

## I. Les ondes sonores

- Membre d'un groupe de rock et très intéressé par la nature et la propagation du son, Julien réalise les observations suivantes :
  - Observation 1 : Aucun signal sonore ne nous parvient du Soleil alors qu'il s'y déroule en permanence de gigantesques explosions.
  - Observation 2 : Une bougie est placée devant un haut-parleur qui émet un son très grave. On constate que la flamme se rapproche et s'éloigne alternativement de la membrane du haut-parleur mais qu'elle n'oscille pas dans la direction perpendiculaire.

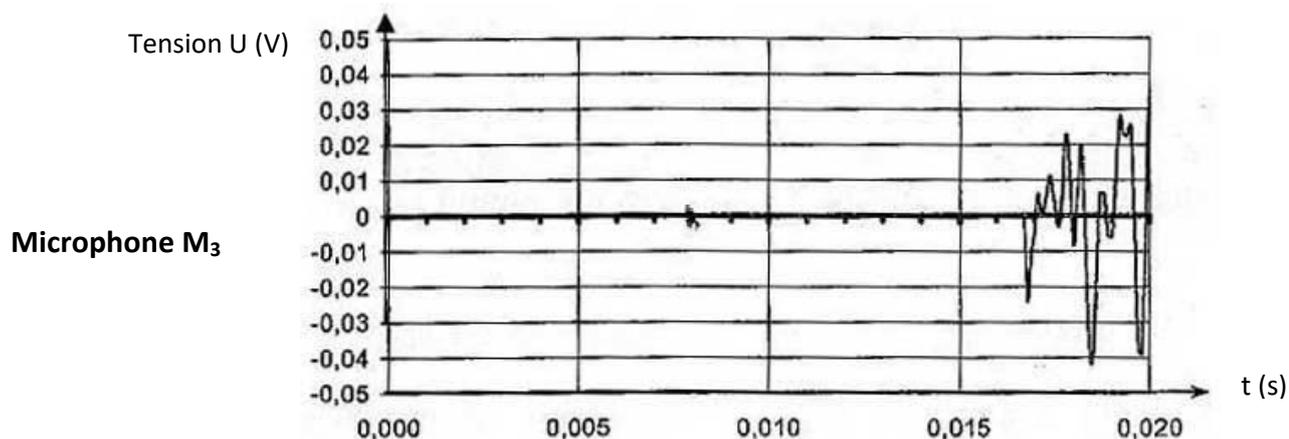
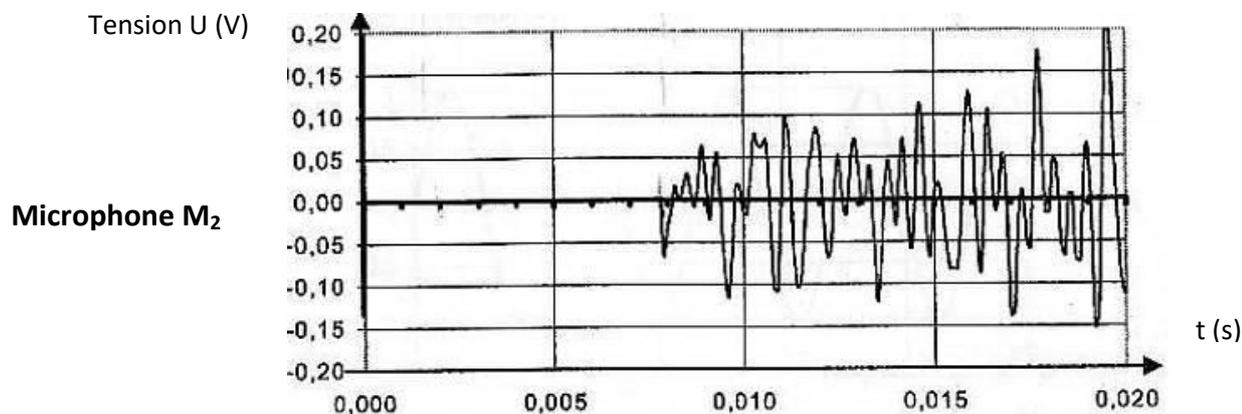
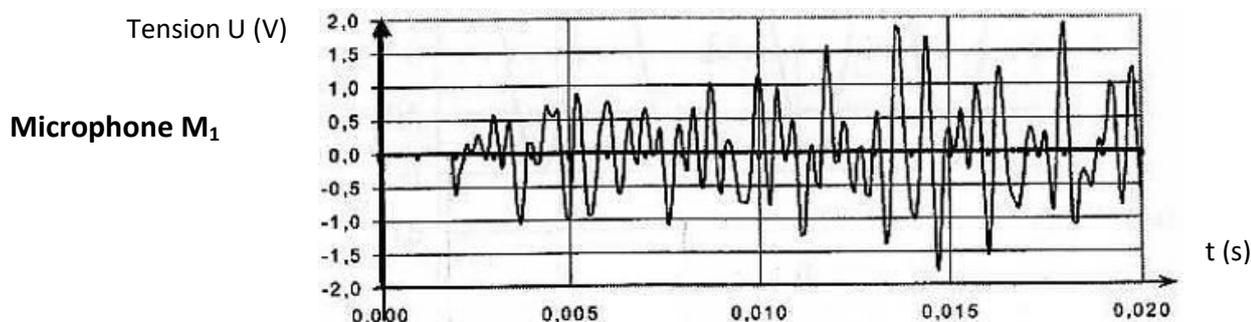
### 1. Préliminaires

1.1. Définir de la manière la plus complète possible une onde mécanique progressive.

1.2. Compléter les cases blanches du tableau de l'**annexe à rendre avec la copie** avec les expressions suivantes :  
Onde sonore, onde le long d'une corde, onde lors de la compression - dilatation d'un ressort, onde à la surface de l'eau

### 2. Célérité de l'onde sonore : première méthode

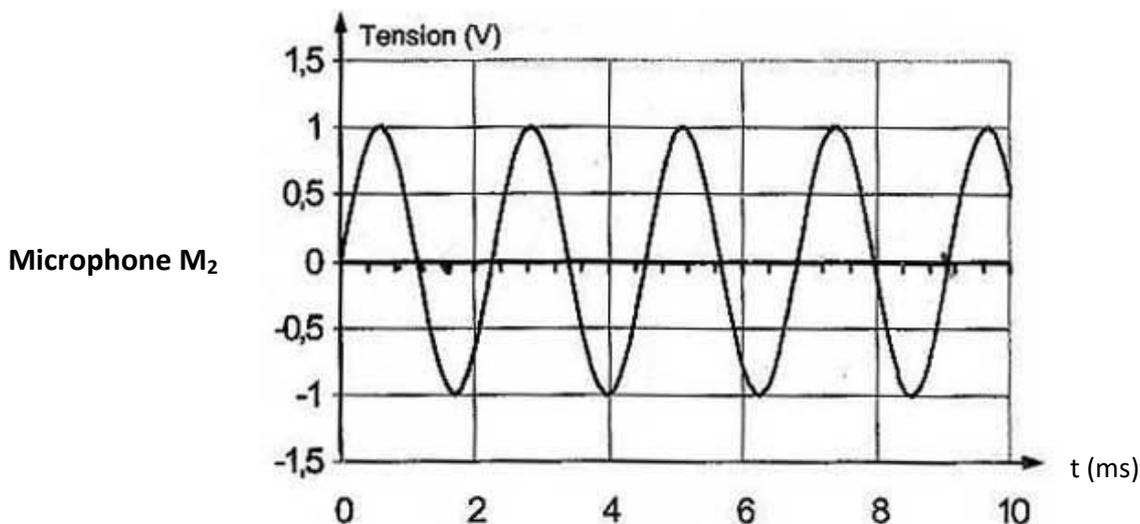
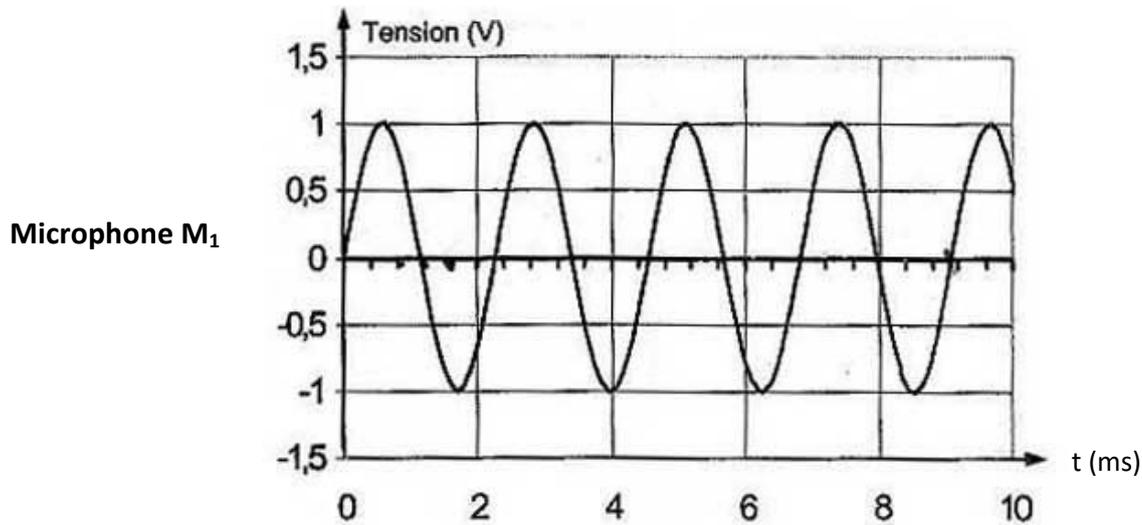
- Trois microphones  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  sont alignés de telle manière que les distances  $M_1M_2$  et  $M_2M_3$  valent respectivement 2,00 m et 3,00 m. Les signaux électriques correspondant aux sons reçus par les microphones sont enregistrés grâce à un ordinateur. Julien donne un coup de cymbale devant le premier micro  $M_1$  puis lance immédiatement l'enregistrement. La température de la pièce est de  $18^\circ\text{C}$ .
- Les courbes obtenues sont représentées ci-après.



- 2.1. Comment peut-on déterminer la célérité  $v$  de l'onde sonore à l'aide des courbes obtenues ?
- 2.2. Effectuer le calcul de la célérité de l'onde sonore pour la distance  $M_1M_2$  puis pour la distance  $M_2M_3$ .
- 2.3. Les résultats obtenus sont-ils cohérents ?

### 3. Célérité de l'onde : seconde méthode

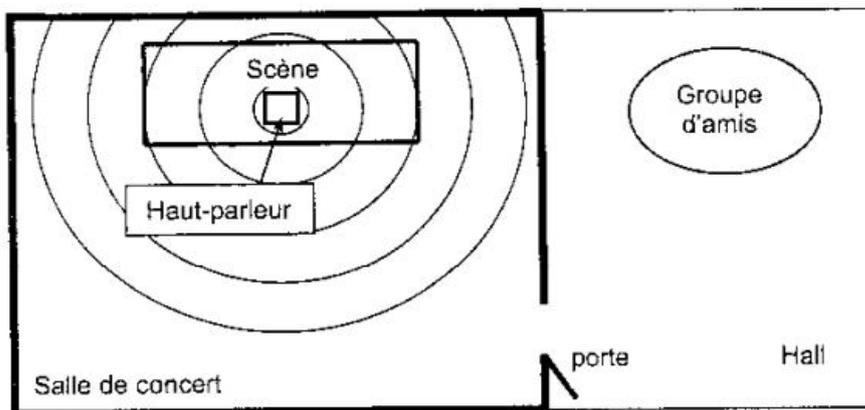
- Julien dispose maintenant les deux microphones  $M_1$  et  $M_2$  à la même distance  $d$  d'un diapason. Il obtient les courbes représentées ci-dessous. On remarque que les signaux sont en phase.



- 3.1. Déterminer la période  $T$  puis la fréquence  $f$  du son émis par le diapason.
  - Julien éloigne le microphone  $M_2$  peu à peu jusqu'à ce que les courbes soient de nouveau en phase. Il réitère l'opération jusqu'à compter cinq positions pour lesquelles les courbes sont à nouveau en phase. La distance  $D$  entre les deux microphones est alors égale à 3,86 m.
- 3.2. Pourquoi compte-t-on plusieurs retours de phase plutôt qu'un seul ?
- 3.3. Définir la longueur d'onde  $\lambda$ . Déduire sa valeur numérique de l'expérience précédente.
- 3.4. Calculer alors la célérité  $v$  de l'onde.
- 3.5. D'après les résultats expérimentaux obtenus aux questions 3.4. et 2.2, le milieu de propagation des ondes sonores est-il dispersif ?

#### 4. Autre propriété des ondes sonores.

- Lors d'un concert donné par Julien dans une salle, des amis arrivés un peu retard s'étonnent d'entendre de la musique alors qu'ils sont encore dans le hall et donc séparés de la scène par un mur très bien isolé phoniquement. Ils remarquent cependant que la porte, d'une largeur de 1,00 m, est ouverte. La situation est représentée sur le schéma ci-dessous.



- 4.1. Quel phénomène physique permet d'expliquer l'observation faite par les amis de Julien ?
- 4.2. Les amis de Julien ont-ils entendu préférentiellement dans le hall des sons graves ( $f = 100 \text{ Hz}$ ) ou des sons très aigus ( $f = 10000 \text{ Hz}$ ) ? Justifier la réponse en calculant les longueurs d'onde correspondantes.

### Annexe Les ondes sonores

#### Question 1.2

	Ondes à une dimension	Ondes à deux dimensions	Ondes à trois dimensions
Ondes longitudinales			
Ondes transversales			

## Correction

### Les ondes sonores

#### Préliminaires

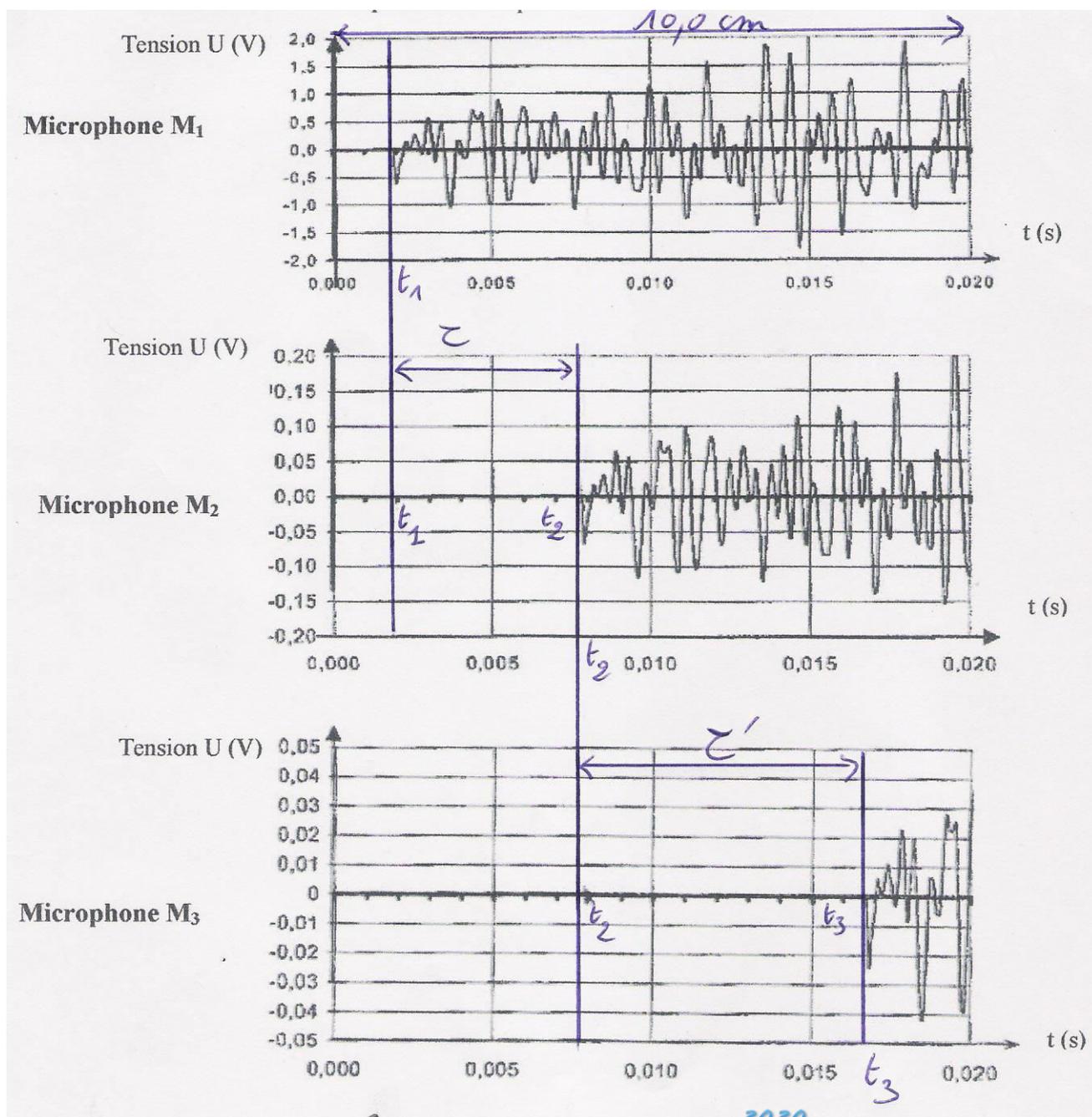
On appelle **onde mécanique** progressive, le phénomène de propagation d'une **perturbation** dans un milieu matériel sans **transport de matière**.

	Ondes à une dimension	Ondes à deux dimensions	Ondes à trois dimensions
Ondes longitudinales	Onde lors de la compression-dilatation d'un ressort		Onde sonore
Ondes transversales	Onde le long d'une corde	Onde à la surface de l'eau	

#### Célérité de l'onde sonore : première méthode

Les courbes montrent que les micros 2 et 3 captent le son de la cymbale avec du retard par rapport au micro 1. Plus le micro est loin de la cymbale, plus le son atteint le micro tardivement.

$v = \frac{d}{\tau}$  où  $v$  est la célérité,  $d$  la distance entre les deux micros considérés et  $\tau$  le retard de perception du son entre les 2 micros.



$$v = \frac{M_1 M_2}{\tau} = \frac{M_1 M_2}{t_2 - t_1} \text{ or } 10 \text{ cm} \Leftrightarrow 0,020 \text{ s}; \text{ pour } 3,0 \text{ cm} \Leftrightarrow \tau = \frac{3 \times 0,020}{10} = 0,0060 \text{ s}$$

$$v = \frac{2,00}{0,0060} = 333 \text{ m.s}^{-1} \approx 3,3 \times 10^2 = 330 \text{ m.s}^{-1} \text{ (2 chiffres significatifs car } t \text{ est donné avec 2 chiffres significatifs)}$$

$$v' = \frac{M_2 M_3}{\tau} = \frac{M_2 M_3}{t_3 - t_2} \text{ or } 10 \text{ cm} \Leftrightarrow 0,020 \text{ s}; \text{ pour } 4,5 \text{ cm} \Leftrightarrow \tau = \frac{4,5 \times 0,020}{10} = 0,0090 \text{ s}$$

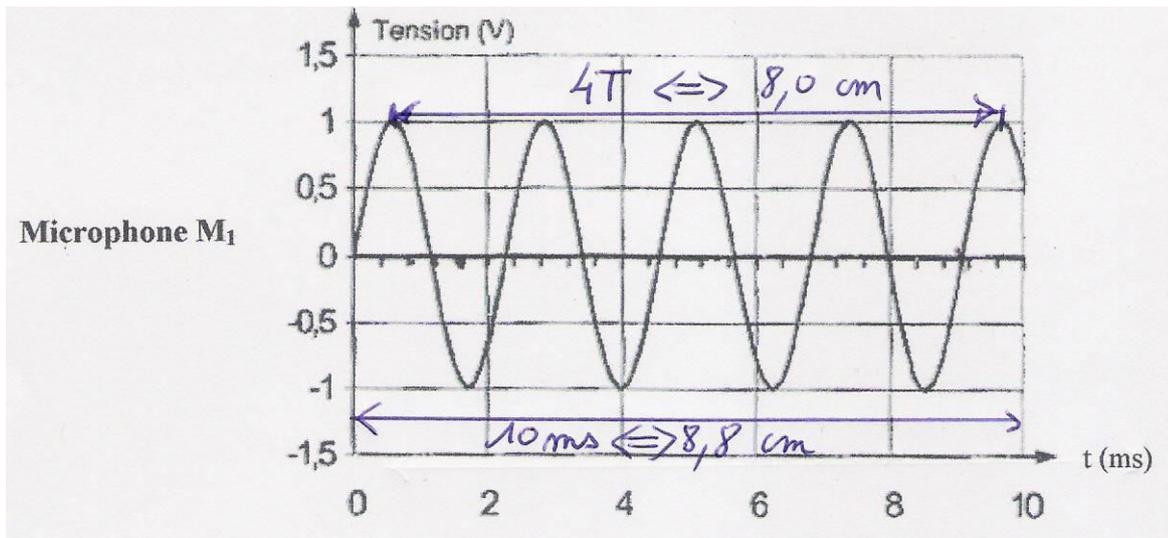
$$v' = \frac{3,00}{0,0090} \approx 330 \text{ m.s}^{-1}$$

Les résultats obtenus cohérents car les valeurs sont égales.

### Célérité de l'onde : seconde méthode

Pour plus de précisions, il faut mesurer plusieurs périodes. Ici, 4 périodes sont mesurables.

$$4T \Leftrightarrow 8,0 \text{ cm or } 10 \text{ ms} \Leftrightarrow 8,8 \text{ cm d'où } 4T = \frac{8,0 \times 10}{8,8} \text{ soit } T = \frac{8,0 \times 10}{8,8 \times 4} = 2,27 \text{ ms} \approx 2,3 \text{ ms} = 2,3 \times 10^{-3} \text{ s}$$



$$f = \frac{1}{T}; f = \frac{1}{(2,3 \times 10^{-3})} = 435 \text{ Hz (440 Hz avec la valeur non arrondie de } T)$$

Pour plusieurs retours de phase, la distance mesurée est plus grande, alors l'erreur relative sur la mesure de la distance est plus faible.

La longueur d'onde est la plus faible distance entre deux points dans le même état vibratoire.

$$D = 5 \times \lambda \text{ soit } \lambda = \frac{D}{5}; \lambda = \frac{3,86}{5} = 0,772 \text{ m}$$

$$\lambda = v \times T \text{ soit } v = \frac{\lambda}{T}; v = \frac{0,772}{2,3 \times 10^{-3}} = 336 \text{ m.s}^{-1} \approx 3,4 \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

On trouve des valeurs de la célérité du son très proches, pourtant les sons étudiés (diapason (3.4) et cymbale (2.2)) n'ont pas les mêmes fréquences. Le milieu n'est pas dispersif pour les ondes sonores.

### Autre propriété des ondes sonores.

Le son émis par le haut-parleur est diffracté par l'ouverture qu'est la porte. La diffraction permet d'expliquer l'observation des amis de Julien.

$$\lambda = \frac{v}{f} \text{ en considérant que la célérité du son dans l'air vaut } 340 \text{ m.s}^{-1}.$$

$$\text{Sons graves : } \lambda_1 = \frac{340}{100} = 3,40 \text{ m}; \text{ Sons aigus : } \lambda_2 = \frac{340}{10000} = 3,40 \times 10^{-2} \text{ m} = 3,40 \text{ cm}$$

Le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la longueur d'onde  $\lambda$  est du même ordre de grandeur de la taille de l'ouverture. La porte de largeur 1,00 m diffracte mieux les sons graves, qui sont ainsi mieux perçus par les amis de Julien.