

## Les ondes sonores

### Definition

Une onde sonore est une propagation de proche en proche d'une suite de compression-dilatation du milieu matériel.

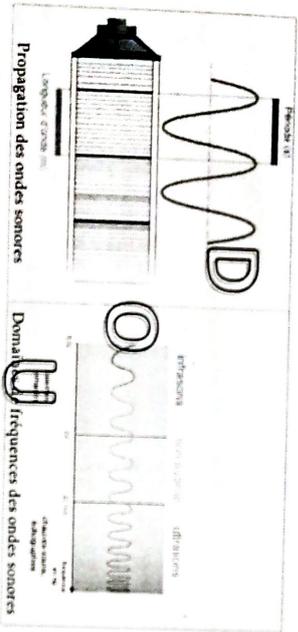
### Production d'une onde sonore

On branche un GBF qui impose une tension sinusoïdale de fréquence  $N$  aux bornes d'un haut-parleur, celui-ci émet une onde sonore de même fréquence  $N$  qui se propage dans l'air.

En face du haut-parleur, à une distance  $d$ , on place un microphone relié à un oscilloscope. On observe sur l'écran de l'oscilloscope une tension sinusoïdale de même fréquence  $N$ .

L'onde sonore issue du haut-parleur s'est propagée dans l'air et a atteint le microphone.

Il s'agit d'une onde longitudinale. Les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide. Ce sont des ondes mécaniques.

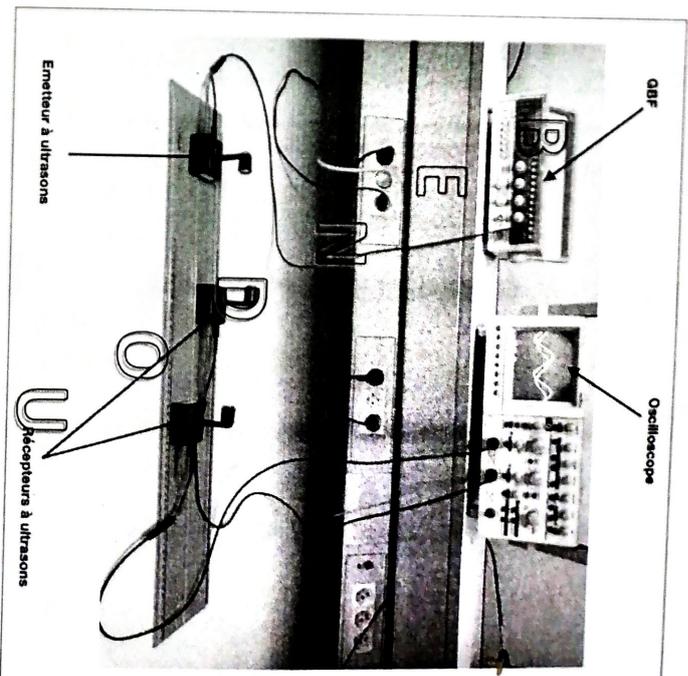


### Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air

**Contexte** Les ondes ultrasonores sont utilisées par certains animaux pour percevoir leur environnement (écholotage). C'est le cas des chauve-souris. En médecine, les ultrasons sont utilisés en imagerie médicale et aussi pour réaliser des examens vasculaires. Ces examens permettent de mesurer le débit sanguin de façon indolore pour le patient. L'oreille humaine perçoit les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ. Les ultrasons sont des ondes sonores inaudibles pour l'oreille humaine. La fréquence des ultrasons est comprise entre 20000 Hz et 1000000 Hz. Un émetteur d'ultrasons émet une onde ultrasonore qui reproduit fidèlement la tension électrique appliquée à ses bornes. Un récepteur ultrasonore transforme l'onde ultrasonore, à l'instant où il est atteint, en une tension électrique qui reproduit fidèlement l'onde ultrasonore. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes ultrasonores ? Comment les mesurer au laboratoire ? Avec quelle précision ?

### Mesure expérimentale de la célérité d'une onde sonore

#### 1. Monture expérimentale



#### 2. Protocole expérimental

On règle le GBF sur une tension sinusoïdale de fréquence  $N = 40$  kHz et d'amplitude 4 V. On relie l'émetteur ultrasons (Haut-parleur) à la sortie du GBF (output).

On relie les 2 microphones (récepteurs ultrasons) à la voie 1 et la voie 2 de l'oscilloscope et on effectue les réglages nécessaires sur l'oscilloscope en choisissant la même sensibilité verticale pour les deux voies.

On dispose les deux micros côte à côte de manière à observer les deux signaux en phase. Deux signaux sont en phase s'ils ont le même aspect à chaque instant (maximum au même instant).

On laisse un des deux micros en place et on déplace lentement le deuxième micro jusqu'à retrouver les deux courbes en phase, on a alors déplacé le deuxième micro d'une

## Les ondes sonores

### Définition

Une onde sonore est une propagation de proche en proche d'une suite de compression-dilatation du milieu matériel.

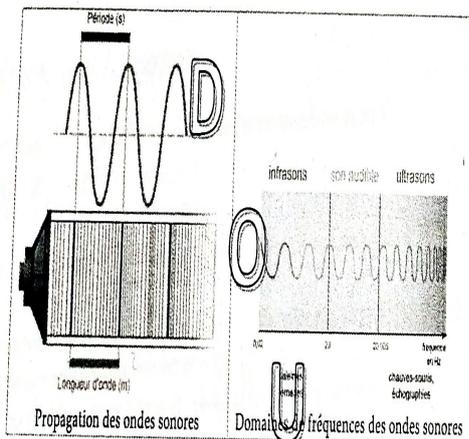
### Production d'une onde sonore

On branche un GBF qui impose une tension sinusoïdale de fréquence  $N$  aux bornes d'un haut-parleur, ce haut-parleur émet une onde sonore de même fréquence  $N$  qui se propage dans l'air.

En face du haut-parleur, à une distance  $d$ , on place un microphone relié à un oscilloscope. On observe sur l'écran de l'oscilloscope une tension sinusoïdale de même fréquence  $N$ .

L'onde sonore issue du haut-parleur s'est propagée dans l'air et à atteint le microphone.

Il s'agit d'une onde longitudinale. Les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide. Ce sont des ondes mécaniques.

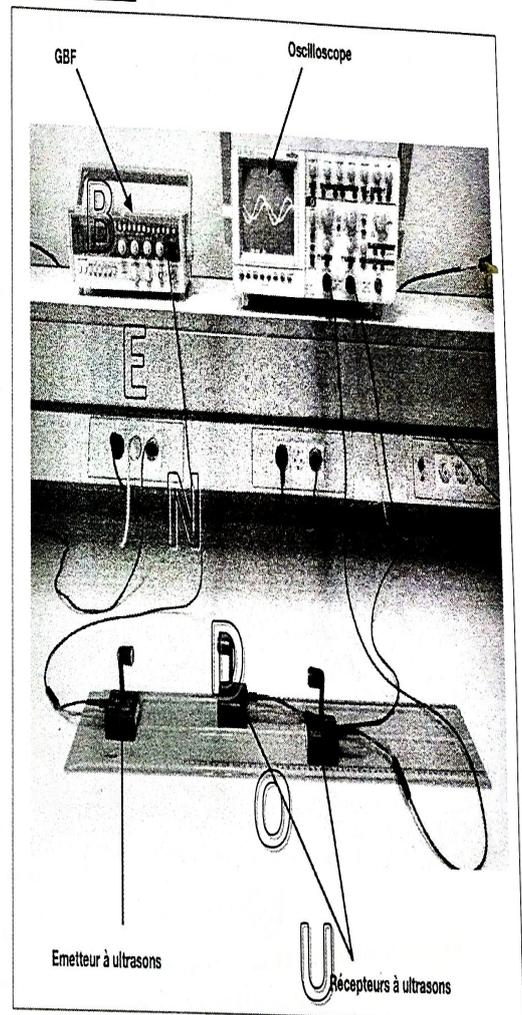


### Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air

**Contexte** Les ondes ultrasonores sont utilisées par certains animaux pour percevoir leur environnement (écholocation). C'est le cas des chauve-souris. En médecine, les ultrasons sont utilisés en imagerie médicale et aussi pour réaliser des examens vasculaires. Ces examens permettent de mesurer le débit sanguin de façon indolore pour le patient. L'oreille humaine perçoit les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ. Les ultrasons sont des ondes sonores inaudibles pour l'oreille humaine. La fréquence des ultrasons est supérieure à 20000 Hz. Un émetteur d'ultrasons émet une onde ultrasonore qui reproduit fidèlement la tension électrique appliquée à ses bornes. Un récepteur ultrasonore transforme l'onde ultrasonore, à l'endroit où il est situé, en une tension électrique qui reproduit fidèlement l'onde ultrasonore. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes ultrasonores? Comment les mesurer au laboratoire? Avec quelle précision?

### Mesure expérimentale de la célérité d'une onde sonore

#### 1- Montage expérimental



#### 2- Protocole expérimental

On règle le GBF sur une tension sinusoïdale de fréquence  $N = 40$  kHz et d'amplitude 4 V. On relie l'émetteur ultrasons (Haut-parleur) à la sortie du GBF (output).

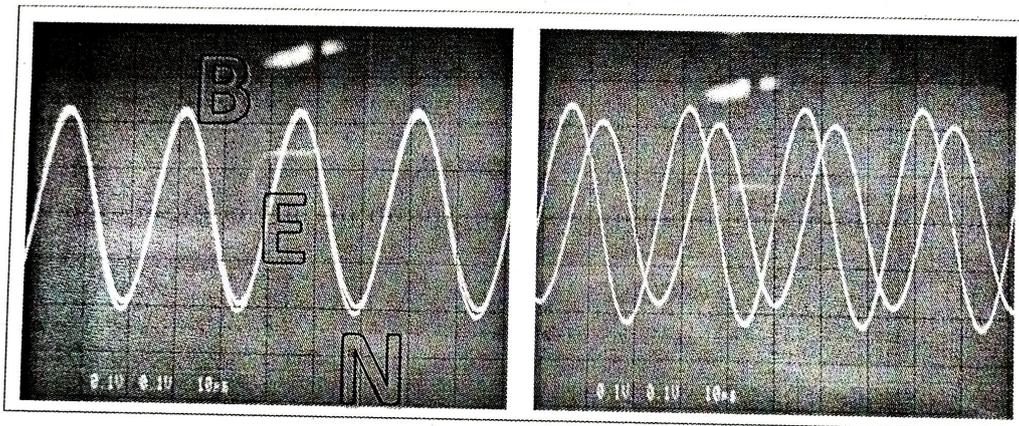
On relie les 2 microphones (récepteurs ultrasons) à la voie 1 et 2 de l'oscilloscope et on effectue les réglages nécessaires sur l'oscilloscope en choisissant la même sensibilité verticale pour les deux voies.

On dispose les deux micros côte à côte de manière à observer les deux signaux en phase. Deux signaux sont en phase s'ils ont le même aspect à chaque instant (maximum au même instant).

On laisse un des deux micros en place et on déplace lentement le deuxième micro jusqu'à retrouver les deux courbes en phase, on a alors déplacé le deuxième micro d'une

longueur d'onde  $\lambda$ . La longueur d'onde  $\lambda$  (ou période spatiale) est la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

Exemples de signaux observés à l'oscilloscope



3- Mesure et calcul de la célérité de l'onde sonore.

Pour  $N=40\text{kHz}$ , on obtient :  $\lambda=8,5 \cdot 10^{-3}\text{m}$ . La célérité de l'onde sonore est égale à :

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda N = 8,5 \cdot 10^{-3} \times 40 \cdot 10^3 = 340\text{m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

4- Exploitation

- Pourquoi l'amplitude du signal du 1<sup>er</sup> micro est inférieure à l'amplitude du signal du 2<sup>ème</sup> micro ?

Il y a dilution de l'énergie lors de la propagation de l'onde. L'amplitude du signal est d'autant plus petite que la distance au haut-parleur est grande.

Soit d la distance qui sépare les deux micros et  $\Delta\phi$  le déphasage entre les tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  des micros 1 et 2.

d	0	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{4}$	$\lambda$	$\frac{5\lambda}{4}$	$\frac{3\lambda}{2}$	$\frac{7\lambda}{4}$	$2\lambda$
$\Delta\phi(\text{rad})$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$-\frac{\pi}{2}$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$-\frac{\pi}{2}$	0

Exercice 1

Un haut-parleur est mis en vibration à l'aide d'un GBF réglé sur la fréquence  $N = 1,43 \text{ kHz}$ . Un microphone placé à une distance d du haut-parleur est relié à la voie  $Y_2$  de l'oscilloscope, la voie  $Y_1$  étant reliée au GBF comme le montre la figure 5.



Les réactions de Neutralisation

4<sup>ème</sup> M8Scexp

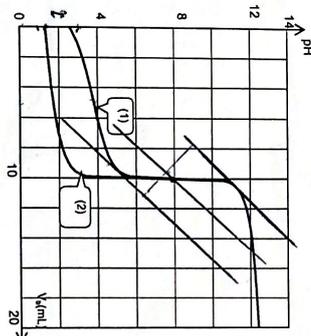
Mr Ben Doula

**Exercice :1**

La solution aqueuse (S<sub>1</sub>) d'un acide AH a le pH = 2,6 et la concentration molaire C<sub>1</sub> = 0,1 mol.L<sup>-1</sup>.  
 1°/ Montrer que l'acide AH est faible.  
 2°/ Calculer le pK<sub>a</sub> du couple AH/A<sup>-</sup>.  
 3°/ A un échantillon de volume V<sub>2</sub> de la solution (S<sub>1</sub>), on ajoute progressivement une solution (S<sub>2</sub>) d'hydroxyde de sodium NaOH, de concentration molaire C<sub>2</sub> = 0,2 mol.L<sup>-1</sup>.  
 Ecrire l'équation de la réaction qui se produit et monter qu'elle est totale.  
 4°/ a- Montrer que la solution (S) obtenue à l'équivalence est une solution de base faible.  
 b- Ecrire l'expression du pH de la solution (S) en fonction de pK<sub>a</sub>, pK<sub>s</sub>, C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>.

**Exercice :2**

On prépare deux solutions aqueuses, l'une de chlorure d'hydrogène HCl de concentration molaire C<sub>1</sub> et l'autre d'acide méthanoïque HCOOH de concentration molaire C<sub>2</sub>. On ajoute progressivement et séparément, à un échantillon de volume V = 20 mL de chacune des deux solutions, une solution (S<sub>0</sub>) d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C<sub>0</sub>. On suit à l'aide d'un pH-mètre l'évolution de pH du milieu réactionnel en fonction du volume V<sub>0</sub> de la solution d'hydroxyde de sodium versé.  
 1°/ Identifier en le justifiant, la courbe qui correspond à l'évolution du pH du mélange contenant la solution de chlorure d'hydrogène.  
 2°/ Déterminer graphiquement :  
 a- le pH initial de la solution de chlorure d'hydrogène. En déduire la valeur de la concentration C<sub>1</sub>.  
 b- La valeur de la concentration C<sub>2</sub>.  
 3°/ a- Dire, en le justifiant si l'acide méthanoïque est faible ou fort.  
 b- Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au cours de l'addition de la solution (S<sub>0</sub>) sur la solution de l'acide méthanoïque.  
 c- Déterminer graphiquement la valeur pH<sub>é</sub> à l'équivalence. En déduire caractères de la solution et le justifier qualitativement.

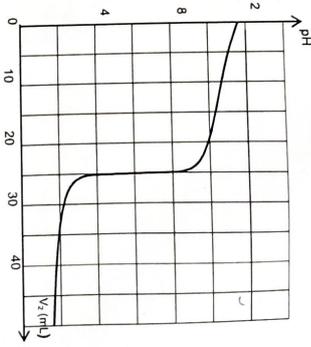


4°/ a- Montrer qu'à la demi-équivalence le pH du mélange réactionnel est égal au pK<sub>a</sub> du couple HCOOH/HCOO<sup>-</sup>. En déduire la valeur du pK<sub>a</sub> de ce couple.  
 b- Calculer par deux méthodes différentes la concentration C<sub>2</sub>.  
 5°/ On prépare une solution (S) en mélangeant une quantité de volume V<sub>2</sub> = 20 mL de la solution de l'acide méthanoïque et une autre quantité d'eau pure de volume V<sub>e</sub>. En dosant la solution (S) par la solution (S<sub>0</sub>), on constate que la valeur du pH à l'équivalence diffère de 0,35 de la valeur pH<sub>é</sub> obtenue dans la question 3.c.  
 a- Montrer que la valeur du volume de la solution (S<sub>0</sub>) ajoutée à l'équivalence reste inchangée.

b- Indiquer si la variation 0,35 du pH à l'équivalence est une diminution ou une augmentation.  
 c- Déterminer la valeur du volume V<sub>e</sub>.

**Exercice :3**

On dissout une quantité de méthylamine CH<sub>3</sub>-NH<sub>2</sub> dans l'eau pure pour obtenir une solution (S<sub>1</sub>) de volume V = 500 mL. A un échantillon de volume V<sub>1</sub> = 50 mL de la solution (S<sub>1</sub>), contenu dans un béccher, on ajoute progressivement une solution (S<sub>2</sub>) d'acide chlorhydrique de concentration C<sub>2</sub> = 0,1 mol.L<sup>-1</sup>. A l'aide d'un pH-mètre, on suit l'évolution du pH du contenu du béccher, en fonction du volume V<sub>2</sub> de la solution (S<sub>2</sub>) versée progressivement. On obtient la courbe de la figure ci-contre.  
 1°/ Montrer graphiquement que la méthylamine est une base faible.  
 2°/ a- Déterminer graphiquement le point d'équivalence.  
 b- Déduire le caractère de la solution obtenue à l'équivalence. Interpréter qualitativement ce caractère.  
 3°/ a- Calculer la valeur de la concentration molaire C<sub>1</sub> de la solution (S<sub>1</sub>).  
 b- Déduire la valeur de la masse m de méthylamine utilisée pour préparer la solution (S<sub>1</sub>). On donne : M(CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>) = 31 g.mol<sup>-1</sup>.  
 4°/ Déterminer par trois méthodes différentes la valeur du pK<sub>a</sub> du couple CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub><sup>+</sup>/CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub>.  
 5°/ On dispose des trois indicateurs colorés dont les zones de virage sont consignées dans le tableau ci-contre et l'on désire effectuer en présence de l'un d'eux, le dosage de la solution (S<sub>1</sub>) par la solution (S<sub>2</sub>). Identifier, l'indicateur le mieux approprié pour ce dosage.

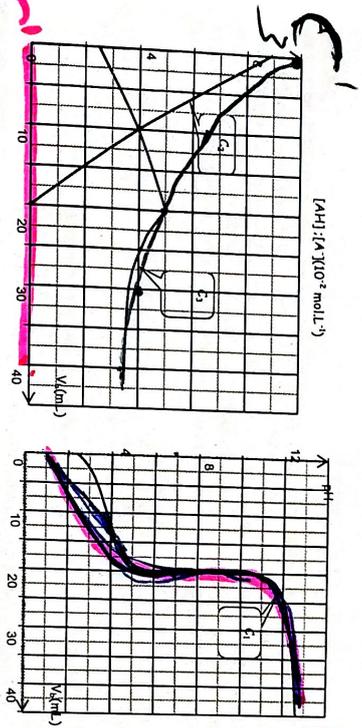


Indicateur coloré	Hélianthine	Rouge chlorophénol	Phénolphthaléine
Zone de virage	de 3,1-4,4	5,1-6,8	8-10

**Exercice :4**

A l'aide d'un logiciel, on simule l'addition progressive d'une solution (S<sub>0</sub>) d'hydroxyde de sodium NaOH, à une solution (S<sub>1</sub>) d'un acide faible AH, de concentration C<sub>1</sub> = 10<sup>-1</sup> mol.L<sup>-1</sup> et de volume V<sub>1</sub> = 20 mL. Cette simulation permet de tracer les courbes (C<sub>1</sub>), (C<sub>2</sub>) et (C<sub>3</sub>) de la figure ci-contre. La courbe (C<sub>1</sub>) représente l'évolution du pH du mélange obtenu, en fonction du volume V<sub>0</sub> de la solution (S<sub>0</sub>) versée. Les courbes (C<sub>2</sub>) et (C<sub>3</sub>) représentent l'évolution en fonction du volume V<sub>0</sub> des concentrations des espèces AH et A<sup>-</sup> dans le mélange.  
 1°/ Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au cours de l'addition progressive de la solution (S<sub>0</sub>).  
 2°/ Identifier, en le justifiant, l'espèce chimique qui correspond à chacune des courbes (C<sub>2</sub>) et (C<sub>3</sub>).  
 3°/ Déterminer graphiquement la valeur du pK<sub>a</sub> du couple AH/A<sup>-</sup>.  
 4°/ Tracer sur les mêmes figures les courbes (C'<sub>1</sub>), (C'<sub>2</sub>) et (C'<sub>3</sub>) que donne la simulation si l'acide AH était fort.





**Exercice 5:**

On dispose de deux solutions aqueuses, l'une de chlorure d'hydrogène (HCl acide fort) de concentration molaire  $C_a$  et l'autre d'acide méthanoïque (HCOOH) de concentration molaire  $C_b$ .  $C_a$  et  $C_b$  sont inconnues.

On dose séparément, un volume  $V = 20$  mL de chacune des deux solutions par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire  $C_b$ . Au cours du dosage, on suit à l'aide d'un pH-mètre l'évolution de pH du milieu réactionnel en fonction du volume  $V_b$  de la solution d'hydroxyde de sodium versé. On obtient les courbes (1) et (2) suivantes :

1°/a-Dire en le justifiant laquelle des deux courbes qui correspond au dosage de la solution de chlorure d'hydrogène.

b-Déterminer graphiquement :

\*Le pH initial de la solution de chlorure d'hydrogène. Calculer  $C_a$ .

\*Les coordonnées du point d'équivalence correspondant au dosage du chlorure d'hydrogène. Calculer la concentration  $C_b$ .

2°/a-L'acide méthanoïque est-il faible ou fort ? Justifier la réponse.

b-Ecrire l'équation de la réaction qui se produit au cours de son dosage. Dresser le tableau d'avancement de cette réaction au point d'équivalence. Justifier le caractère de la solution à l'équivalence.

3°/Dresser le tableau d'avancement de cette réaction au point de demi-équivalence et Montre qu'à la demi-équivalence le pH du mélange réactionnel est égal au  $pK_a$  du couple HCOOH/HCOO<sup>-</sup>. Déduire de la courbe la valeur du  $pK_a$  de ce couple.

b-Calculer par deux méthodes différentes la concentration  $C_a$  de l'acide méthanoïque.

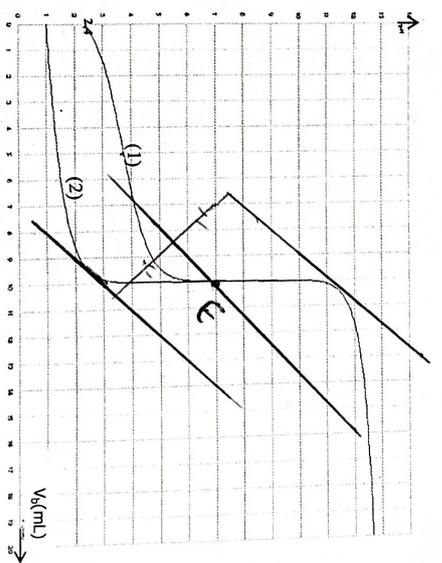
4°/Pour permettre la bonne immersion de l'électrode du pH-mètre dans le mélange réactionnel on ajoute 50 mL d'eau pure à 20 mL d'acide méthanoïque contenu dans le bécher et on refait le dosage.

a- Préciser en le justifiant l'effet de cette dilution sur les valeurs relatives au :

\*Volume de la solution basique ajoutée pour atteindre l'équivalence.

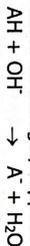
\*pH du mélange réactionnel à la demi-équivalence.

b-Monter que le pH du mélange réactionnel à l'équivalence est donné par la relation suivante :  $pH = \frac{1}{2}(pK_a + pK_e + \log C)$ , On donnera l'expression de  $C$ ,  $C$  étant la concentration de l'ion HCOO<sup>-</sup> à l'équivalence et  $K_a$  la constante d'acidité du couple HCOOH/HCOO<sup>-</sup>. Calculer la valeur de pH à l'équivalence à la suite de cette dilution.



**Exercice 5:**

Dans un examen de travaux pratiques, un groupe de trois élèves est chargé d'effectuer le dosage d'un volume  $V_a = 20$  mL d'une solution d'acide acétique CH<sub>3</sub>COOH (  $pK_a = 4,8$  et  $C_a = 0,1$  mol/L ) puis même volume d'acide méthanoïque HCOOH (  $pK_a = 3,8$  et  $C_a = 0,1$  mol/L ). Pour ces deux dosages utilise la même solution aqueuse d'hydroxyde de sodium NaOH, base forte de concentration  $C_b = 0,1$  mol/L<sup>-1</sup>. Sur la figure suivante sont portées les deux courbes de dosage où la courbe (1) correspond au dosage de CH<sub>3</sub>COOH et la courbe (2) pour HCOOH. Désignons par AH l'un des deux acides faibles. L'équation de la réaction chimique au cours du dosage, supposé total, est :



Le pH du mélange réactionnel à l'équivalence peut être donné par la relation suivante :

$$pH = \frac{1}{2}(pK_a + pK_e + \log C) ; C \text{ étant la concentration de la base } A^- \text{ et } K_a \text{ la constante d'acidité de son acide conjugué } AH.$$

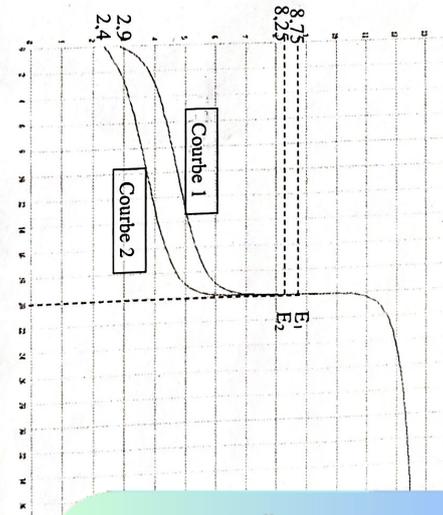
1°/L'exploitation des résultats des mesures effectuées au cours des deux dosages a été abordé différemment par les trois candidats et ce dans le but de classer les deux acides étudiés par force croissante.

a-Le premier élève a comparé les pH des deux solutions acides avant l'ajout de la base.

b-Le second s'est intéressé aux valeurs des pH à la demi-équivalence.

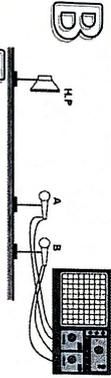
c-Le troisième a étudié les valeurs des pH à l'équivalence.

Donner la classification obtenue par chaque candidat en justifiant à chaque fois la démarche utilisée.

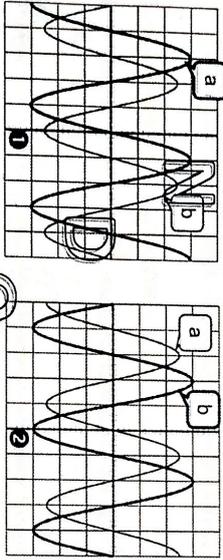


**Exercice 2**

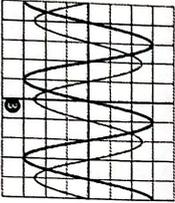
Deux microphones A et B, sont placés dans l'axe d'un haut-parleur émettant un son sinusoïdal. Ces microphones A et B, sont reliés respectivement aux voies  $Y_1$  et  $Y_2$  d'un oscilloscope. La sensibilité horizontale de l'oscilloscope est  $0,2 \text{ ms div}^{-1}$  et les deux voies ont la même sensibilité verticale. Les deux microphones étant initialement à la même distance du haut-parleur, on éloigne B en maintenant le haut-parleur et les microphones alignés (figure ci-contre).



1. Parmi les figures 1 et 2 ci-dessous, identifier en justifiant celle qui correspond à la situation décrite.



- 2- Calculer la fréquence  $N$  de l'onde sonore. Préciser si ce son est audible ou non.
  - 3- Déterminer graphiquement la célérité  $V$  des ondes sonores sachant que la distance  $AB$  correspondant à la figure identifiée est égale à  $7 \text{ cm}$ .
  - 4- On continue d'éloigner le microphone B. Déterminer la valeur de la distance  $AB$  pour laquelle les signaux sont de nouveau en phase pour la première fois.
  - 5- Représenter les oscillogrammes obtenus pour la distance  $AB = 14 \text{ cm}$ .
  - 6- On élimine le microphone B et on place le microphone A à une distance  $d$  du haut-parleur qu'on relie à la voie  $Y_2$  de l'oscilloscope. On obtient sur l'écran les courbes de la figure 3
- a- Exprimer le temps  $t$  mis par l'onde sonore pour atteindre le microphone A, en fonction de  $N$  et du décalage horaire  $\theta$  entre les deux courbes de la figure 3;
- b- Sachant que la distance  $d$  est comprise entre  $50$  et  $70 \text{ cm}$ , déterminer sa valeur.



**A**

## Les ondes sonores

### Définition

Une onde sonore est une propagation de proche en proche d'une suite de compression-dilatation du milieu matériel.

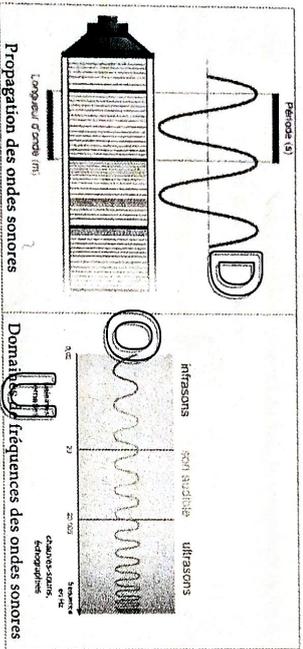
### Production d'une onde sonore

On branche un GBF qui impose une tension sinusoïdale de fréquence  $N$  aux bornes d'un haut-parleur, celui-ci émet une onde sonore de même fréquence  $N$  qui se propage dans l'air.

En face du haut-parleur, à une distance  $d$ , on place un microphone relié à un oscilloscope. On observe sur l'écran de l'oscilloscope une tension sinusoïdale de même fréquence  $N$ .

L'onde sonore issue du haut-parleur s'est propagée dans l'air et a atteint le microphone.

Il s'agit d'une onde longitudinale. Les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide. Ce sont des ondes mécaniques.

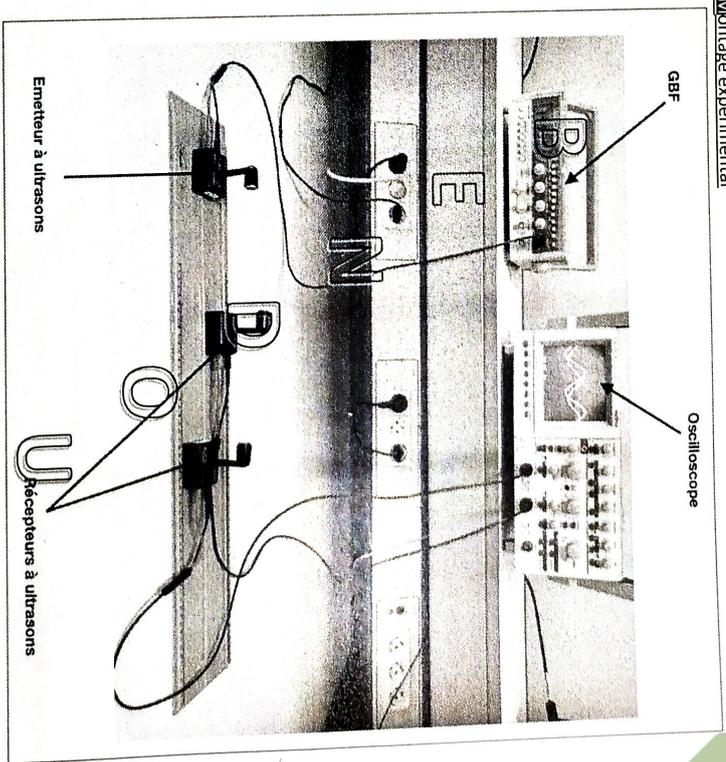


### Mesure de la célérité des ultrasons dans l'air

**Contexte** Les ondes ultrasonores sont utilisées par certains animaux pour percevoir leur environnement (echolocation). C'est le cas des chauve-souris. En médecine, les ultrasons sont utilisés en imagerie médicale et aussi pour réaliser des examens vasculaires. Ces examens permettent de mesurer le débit sanguin de façon indolore pour le patient. L'oreille humaine perçoit les sons dont les fréquences sont comprises entre 20 Hz et 20000 Hz environ. Les ultrasons sont des ondes sonores inaudibles pour l'oreille humaine. La fréquence des ultrasons est comprise entre 20000 Hz. Un émetteur d'ultrasons émet une onde ultrasonore qui reproduit fidèlement la tension électrique appliquée à ses bornes. Un récepteur ultrasonore transforme l'onde ultrasonore, à l'endroit où il est situé, en une tension électrique qui reproduit fidèlement l'onde ultrasonore. Quelles sont les principales caractéristiques des ondes ultrasonores ? Comment les mesurer au laboratoire ? Avec quelle précision ?

### Mesure expérimentale de la célérité d'une onde sonore

#### 1- Montage expérimental



#### 2- Protocole expérimental

On règle le GBF sur une tension sinusoïdale de fréquence  $N = 40$  KHz et d'amplitude 4V. On relie l'émetteur ultrasons (Haut-parleur) à la sortie du GBF (output).

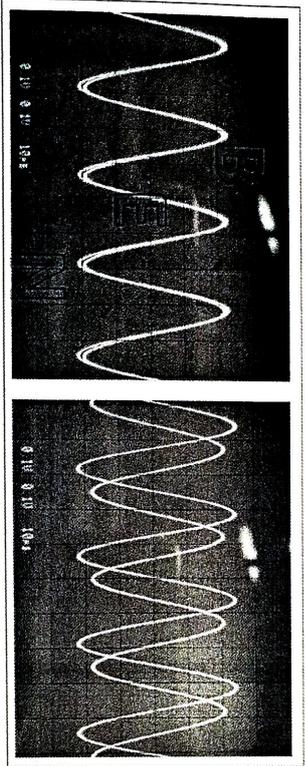
On relie les 2 microphones (récepteurs ultrasons) à la voie 1 et à la voie 2 de l'oscilloscope et on effectue les réglages nécessaires sur l'oscilloscope en choisissant la même sensibilité verticale pour les deux voies.

On dispose les deux micros côte à côte de manière à observer les deux signaux en phase. Deux signaux sont en phase s'ils ont le même aspect à chaque instant (maximum au même instant).

On laisse un des deux micros en place et on déplace lentement le deuxième micro jusqu'à retrouver les deux courbes en phase, on a alors déplacé le deuxième micro d'une

longueur d'onde  $\lambda$ . La longueur d'onde  $\lambda$  (ou période spatiale) est la distance parcourue par l'onde pendant une période T.

Exemples de signaux observés à l'oscilloscope



### 3- Mesure et calcul de la célérité de l'onde sonore.

Pour  $N=40\text{KHz}$ , on obtient :  $\lambda=8,5 \cdot 10^{-3}\text{m}$ . La célérité de l'onde sonore est égale à :

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda N = 8,5 \cdot 10^{-3} \times 40 \cdot 10^3 = 340\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$$

### 4- Exploitation

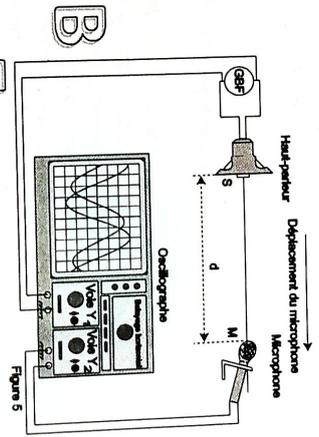
- Pourquoi l'amplitude du signal du 1<sup>er</sup> micro est inférieure à l'amplitude du signal du 2<sup>ème</sup> micro ?

Il y a dilution de l'énergie lors de la propagation de l'onde. L'amplitude du signal est d'autant plus petite que la distance au haut-parleur est grande. Soit d la distance qui sépare les deux micros et  $\Delta\phi$  le déphasage entre les tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  des micros 1 et 2.

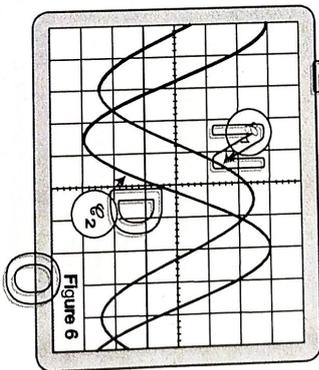
d	$\frac{\lambda}{4}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{4}$	$\lambda$	$\frac{5\lambda}{4}$	$\frac{3\lambda}{2}$	$\frac{7\lambda}{4}$	$2\lambda$
$\Delta\phi(\text{rad})$	0	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	0	$\frac{3\pi}{2}$	$2\pi$	$\frac{5\pi}{2}$	0

### Exercice 1

Un haut-parleur est mis en vibration à l'aide d'un GBF réglé sur la fréquence  $N = 1,43 \text{ KHz}$ . Un microphone placé à une distance d du haut-parleur est relié à la voie Y<sub>2</sub> de l'oscilloscope, la voie Y<sub>1</sub> étant reliée au GBF comme le montre la figure 5.



On observe sur l'écran de l'oscilloscope les courbes de la figure 6.



### 1- Déterminer :

- a- La sensibilité horizontale de l'oscilloscope.
- b- Le décalage horaire  $\Delta t$  (en s) entre les deux courbes.
- c- Exprimer le temps  $\theta$  mis par l'onde sonore pour atteindre le microphone en fonction du décalage horaire  $\Delta t$  et de la fréquence N. Déduire sa valeur pour la 2<sup>ème</sup> fois.
- 2- a- Les deux voies ont la même sensibilité : 100 mV/div. Pourquoi ces amplitudes sont-elles différentes ? Identifier les courbes (c<sub>1</sub>) et (c<sub>2</sub>).
- b- Déterminer les amplitudes des deux tensions  $u_1(t)$  et  $u_2(t)$  respectivement aux bornes du haut-parleur et du microphone M.
- 3- On augmente progressivement la distance entre le microphone et le haut-parleur. Pour deux positions successives repérées par d<sub>1</sub> et d<sub>2</sub> telles que d<sub>2</sub> - d<sub>1</sub> = 24 cm, on obtient deux courbes en phase. En déduire la longueur d'onde  $\lambda$ , et la célérité v du son.
- 4- Sachant que la distance d est comprise entre 40 cm et 60 cm, déterminer la valeur exacte de la distance d.



**Exercice n°1 :**

Un vibreur muni d'une plaque rectangulaire, de fréquence  $N$  réglable, excite la surface libre de l'eau d'une cuve à onde. Ainsi, une onde mécanique plane prend naissance et se propage à la surface de l'eau.

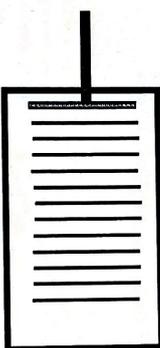
Les lignes de crêtes, qui correspondent à l'ensemble des points dont l'élongation est maximale, sont schématisées par des traits pleins.

1. Pour deux fréquences différentes, on a réalisé les deux expériences (1) et (2). Les documents (1) et (2) sont les résultats de ces deux expériences. L'échelle est  $1/5^e$

Document (1) :  $N_1=15\text{Hz}$

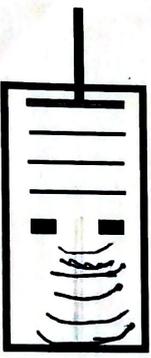


Document (2) :  $N_2=30\text{Hz}$

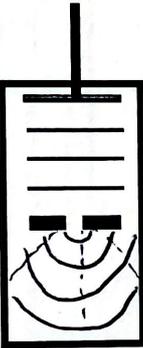


- Déterminer les longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  correspondantes à chacune des deux expériences.
  - Calculer les célérités  $v_1$  et  $v_2$  dans chaque cas.
  - L'eau est-il un milieu dispersif pour ces ondes ? Justifier.
2. On reprend l'expérience (1) mais on place sur le trajet des ondes incidentes un obstacle muni d'une ouverture de largeur  $a$  réglable. Les deux expériences, représentées sur les documents (3) et (4), ont été réalisées en faisant modifier seulement la largeur de l'ouverture  $a$ .
- Schématiser pour chaque expérience, l'onde qui se propage au delà de l'ouverture sur les documents (3) et (4).
  - Quel est le nom du phénomène observé ?
  - Indiquer dans quel cas (document 3 ou 4), ce phénomène est le plus marqué ?

Document (3)



Document (4)

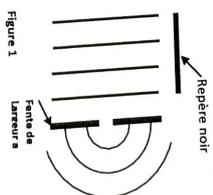


**Exercice n°2 :**  
On réalise au laboratoire les deux expériences suivantes :

**Expérience n°1 :**

A l'aide d'une réglette (R) qui affleure la surface d'eau d'une cuve à onde et qui est animé d'un mouvement sinusoidal perpendiculaire à cette surface, on produit des ondes rectilignes périodique de période  $T=25\text{ms}$ . Les ondes se propagent à la surface d'eau avec la célérité constante  $v=0,20\text{m.s}^{-1}$ , elles traversent une fente de largeur  $a$  de même ordre de grandeur que la longueur d'onde  $\lambda$ .

Le phénomène observé à la surface d'eau est représenté sur le schéma de la figure 1. Ces ondes sont-elles longitudinales ou transversales ? Justifier.



b. Nommer le phénomène observé.

c. Exprimer la longueur d'onde  $\lambda$  en fonction de  $v$  et  $T$ . Calculer la valeur de  $\lambda$ .

d. Sachant que la longueur du repère noir est  $L=15\text{mm}$ . Vérifier que la valeur expérimentale  $\lambda_{\text{exp}}$  de la longueur d'onde correspond bien à la valeur calculée à la question précédente.

**Expérience n°2 :**

On éclaire une fente de largeur  $\ell$  très petit, par un laser émettant une lumière de longueur d'onde dans le vide  $\lambda_0=411\text{nm}$ . On obtient sur un écran situé à une distance  $D$  de la fente des taches lumineuses résultant de la diffraction de la lumière. La célérité de la lumière dans le vide  $c=3.10^8\text{m.s}^{-1}$ .

1. En procédant à une analogie entre les résultats obtenus dans les expériences n°1 et n°2, justifier l'aspect ondulatoire de la lumière.

2. La lumière émise par le laser est-elle mono ou poly chromatique ? Justifier.

3. a. Donner la relation entre  $\lambda_0$ ,  $\ell$  et l'écart angulaire  $\theta$  du faisceau diffracté.

b. Etablir la relation  $\lambda_0 = \frac{d}{\theta}$

c. Calculer  $\ell$  pour les conditions expérimentales suivantes :  $\lambda_0=411\text{nm}$ ,  $D=20\text{cm}$  et  $d=1\text{cm}$ .

**Exercice n°3 :**

On réalise une expérience en utilisant un laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , une fente de largeur  $a$  réglable et un écran blanc  $c$  comme le montre le schéma (figure 1). Une étude expérimentale conduit aux résultats suivants :

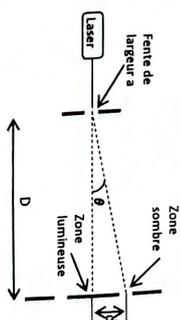
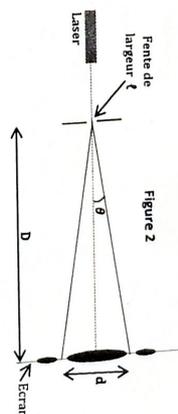
- La largeur de la fente  $a=0,2\text{mm}$ .
- La distance de la fente à l'écran :  $D=2\text{m}$ .
- La largeur de la tache centrale :  $2d=12,6\text{mm}$ .

1/a. Quelle est le nom du phénomène observé ?

b. Justifier la nature ondulatoire de la lumière.

2/a. Donner la relation entre l'angle  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$ .

b. Etablir l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $a$ ,  $D$  et  $d$ . Calculer  $\lambda$ .



## INTERACTION ONDE-MATIÈRE

### Exercice 1

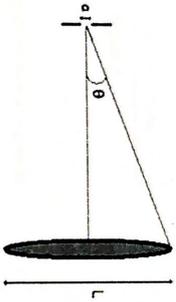
Des ondes rectilignes sont créées à la surface d'une cuve par un vibreur de fréquence 5 Hz : un obstacle présentant une ouverture de même dimension que la longueur d'onde est positionné sur le trajet de l'onde.

- 1) Quel phénomène est observé ? Donner sa définition.
- 2) Calculer la longueur d'onde sachant que la célérité est de  $15 \text{ cm s}^{-1}$ .
- 3) Tracer la nouvelle allure de la figure de diffraction si on double la largeur de la fente.
- 4) Quelle est la fréquence de l'onde après le passage de celle-ci par l'ouverture ?
- 5) A 10 Hz, la célérité vaut  $20 \text{ cm s}^{-1}$  à 15 Hz elle vaut  $23 \text{ cm s}^{-1}$  et à 20 Hz,  $25 \text{ cm s}^{-1}$ .  
a) Que remarque-t-on ?  
b) Que peut-on en conclure ?



### Exercice 2

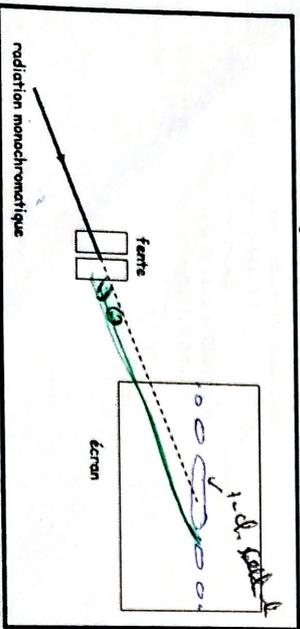
Un faisceau de lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ , éclaire une fente fine rectangulaire de longueur réglable  $a$ , sur un écran E placé à une distance  $D = 3 \text{ m}$  de la fente, on observe une figure de diffraction. On fait varier la largeur  $a$  de la fente et on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale de la figure de diffraction.



Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant :

$a(\text{mm})$	0,10	0,14	0,20	0,25
$L(\text{mm})$	31,5	22,5	16,0	12,5

1°/ Décrire brièvement la figure de diffraction formée sur un écran E.



2°/ Tracer la courbe  $L$  en fonction de  $1/a$  et calculer la pente de la courbe obtenue.

3°/ Montrer que la longueur d'onde  $\lambda$ , peut s'exprimer par  $\lambda = \frac{aL}{2D}$  sachant que l'on a la relation  $\theta = \frac{\lambda}{a}$ .

4°/ Déterminer la valeur de la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière utilisée.

5°/ En remplaçant la fente par un cheveu de diamètre  $d$ , la largeur de la tache centrale qui se forme sur l'écran devient  $L' = 1,5 \text{ cm}$ . Calculer le diamètre du cheveu.

1

### Exercice 3

On réalise une expérience de diffraction à l'aide d'une source laser émettant une lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ . Figure 2.

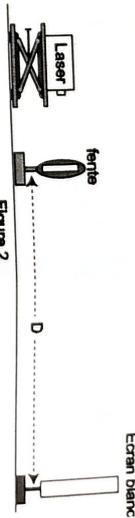


Figure 2

A quelques centimètres de la source laser, on place successivement des fentes de largeur ( $a$ ) connue. La figure 6 de diffraction obtenue est observée sur un écran blanc situé à une distance  $D = 1,5 \text{ m}$  de la fente. Pour chacune des fentes, on mesure la largeur  $L$  de la tache centrale. A partir de ces mesures et des données, il est possible de calculer l'écart angulaire  $\theta$  (exprimé en radian) du faisceau diffracté. Figure 3.

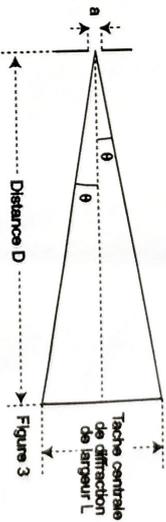
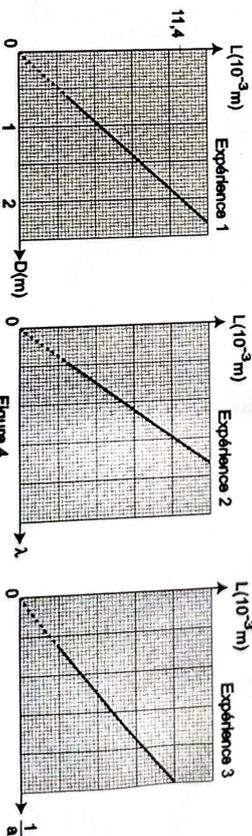


Figure 3

1°/  $L$ , angle  $\theta$  étant petit, déterminer la relation entre  $L$ ,  $D$  et  $\theta$ .

2°/ On se propose, maintenant, de déterminer expérimentalement la variation de la largeur  $L$  en fonction des variables  $D$ ,  $\lambda$  et  $\frac{1}{a}$ . On obtient les résultats suivants : Figures 4.



Pour chaque expérience, lorsqu'on fait varier un paramètre, les autres sont maintenus constants. Pour l'expérience 1, on prend :  $\lambda_1 = 570 \text{ nm}$  ;  $a = 200 \mu\text{m}$ .

2

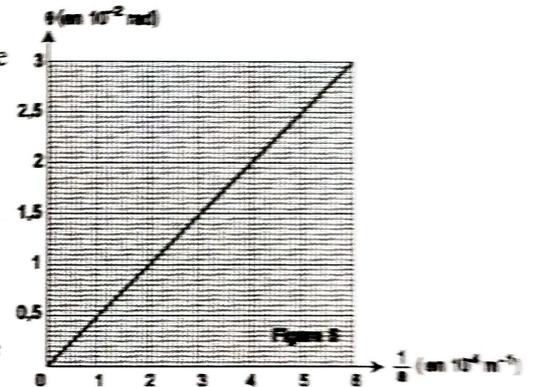
a) En exploitant les résultats expérimentaux, montrer que

$$l'on peut écrire  $L = k \cdot \frac{\lambda_1 D}{a}$$$

où  $k$  est une constante que l'on calculera.

b) En utilisant les résultats des questions 1°/ et 2°/a), en déduire une relation entre  $\theta$ ,  $\lambda$  et  $a$ .

c) On trace la courbe  $\theta = f\left(\frac{1}{a}\right)$ . Celle-ci est donnée sur la figure 5. Déterminer la longueur d'onde  $\lambda_2$  de la lumière monochromatique utilisée.



3°/ a) Calculer la largeur  $a$  de la fente utilisée qui correspond à la figure de diffraction de la lumière monochromatique de longueur d'onde  $\lambda_2$ . (Figure 6).

b) Quel aspect concernant la lumière est mis en évidence par cette expérience ?

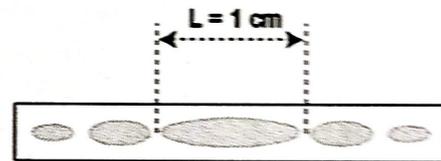


Figure 6

#### Exercice 4

Un faisceau de lumière, monochromatique, de longueur d'onde  $\lambda$  traverse un prisme d'indice de réfraction  $n$  sous un angle d'incidence  $i$ .

1°) Définir l'indice de réfraction d'un milieu transparent.

2°) Rappeler les lois qui permettent de tracer la marche du faisceau émergent.

3°) Reproduire le schéma de la figure ci-dessous et y tracer la marche du faisceau émergent.

4°) Qu'observe-t-on sur un écran  $E$  placé sur l'autre côté du prisme ? De quel phénomène s'agit-il ?

5°) En remplaçant le faisceau de lumière monochromatique par un faisceau de lumière blanche, la figure observée précédemment sur l'écran  $E$  subit-elle un changement ?

