

# BACCALAURÉAT BLANC

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

**SESSION 2024**

**PHYSIQUE-CHIMIE**

-

**Sujet 2 (lundi 11 mars)**

**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 collègue » est autorisé.*

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1 à 11.

**L'annexe page 11 est à rendre avec la copie.**

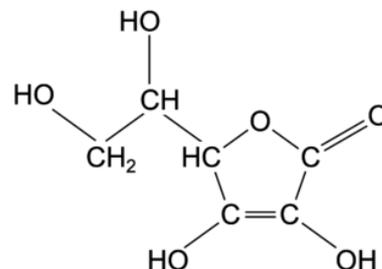
## EXERCICE 1 : La vitamine C (10 points)

L'acide ascorbique, communément appelé vitamine C, est un antioxydant présent dans de nombreux fruits et légumes. Une carence prolongée en vitamine C provoque une maladie appelée scorbut. En pharmacie, il est possible de trouver de l'acide ascorbique, sous forme de comprimés de vitamine C.

L'objectif de cet exercice est d'étudier la molécule de vitamine C dans une première partie, puis de vérifier la valeur de la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé, et enfin d'étudier la cinétique de la dégradation de la vitamine C laissée à l'air libre.

### Données :

- formule semi-développée de l'acide ascorbique  $C_6H_8O_6$  :



- l'acide ascorbique sera noté  $HA$  et sa base conjuguée  $A^-$  ;
- $pK_A(HA/A^-) = 4,1$  à  $20^\circ C$  ;
- masse molaire de l'acide ascorbique  $M = 176 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;
- $pH$  de l'estomac environ égal à  $1,5$  ;
- $pH$  de la salive compris entre  $5,5$  et  $6,1$ .

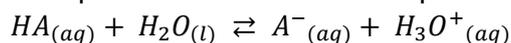
**Les parties A, B et C de cet exercice sont indépendantes.**

### Partie A : L'acide ascorbique, ou vitamine C

Pour étudier les propriétés acidobasiques de la vitamine C, on dissout  $1,00 \text{ g}$  d'acide ascorbique commercial dans une fiole jaugée de  $50 \text{ mL}$  puis on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. La mesure du  $pH$  de la solution donne  $pH = 2,5$ .

1. Déterminer la quantité de matière initiale  $n_0$  d'acide ascorbique introduite dans la fiole jaugée.

La transformation entre l'acide ascorbique et l'eau est modélisée par la réaction d'équation :



2. Donner la définition d'un acide au sens de Bronsted.
3. Montrer que l'acide ascorbique est un acide faible dans l'eau.
4. Donner l'expression de la constante d'acidité  $K_A$  du couple associé à l'acide ascorbique en fonction des concentrations en espèces chimiques à l'équilibre.
5. Sous quelle forme prédominante la substance active ingérée lors de la prise du comprimé de vitamine C se trouve-t-elle sur la langue ? Dans l'estomac ? Justifier par une méthode de votre choix.

## Partie B : Titrage 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  $250\text{ mg}$  d'acide ascorbique.

Un comprimé de vitamine C a été laissé plusieurs jours à l'air libre. On se demande si la vitamine C qu'il contient est restée intacte ou 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 pH-métrique.

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

### 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  $10,0\text{ mL}$  ;  $20,0\text{ mL}$  ;  $50,0\text{ mL}$  ;  $100,0\text{ mL}$  ;  $200,0\text{ mL}$  ;  $250,0\text{ mL}$  ;  $500,0\text{ mL}$
- pipettes jaugées de  $1,0\text{ mL}$  ;  $5,0\text{ mL}$  ;  $10,0\text{ mL}$  ;  $20,0\text{ mL}$ .

6. Déterminer le volume  $V_0$  de solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_0$  à prélever afin d'obtenir un volume  $V_S = 100,0\text{ mL}$  de solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B = 1,00 \times 10^{-2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Préciser la verrerie nécessaire pour mesurer  $V_0$  et  $V_S$ .

### Titration de la solution $S_A$

On prélève un volume  $V_A = (20,0 \pm 0,1)\text{ mL}$  de la solution aqueuse  $S_A$  que l'on titre par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+_{(\text{aq})}$ ,  $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ ) de concentration  $C_B = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2}\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ .

Le  $pH$  de la solution est relevé en fonction du volume de solution d'hydroxyde de sodium versé. La courbe de titrage est tracée sur la figure 1 ci-après et aussi en ANNEXE.

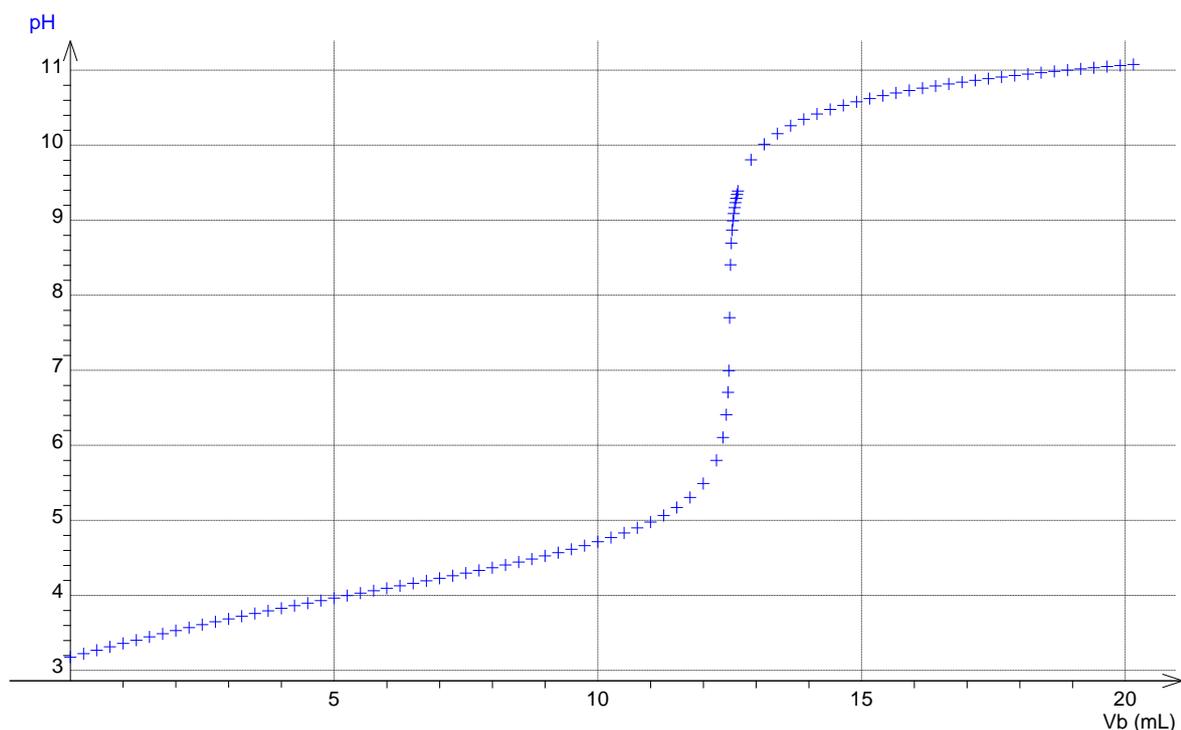


Figure 1. Titration de l'acide ascorbique : évolution du  $pH$  en fonction du volume  $V_b$  de solution d'hydroxyde de sodium ajouté

7. Ecrire l'équation de la réaction support du titrage avec les notations simplifiées  $HA$  et  $A^-$ .
8. Définir l'équivalence du titrage.
9. Déterminer, à l'aide de la figure 1 fournie en ANNEXE, le volume  $V_{bE}$  versé à l'équivalence. Estimer l'incertitude absolue sur sa valeur, notée  $U(V_{bE})$ .
10. En déduire la valeur de la masse  $m_{exp}$  de vitamine C dans le comprimé resté à l'air libre et vérifier que cette valeur est comprise entre 190 mg et 230 mg.
11. Déterminer l'incertitude absolue  $U(m_{exp})$  et donner un encadrement de la masse  $m_{exp}$  de vitamine C contenue dans le comprimé resté à l'air libre.

**Donnée :** Dans les conditions de l'expérience, l'incertitude sur la masse  $m_{exp}$  est donnée par la relation :

$$U(m_{exp}) = m_{exp} \times \sqrt{\left(\frac{U(V_{bE})}{V_{bE}}\right)^2 + \left(\frac{U(C_B)}{C_B}\right)^2 + \left(\frac{U(V_A)}{V_A}\right)^2}$$

12. Conclure sur la conservation de la vitamine C laissée à l'air libre dans ce cas particulier.

Le repérage de l'équivalence du titrage peut également se faire grâce à un indicateur coloré.

13. Parmi les indicateurs colorés proposés ci-dessous, lequel utiliseriez-vous pour le titrage de l'acide ascorbique par la solution d'hydroxyde de sodium effectué dans cette partie ? Justifier la réponse et préciser comment l'équivalence est repérée.

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Hélianthine	Rouge	3,1 – 4,4	Jaune
Vert de bromocrésol	Jaune	3,8 – 5,4	Bleu
Bleu de bromothymol	Jaune	6,0 – 7,6	Bleu
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge
Phénolphtaléine	Incolore	8,2 – 10,0	Rose
Rouge d'alizarine	Violet	10,0 – 12,0	Jaune
Carmin d'indigo	Bleu	11,6 – 14,0	Jaune

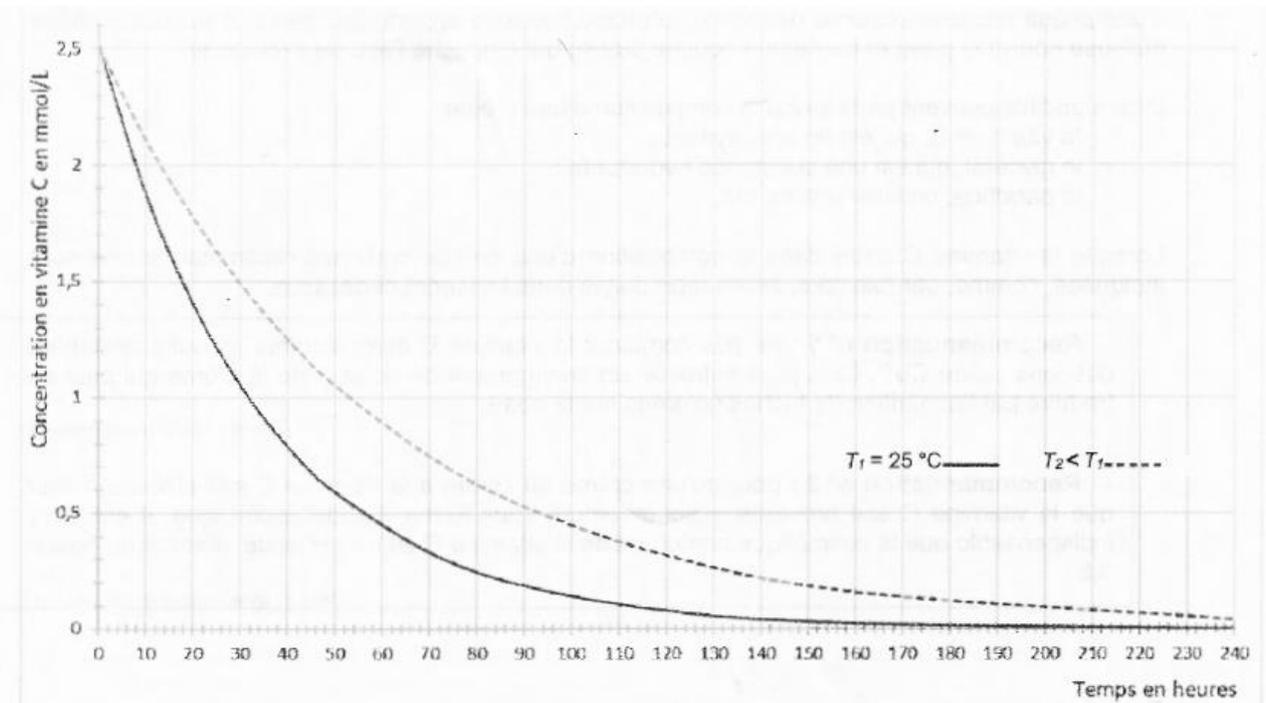
### Partie C : Etude cinétique de la dégradation de la vitamine C dans un jus d'orange

« 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  $T_1 = 25\text{ °C}$ . A 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-après et aussi en annexe).

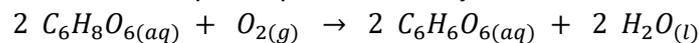


**Figure 2 - Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes**

**Données :**

- L'acide ascorbique  $C_6H_8O_6$  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  $O_{2(g)} / H_2O_{(l)}$ .

14. Ecrire 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 :



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

16. À partir du graphique de la figure 2 ci-dessus et fournie en annexe, décrire qualitativement l'évolution de la vitesse volumique de disparition de la vitamine C en fonction du temps, à une température donnée, et faire le lien avec un facteur cinétique à préciser.

17. Déterminer graphiquement la vitesse volumique de disparition de la vitamine C à la température  $T_1 = 25\text{ °C}$  à la date  $t_1 = 40\text{ h}$ . L'exprimer en  $mmol.L^{-1}.h^{-1}$ .

18. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  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 C.

19. 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.

## EXERCICE 2 : ISS (6 points)

L'ISS (International Space Station) est à ce jour le plus grand des objets artificiels placé en orbite terrestre à une altitude de  $400\text{ km}$ . Elle est occupée en permanence par un équipage international qui se consacre à la recherche scientifique dans l'environnement spatial. Des navettes nommées « ATV » permettent de ravitailler la station ISS et/ou de changer son équipage.



**Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.**

### Partie A : Étude du mouvement de la station spatiale ISS

La station spatiale internationale, supposée ponctuelle et notée S, évolue sur une orbite qu'on admettra circulaire. Son altitude  $h$  au-dessus de la surface de la Terre, considérée comme une sphère parfaite, est proche de  $400\text{ km}$ .

#### Données :

- rayon de la Terre :  $R = 6400\text{ km}$
- masse de la station :  $m = 400\text{ tonnes}$
- masse de la Terre, supposée ponctuelle :  $M = 6,0 \times 10^{24}\text{ kg}$
- constante de gravitation universelle :  $G = 6,67 \times 10^{-11}\text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$

1. Représenter sur un schéma :
  - la Terre et la station S ;
  - un vecteur unitaire  $\vec{u}$  orienté de la station S vers la Terre (T) ;
  - la force d'attraction gravitationnelle exercée par la Terre sur la station S.

Donner l'expression vectorielle de cette force en fonction du vecteur unitaire  $\vec{u}$ .

2. En considérant la seule action de la Terre, établir l'expression vectorielle de l'accélération  $\vec{a}_S$  de la station dans un référentiel judicieux, supposé galiléen, en fonction de  $G$ ,  $M$ ,  $h$ ,  $R$  et du vecteur unitaire  $\vec{u}$ . Dédire de l'expression de l'accélération une information supplémentaire sur le mouvement de la station.

3. Vitesse de la station.

3.1. Montrer que la valeur de la vitesse de la station a pour expression :  $v = \sqrt{\frac{GM}{R+h}}$ .

3.2. Calculer la valeur de la vitesse de la station en  $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ .

4. Montrer que la durée d'une révolution complète de l'ISS autour de la Terre est comprise entre une et deux heures.

## Partie B : Ravitaillement de la station ISS

Dans cette partie on étudie le système {Ariane 5} qui ravitaille l'ISS dans le référentiel terrestre que l'on suppose galiléen pendant la durée de l'étude. Initialement le système {Ariane 5} est situé sur sa base de lancement. Le repère d'espace choisi est un axe vertical Oz orienté vers le haut. L'origine O est initialement confondue avec le centre d'inertie de la fusée de sorte que  $z(0) = z_0 = 0$ .

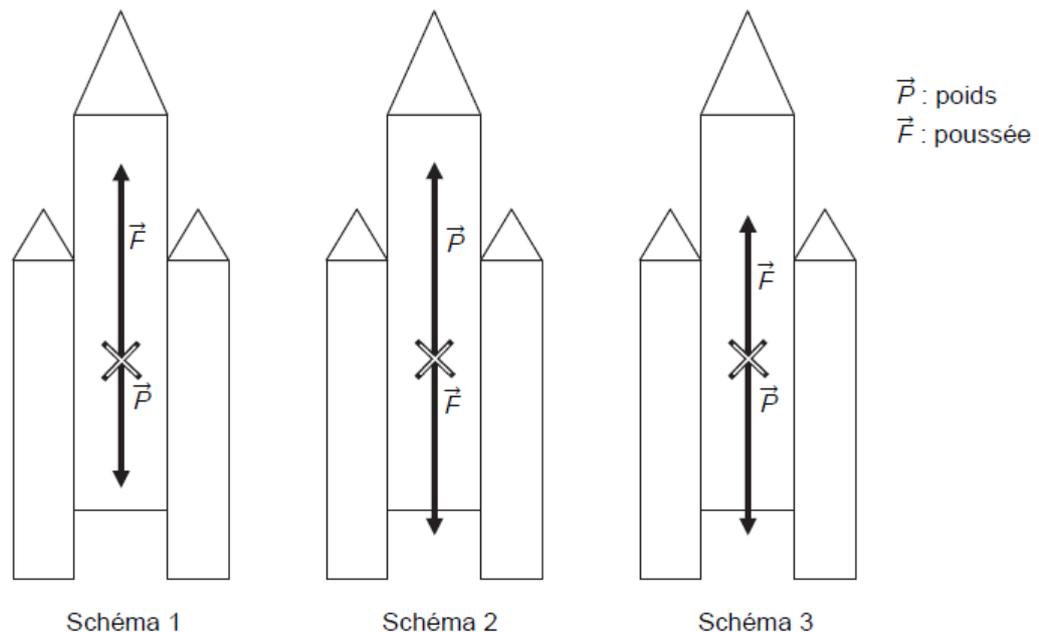


Lors de son décollage, la fusée Ariane 5 et son équipement possèdent une masse totale  $M = 800$  tonnes. La valeur  $F$  de la force de poussée générée par ses propulseurs est de l'ordre de  $1,50 \times 10^7$  N.

5. Déterminer la valeur  $P$  du poids de la fusée Ariane 5 au moment de son décollage.

**Donnée** : intensité de la pesanteur  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

6. Choisir parmi les propositions de la figure ci-dessous, le schéma compatible au moment du décollage de la fusée. Justifier.



7. Dédurre de la deuxième loi de Newton appliquée à Ariane 5 l'expression de la coordonnée  $a_z$  du vecteur accélération  $\vec{a}$  du lanceur Ariane 5 au moment de son décollage en fonction de  $M$ ,  $F$  et  $g$ .

8. On peut considérer que l'accélération reste constante pendant les premières secondes du lancement si l'on peut négliger les forces de frottement et la variation de masse d'Ariane. L'altitude  $z(t)$  du lanceur Ariane 5 est alors donnée par la relation :

$$z(t) = \frac{1}{2} \left( \frac{F}{M} - g \right) t^2$$

Montrer que cette expression est compatible avec l'expression de l'accélération donnée à la question précédente. Calculer la valeur de l'altitude  $z$  et la vitesse du lanceur Ariane 5 au bout de  $10 \text{ s}$ , dans ces conditions.

9. En réalité, l'altitude réelle d'Ariane 5 au bout de  $10 \text{ s}$  est nettement plus faible. Proposer une explication.

### EXERCICE 3 : Deux défis pour un ingénieur du son (4 points)

Dans certaines salles de spectacle où ont lieu de nombreux concerts et autres manifestations artistiques, la qualité sonore perçue par un auditeur dépend beaucoup de l'endroit où il se trouve dans la pièce.



On prendra dans cet exercice les exemples du Criterion Theatre de Londres (photo de gauche) et de l'Aéronef de Lille (photo de droite) en suivant un ingénieur du son acousticien, plongé dans ses souvenirs de spécialité physique-chimie.

**Donnée :** La vitesse du son dans l'air notée  $v_{son}$  est à connaître.

**Les parties A et B de cet exercice sont indépendantes.**

#### Partie A : Cas du Criterion Theatre

Notre ingénieur se replonge dans son cours sur les ondes où on disait que les ondes sonores se comportent comme les ondes lumineuses. Il y consulte une activité expérimentale sur la diffraction des ondes lumineuses dont voici un extrait : « On dispose d'un laser de longueur d'onde  $\lambda$  face à une fente de largeur  $a$  réglable et d'un écran situé à une distance  $D$  de la fente. On observe sur l'écran une figure lumineuse de tache centrale de largeur  $L$ . Le schéma de la figure 1 modélise le montage réalisé. La figure de diffraction est la même que l'onde rencontre une fente ou un obstacle (hors centre de la figure).

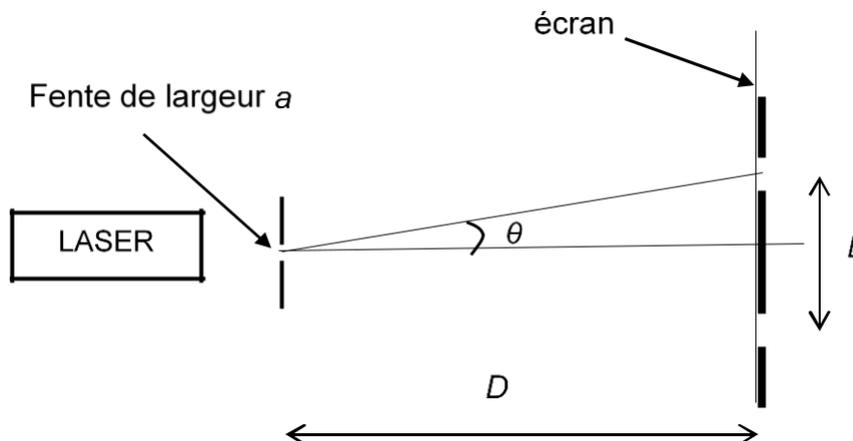
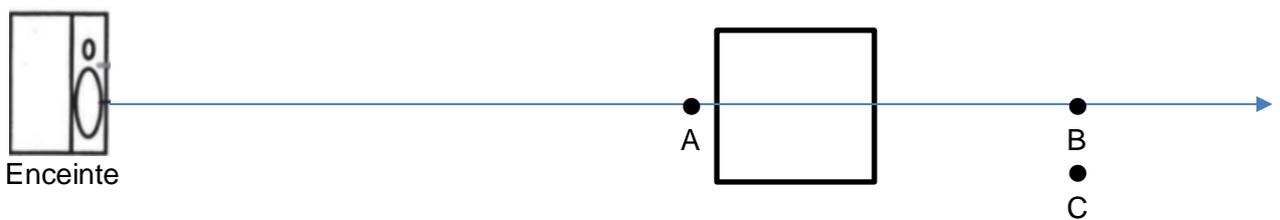


Figure 1 - Schéma du montage expérimental

1. Si on double  $D$ , qu'advient-il de la largeur  $L$  de la tache centrale ? Expliquer.

Pendant un concert au Criterion Theatre, l'ingénieur constate que s'il est positionné derrière un pilier, il perçoit quand même les sons mais entend mieux les sons graves que les sons aigus. Pour simplifier le problème, on ne s'intéressera qu'aux sons de fréquence  $f_1$  égale à 200 Hz et aux sons de fréquence  $f_2$  de valeur 1,00 kHz.

2. Exprimer la longueur d'onde  $\lambda$  d'une onde sonore en fonction de la vitesse du son  $v_{son}$  et de sa fréquence  $f$ . Parmi les deux fréquences proposées, laquelle correspond au son le plus grave ?
3. Montrer que les longueurs d'onde 1 et 2 correspondant aux sons de fréquence  $f_1$  et  $f_2$  ont pour valeurs  $\lambda_1 = 1,70 \text{ m}$  et  $\lambda_2 = 0,340 \text{ m}$ .

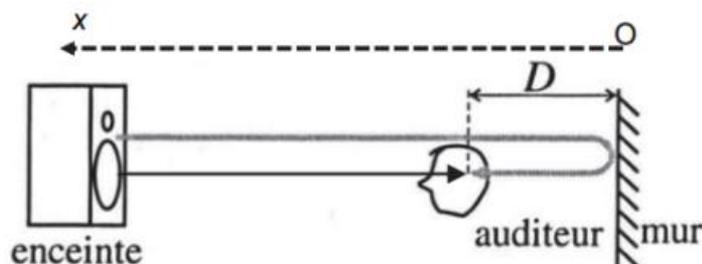


**Figure 2 - Schéma de la situation**

La figure 2 ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur voisine de 1,40 m et les positions possibles de l'ingénieur lors du concert, repérées par les lettres B et C.

4. En se référant à la figure 1 et à la réponse apportée à la question 2, expliquer la phrase soulignée de l'énoncé.

### Partie B : Cas de l'Aéronef

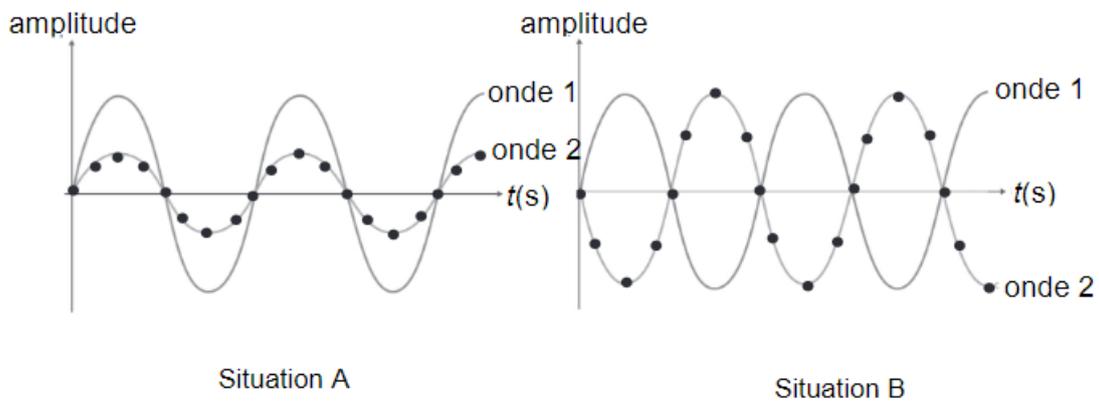


**Figure 3. Schéma de principe de la situation. La flèche noire en trait plein représente la trajectoire de l'onde sonore incidente issue d'une enceinte. La flèche grisée représente la trajectoire de l'onde sonore réfléchie sur le mur. La flèche en pointillés correspond à l'axe Ox. Une distance  $D$  sépare l'auditeur et le mur.**

5. Rappeler les conditions d'observation d'interférences entre deux ondes.
6. On définit  $\delta$ , la différence de marche entre l'onde reçue par l'auditeur après réflexion sur le mur et celle reçue directement. Exprimer  $\delta$  en fonction de  $D$ .

Le phénomène d'interférences est d'autant plus important que les deux ondes qui interfèrent entre elles ont des amplitudes similaires.

7. Expliquer pourquoi les perturbations dues au phénomène d'interférences sont plus importantes lorsque l'auditeur est situé à proximité du mur.
8. Identifier parmi les deux représentations de superpositions d'ondes présentées en figure 4, celle correspondant à une situation d'interférences destructives. Justifier la phrase **en gras** du début de l'énoncé.



**Figure 4. Superpositions de deux ondes**

Nom et prénom : .....

## ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

### EXERCICE 1 : La vitamine C

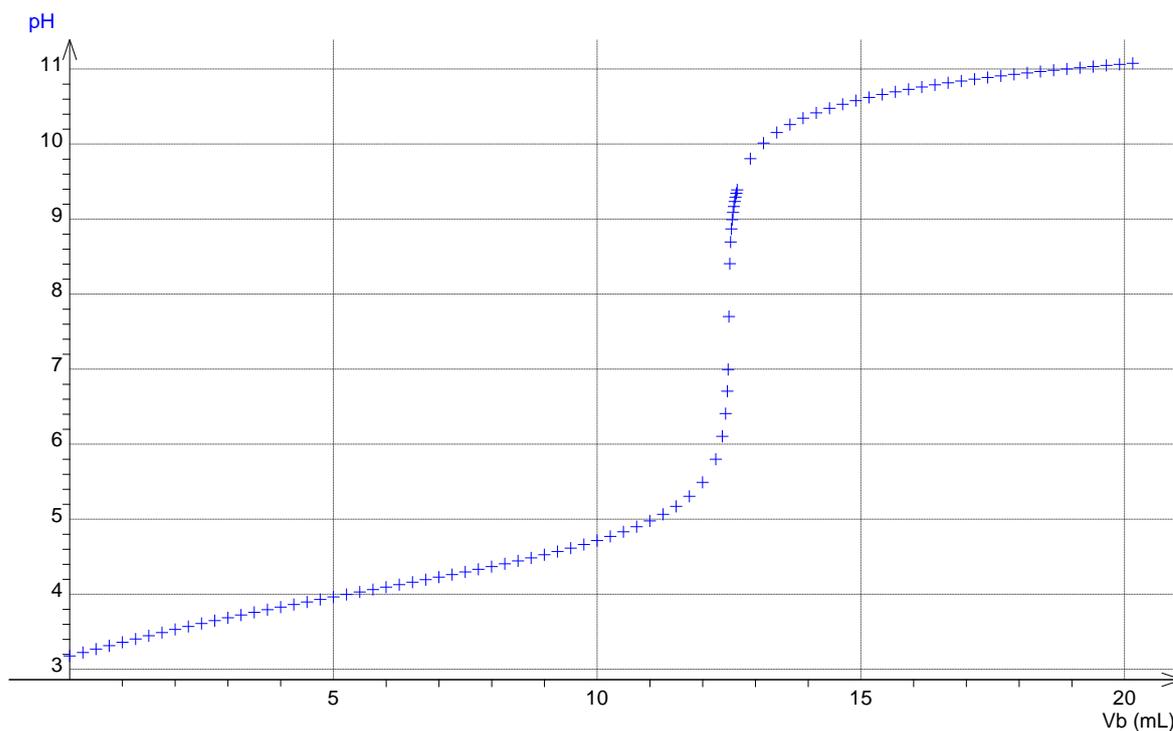


Figure 1. Titrage de l'acide ascorbique : évolution du  $pH$  en fonction du volume  $V_b$  de solution d'hydroxyde de sodium ajouté

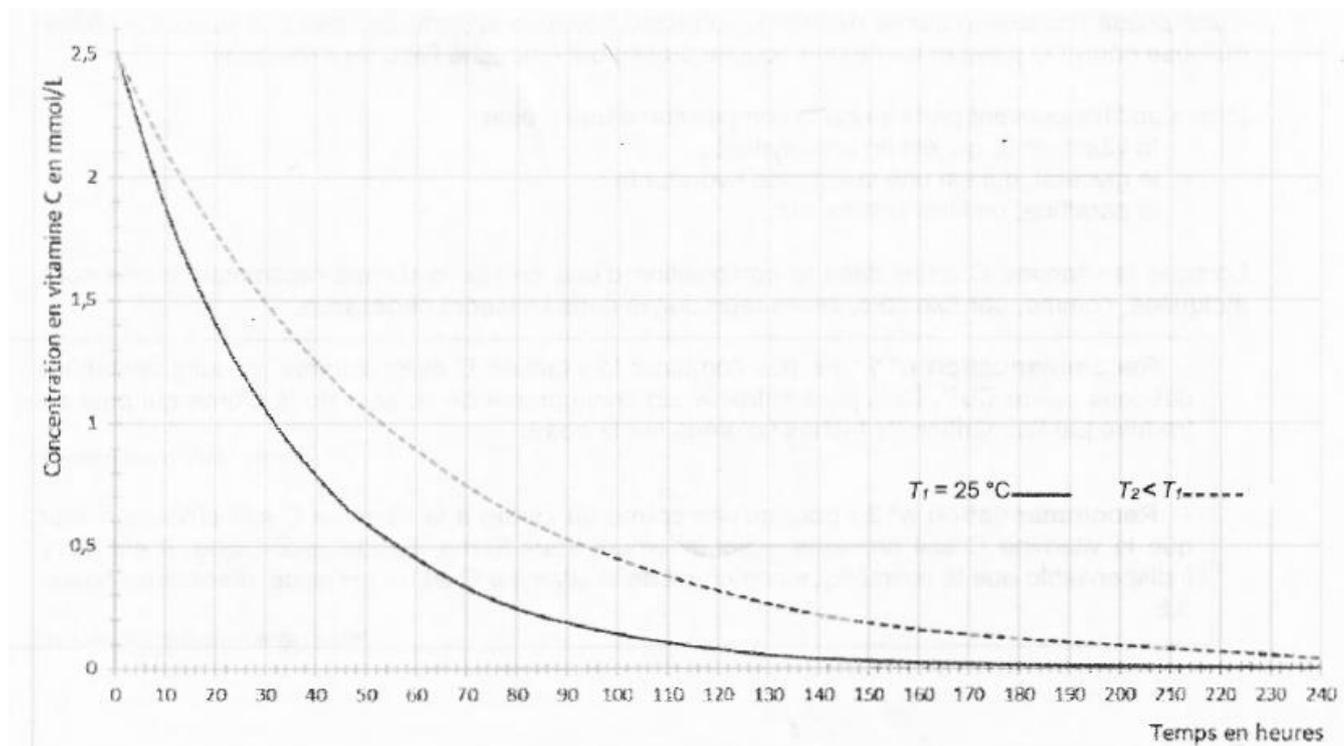


Figure 2 - Modélisation de l'évolution de la concentration en vitamine C au cours du temps dans le jus d'orange pour deux températures différentes