,340 \text{ m}$.

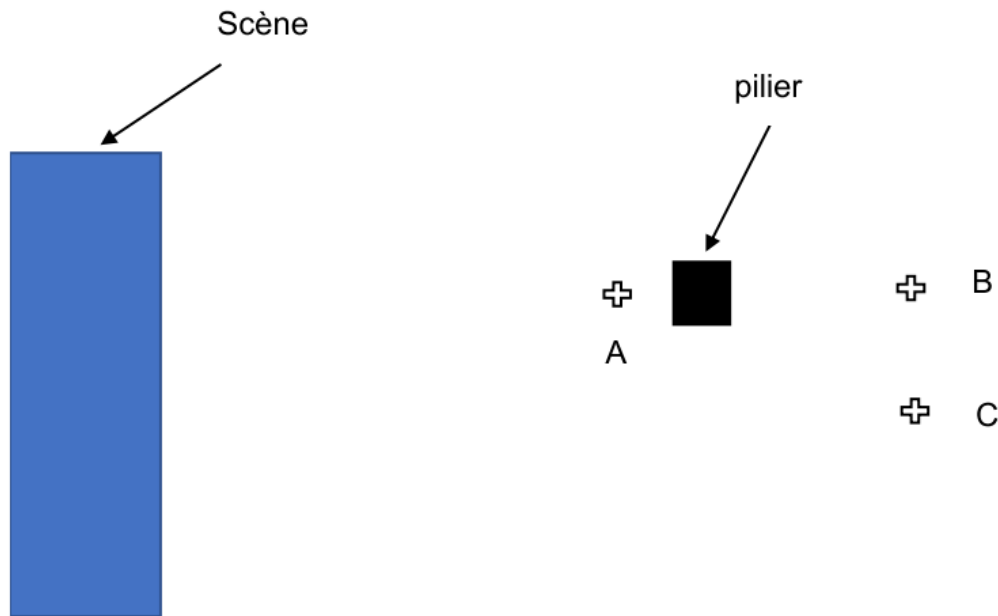


Figure 3. Schéma de la situation

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.

Étude du son perçu par les conducteurs de deux voitures ayant les fenêtres fermées.

Dans cette partie, les deux conducteurs ferment entièrement leurs fenêtres et le conducteur 1 monte le volume de l'autoradio jusqu'à ce qu'il soit audible par le conducteur 2.

7. À l'atténuation géométrique $A_{géo}$ s'ajoute l'atténuation due à la fermeture des deux fenêtres $A_{fenêtres}$. Choisir la nature de cette nouvelle atténuation parmi les deux propositions suivantes :
- atténuation géométrique
 - atténuation par absorption

Données :

- $A_{fenêtres} = 18$ dB (pour les deux fenêtres)
 - Le conducteur 2 mesure maintenant un niveau d'intensité sonore L_2' égal à 63 dB.
8. Déterminer si le conducteur 1 est exposé à un niveau d'intensité sonore supérieur à la limite de nocivité.