

Ensemble ultrasons

Ref: USONSET

1. DESCRIPTION

Cet ensemble a été conçu pour permettre l'étude complète des ultrasons au lycée :

- Mesure de la longueur d'onde des ultrasons
- Mesure de la vitesse des ultrasons avec un récepteur
- Mesure de la vitesse des ultrasons avec 2 récepteurs
- Mesure de distance par télémétrie ultrasonore
- Réflexion des ultrasons
- Diffraction des ultrasons par une fente
- Interférence des ultrasons

Ce kit est constitué d'une table magnétique sur lequel on dispose un poster sérigraphié et plastifié permettant de réaliser les différentes expériences citées ci-dessus. Les émetteurs et récepteurs à ultrasons sont montés sur des cavaliers sur tige, eux même fixés sur la table à l'aide de cavaliers magnétiques munis d'index de repérage sur 3 côtés. Une fente de diffraction et un panneau réflecteur sont eux même équipés d'aimants permettant leur positionnement aisément sur la table.

2. COMPOSITION

Le kit est composé des éléments suivants :

- 1 poster recto verso de dimensions 560 x 410 mm avec d'un côté une sérigraphie permettant de réaliser la diffraction par une fente, la réflexion et les interférences, et de l'autre côté une règle simple et une double règle pour la mesure de longueur d'onde, de vitesse, ou encore de distance.
- 3 cavaliers magnétiques
- 1 fente de diffraction magnétique
- 1 écran magnétique pour étude de la réflexion

Matériel complémentaire conseillé (non fourni) :

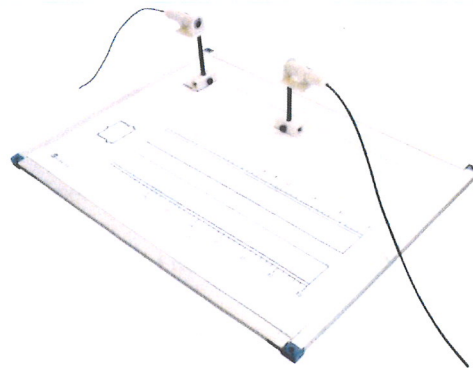
- 2 récepteurs ultrason
- 2 émetteurs ultrason
- 3 cavaliers sur tige
- 1 générateur 40 kHz
- 1 tableau magnétique inscriptible
- 1 oscilloscope numérique couleur 30 MHz

EXPERIENCES REALISABLES

a. Mesure de la longueur d'onde

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 poster ultrasons
- 1 émetteur
- 1 récepteur
- 1 générateur 40 kHz
- 2 cavaliers magnétiques
- 2 supports sur tige
- 1 oscilloscope numérique



ii. Mise en place

Positionner le poster du côté des règles simple et double comme illustré ci-dessous. On utilisera pour cette expérience la règle simple situé en haut de la feuille.

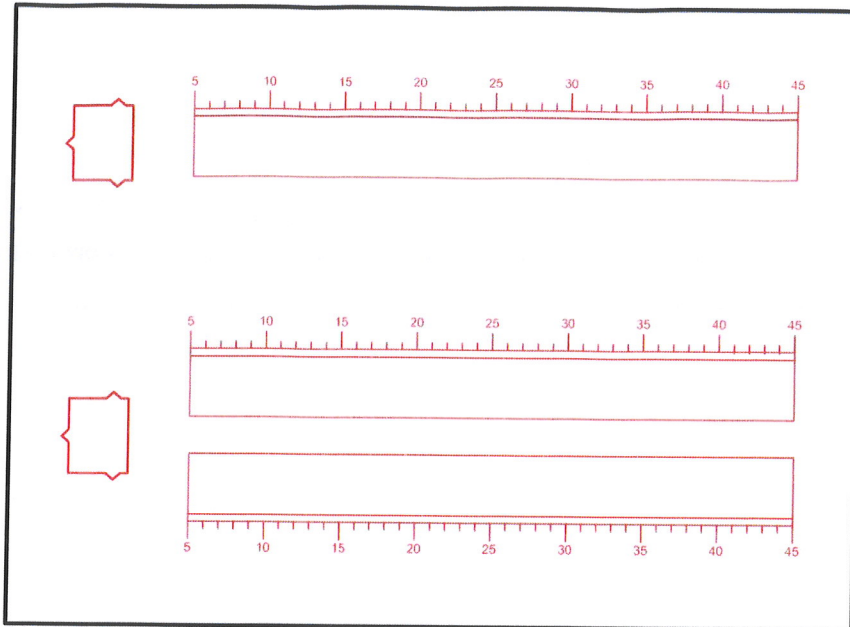


Figure 1 - Poster côté règles : permet la mesure de vitesse, de longueur d'onde, de distance, etc.

Positionner l'émetteur et le récepteur comme indiqué sur le schéma ci-dessous.

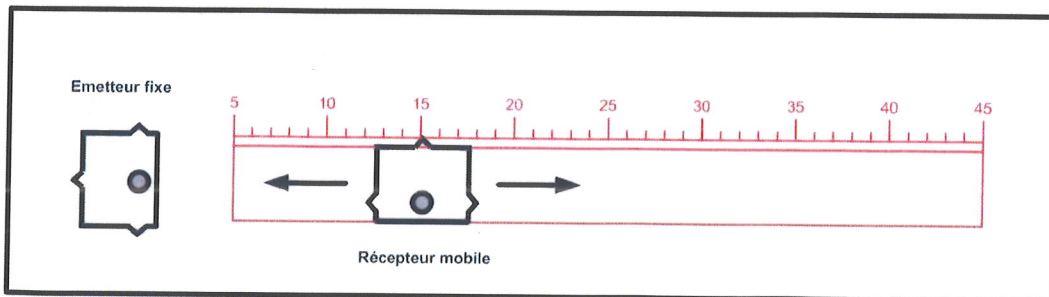


Figure 2 - Positionnement des cavaliers pour la mesure de longueur d'onde sur la règle simple. L'émetteur reste fixe. On déplace de gauche à droite le récepteur sur la règle.

iii. Protocole et mesure

On alimente l'émetteur en mode continu.

On superpose à l'oscilloscope les signaux de l'émetteur et du récepteur.

On place le récepteur sur la règle à une distance telle que les 2 signaux (émetteur et récepteur) soient en phase. On repère sur la règle la position d_1 du récepteur par rapport à l'émetteur.

On déplace vers la droite le récepteur de manière à avoir un déphasage égal à un nombre entier N de périodes. On relève la position d_2 sur récepteur par rapport à la position de l'émetteur.

La longueur d'onde λ est donnée par la relation :

$$\lambda = (d_2 - d_1) / N$$

On trouve une valeur proche de la valeur théorique, soit 8,5 mm.

Rappel théorique :

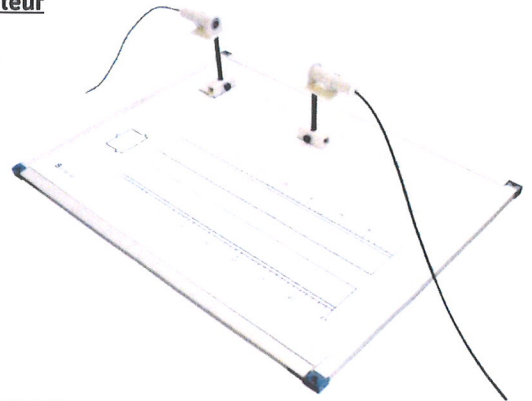
La longueur d'onde λ est égale au rapport de la vitesse V des ultrasons (340 m/s) par la fréquence f (40 kHz), soit :

$$\lambda = V / f = 340 / 40\,000 = 8,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

b. Mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air avec 1 récepteur

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 poster ultrasons
- 1 émetteur
- 1 récepteur
- 1 générateur 40 kHz
- 2 cavaliers magnétiques
- 2 supports sur tige
- 1 oscilloscope numérique



ii. Mise en place

Positionner l'émetteur et le récepteur comme indiqué sur le schéma ci-dessous.

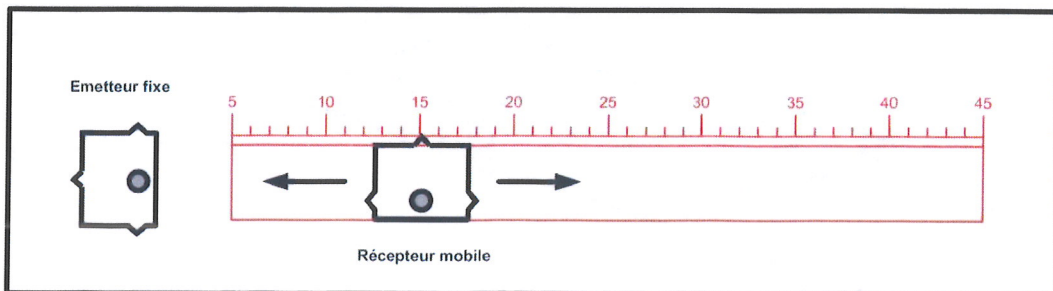


Figure 3 - Positionnement des cavaliers pour la mesure de la vitesse des ultrasons.

iii. Protocole et mesure

On utilise pour cette expérience le générateur 40 kHz en mode salves rapides.

On visualise à l'oscilloscope les salves émises par le générateur et les salves reçues par le récepteur.

L'émetteur reste statique. Seul le récepteur est déplacé.

On place le récepteur le plus loin possible, à 45 cm de l'émetteur (index du cavalier situé à la graduation 45 cm) et on règle l'amplitude de manière à avoir un signal correct.

On déplace ensuite le récepteur vers l'émetteur jusqu'à obtenir à l'oscilloscope un décalage du début des salves du récepteur de 1 ms. On relève la position d correspondant à ce décalage de 1 ms.

On en déduit ensuite la valeur de la célérité V des ultrasons dans l'air :

$$V = d / 10^{-3}$$

Rappels théoriques :

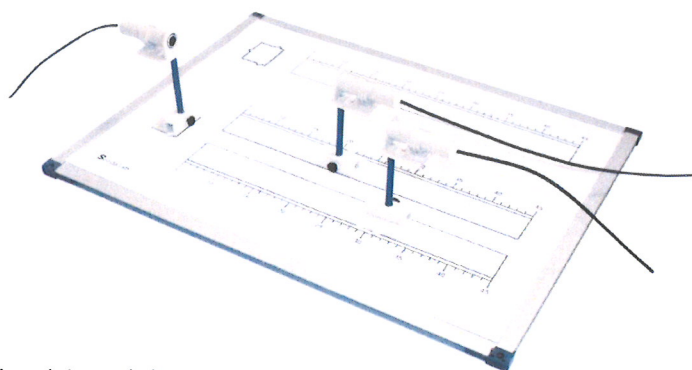
La vitesse des ultrasons dans l'air est de 340 m.s^{-1}

Ceci équivaut à une distance parcourue de 34 cm en 1 ms.

c. Mesure de la vitesse des ultrasons avec 2 récepteurs

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 poster ultrasons
- 1 émetteur
- 2 récepteurs (1 en option)
- 1 générateur 40 kHz
- 3 cavaliers magnétiques (1 en option)
- 3 supports sur tige (1 en option)
- 1 oscilloscope numérique



ii. Mise en place

Positionner l'émetteur et les 2 récepteurs comme indiqué sur le schéma ci-dessous.

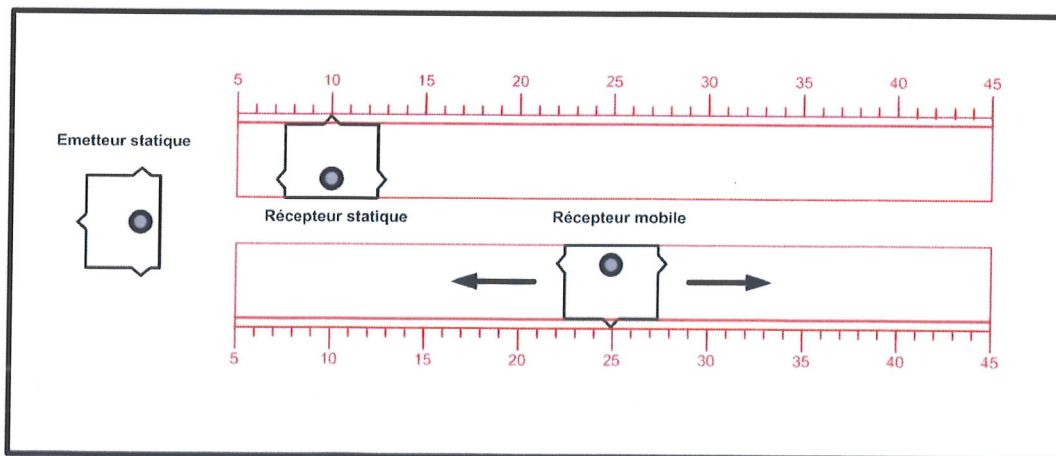


Figure 4 - Positionnement des cavaliers pour la mesure de la vitesse des ultrasons à l'aide de 2 récepteurs.

iii. Protocole et mesure

On utilise pour cette expérience le générateur 40 kHz en mode salves rapides.

On visualise et on compare à l'oscilloscope les salves reçues par les 2 récepteurs.

On place les 2 récepteurs à la même distance de l'émetteur : on choisira 10 cm par exemple.

On superpose à l'oscilloscope les 2 signaux récepteurs.

On éloigne ensuite progressivement l'un des 2 récepteurs par rapport à l'émetteur, tandis que l'autre reste immobile, et on relève le décalage en temps entre les 2 signaux.

Pour une distance d entre les 2 récepteurs on mesure un décalage θt entre les 2 signaux à l'oscilloscope. La célérité des ultrasons se déduit simplement de ces 2 mesures par la relation :

$$V = d / \theta t$$

Pour un décalage entre les 2 récepteurs de 34 cm, on trouve un décalage temporel entre les 2 signaux récepteurs à l'oscilloscope de 1 ms, soit une vitesse de :

$$V = 0.34 / 10^{-3} = 340 \text{ m.s}^{-1}$$

d. Mesure de distances par télémétrie ultrasonore

L'objectif de cette expérience est de déterminer par télémétrie ultrasonore la distance D séparant le couple émetteur/récepteur d'un écran.

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 émetteur
- 1 récepteur
- 1 générateur 40 kHz
- 2 cavaliers magnétiques
- 2 supports sur tige
- 1 écran de réflexion magnétique
- 1 oscilloscope numérique

ii. Mise en place

Pour cette expérience, on travaille sans poster, directement sur la table magnétique.

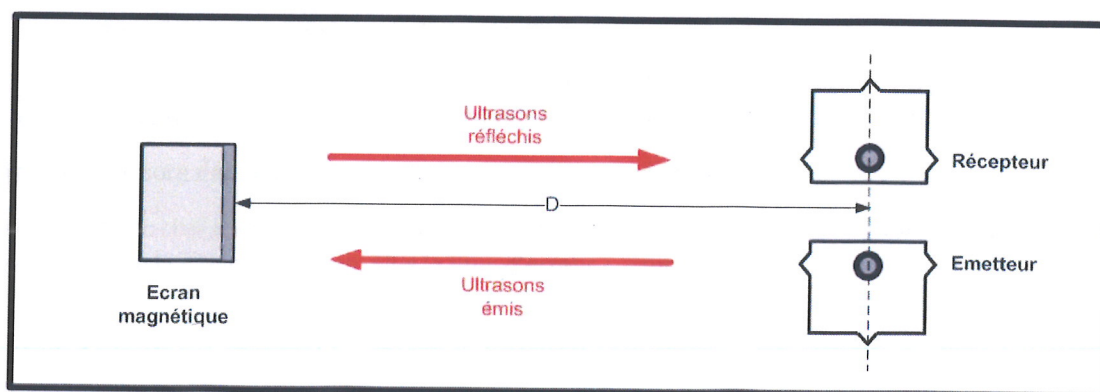


Figure 5 – Mesure de la distance D séparant le couple émetteur/récepteur de l'écran

iii. Protocole et mesure

On utilise pour cette expérience le générateur 40 kHz en mode salves lentes. On visualise et on compare à l'oscilloscope les salves de l'émetteur et du récepteur.

L'émetteur et le récepteur sont positionnés côte à côte et orientés tous les 2 vers la cible.

L'écran magnétique simule un objet pour lequel on cherche à connaître l'éloignement.

Pour une distance D entre le couple émetteur/récepteur et l'écran on mesure un décalage θt entre les 2 signaux à l'oscilloscope. Cet écart correspond à un aller-retour des ultrasons, soit à 2 fois la distance D .

Connaissant la célérité V des ultrasons (340 m.s^{-1}), il est alors aisé de déterminer la distance D de l'objet :

$$D = V \cdot \theta t / 2$$

e. Réflexion des ultrasons

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 poster
- 1 émetteur
- 1 récepteur
- 1 générateur 40 kHz
- 2 cavaliers magnétiques
- 2 supports sur tige
- 1 écran de réflexion magnétique
- 1 oscilloscope numérique



ii. Mise en place

Pour cette expérience, on travaille sur le côté du poster possédant un cadran gradué en degré. L'émetteur et le récepteur sont positionnés sur l'arc de cercle.

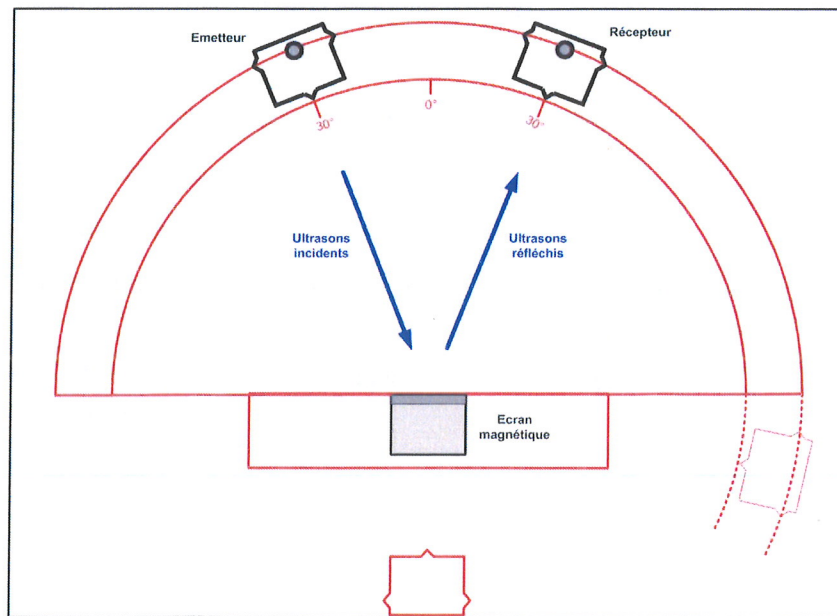


Figure 6 – Configuration émetteur/récepteur pour l'étude de la réflexion.

iii. Protocole et mesure

On utilise pour cette expérience le générateur 40 kHz en mode continu. On visualise à l'oscilloscope le signal issu du récepteur (sinusoïde).

On positionne l'émetteur à un angle d'incidence θ_i donné.

On déplace ensuite le récepteur sur l'arc de cercle et on recherche l'angle pour lequel l'amplitude est la plus importante. On relève l'angle de réflexion θ_r , correspondant à ce maximum d'amplitude.

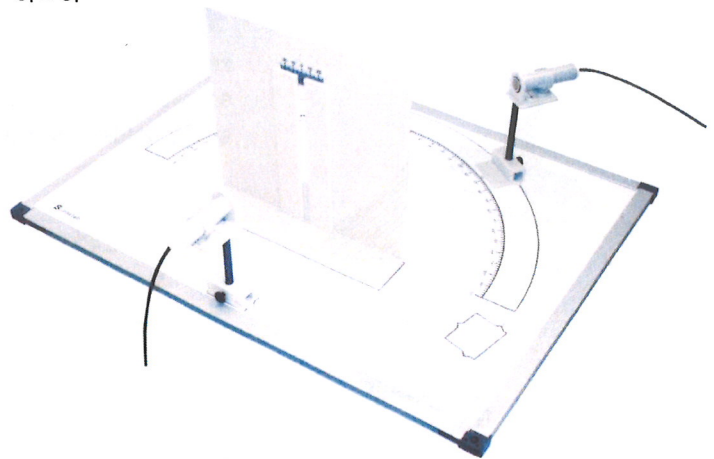
En effectuant des relevés de θ_r pour différents angles d'incidence θ_i (tous les 10° par exemple), on en déduit la loi de réflexion simple pour les ultrasons :

$$\theta_i = \theta_r$$

f. Diffraction des ultrasons par une fente

i. Matériel nécessaire

- 1 tableau magnétique
- 1 poster
- 1 émetteur
- 1 récepteur
- 1 générateur 40 kHz
- 2 cavaliers magnétiques
- 2 supports sur tige
- 1 fente variable magnétique
- 1 oscilloscope numérique



ii. Mise en place

Pour cette expérience, on travaille sur le côté du poster possédant un cadran gradué en degré.

La fente et l'émetteur sont fixes, tandis que le récepteur se déplace sur le cercle, comme indiqué dans la figure 7 ci-dessous.

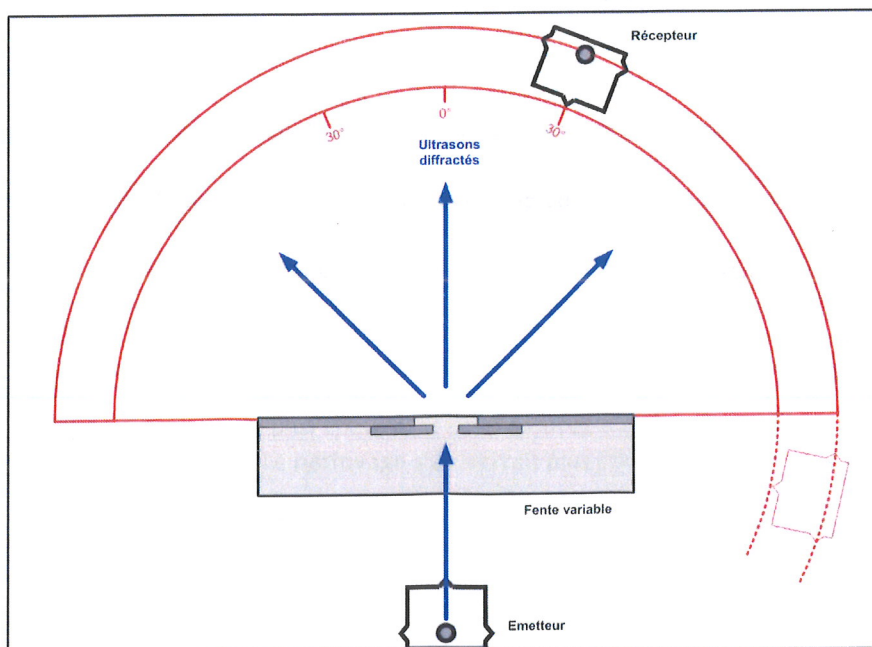


Figure 7 – Configuration émetteur/récepteur/fente pour l'étude de la diffraction.

Les volets de la fente sont maintenus en haut magnétiquement et en bas par une glissière. Une graduation en haut de la fente permet de mesurer l'ouverture de la fente en mm. Celle-ci est réglable de 0 à 50 mm (2 x 0-25 mm).

iii. Protocole et mesure

On utilise pour cette expérience le générateur 40 kHz en mode continu.
On visualise à l'oscilloscope le signal issu du récepteur (sinusoïde).

On détermine une ouverture de fente « a_1 ».

On déplace ensuite le récepteur sur le cercle et on relève l'amplitude du signal. On pourra par exemple faire ces relevés tous les 10° et prendre un pas plus fin au voisinage des maxima.

On réalise à nouveau l'expérience avec différentes largeurs de fente a_i .

On compare les différentes figures de diffraction obtenues.

Pour une largeur de fente de l'ordre de la longueur d'onde des ondes ultrasonores (8,5 mm), on constate que le phénomène de diffraction est plus important.