

# Réflexion totale dans la fibre optique

## Échos chez les ultrasons

### Objectifs du T.P. :

- Découvrir une utilisation du phénomène de réflexion totale
- Découvrir et comprendre la réflexion des ultrasons
- Découvrir et comprendre le phénomène d'absorption des ultrasons
- Étudier une application médicale

**Les ultrasons sont des ondes sonores dont la fréquence supérieure à 20 000 Hz n'est pas audible par l'oreille humaine.**

### I – Réflexion totale dans la fibre optique

Observez l'expérience professeur utilisant un laser et un enroulement de verre.

- Par où rentre la lumière ? Par où ressort-elle ?
- Quel est l'intérêt de ce phénomène sur le transport de la lumière ?

### II – Les ultrasons se réfléchissent

#### 1) Matériel

Vous disposez d'un émetteur et d'un récepteur à ultrasons à un générateur d'ondes, d'un écran métallique ou en mousse, d'une plaque aimantée, d'un papier avec un demi-cercle et d'un oscilloscope.

#### 2) Expérience 1

Branchement expliqué dans l'annexe.

Sur le bord de la plaque métallique, placez le diamètre du demi-cercle gradué en °. **I** est le point de convergence des rayons du demi-cercle.

Branchez l'émetteur sur la voie 1 de l'oscilloscope en respectant les consignes du T.P. précédent. Observez la forme du signal. Branchez le récepteur sur la voie 2. Placez-vous en dual.

Placez l'écran métallique parallèlement au diamètre du demi-cercle et centrez-le en **I** (voir photo ci-contre).

Placez l'émetteur sur la périphérie du demi-cercle, la croix sur l'arc de cercle, orienté vers **I**, sur le segment de droite correspondant à l'angle de 30°.

Déplacez le récepteur sur l'arc de cercle en respectant les consignes suivantes :

- axe du récepteur parallèle aux rayons du demi-cercle ;
- la croix du récepteur positionnée sur le demi-cercle ;
- en restant orienté vers **I**.

Recherchez où se situe le maximum de réception (maximum de lumières rouges). **Notez la valeur de l'angle obtenu.** Recommencez la même opération pour 60°. **Notez la valeur de l'angle obtenu.**

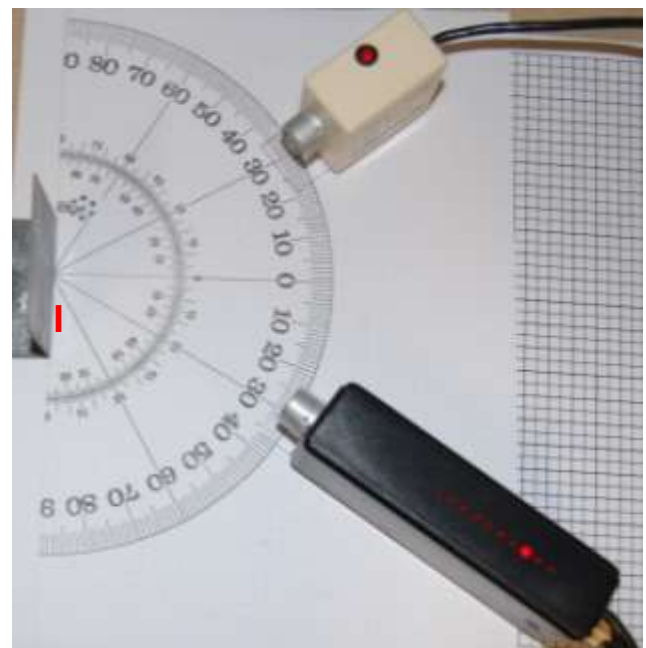
#### 3) Règles de la réflexion

Par analogie avec la réflexion de la lumière, déduisez des résultats de votre expérience les deux règles de réflexion des ultrasons.

#### 4) Expérience 2

À présent, sans toucher au montage précédent, remplacez l'écran métallique par une plaque en mousse.

- Qu'observez-vous ?
  - Quel phénomène a remplacé la réflexion ?
- Essayez de mettre d'autres corps à la place de la plaque en mousse et observez.
- Tous les corps réfléchissent-ils de la même façon les sons ? Justifiez



### III – Une application médicale : l'échographie

#### 1) Le phénomène d'écho

Lorsqu'un signal rencontre un obstacle, il est réfléchi (plus ou moins selon la nature de l'obstacle) et retourne vers l'émetteur. Pendant cette période, le signal a parcouru une fois la distance  $d$  le séparant de l'obstacle puis une deuxième fois cette distance pour le retour soit  $2d$ .

#### 2) La vitesse du son

Les ultrasons, comme le son, se déplacent à la vitesse  $V = 340 \text{ m.s}^{-1}$  dans l'air à  $20^\circ\text{C}$ .

#### 3) Mesurer une distance

Connaissant la vitesse du son, il suffit de faire une mesure de la durée mise pour parcourir la distance  $2d$  pour déterminer cette distance.

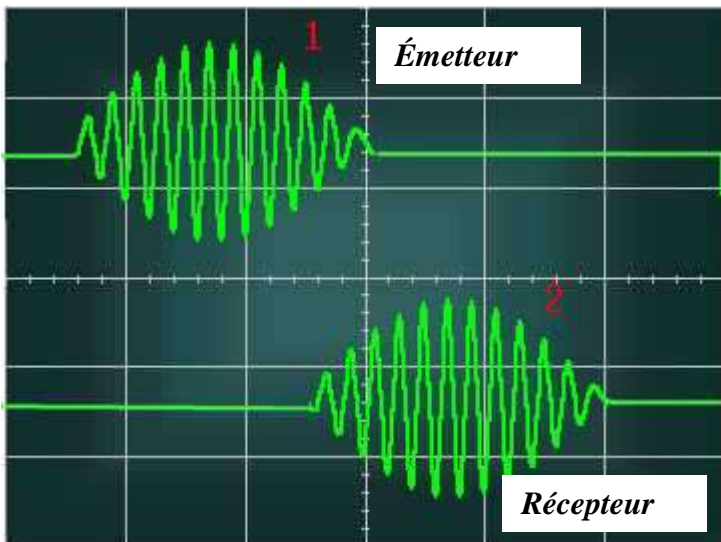
a. Exprimez la vitesse  $V$  en fonction de la distance parcourue  $2d$  et de la durée de parcours  $t$ . Précisez les unités.

b. Exprimez la distance  $d$  en fonction de la durée  $t$  et de la vitesse du son  $V$ .

#### 4) Application

Vous utilisez un émetteur et un récepteur d'ultrasons associés à un oscilloscope.

L'émetteur produit une succession de salves que le récepteur reçoit avec un décalage en temps  $t$  calculable à partir de mesure sur l'écran de l'oscilloscope.



a. Comptez le **nombre de divisions** séparant les débuts des salves émises et reçues.

b. Donnez l'expression permettant de calculer la durée écoulée à partir du nombre de divisions et du calibre en  $\text{s/div}$  (pas de calcul).

c. Le calibre  $\text{s/div}$  valant  $400 \mu\text{s}$ , exprimez et calculez :

- la **durée écoulée** entre l'émission et la réception du signal ;

- la **distance parcourue** par le signal.

#### 5) Échographie



Réalisez l'activité du livre p 170

#### Questions subsidiaires :

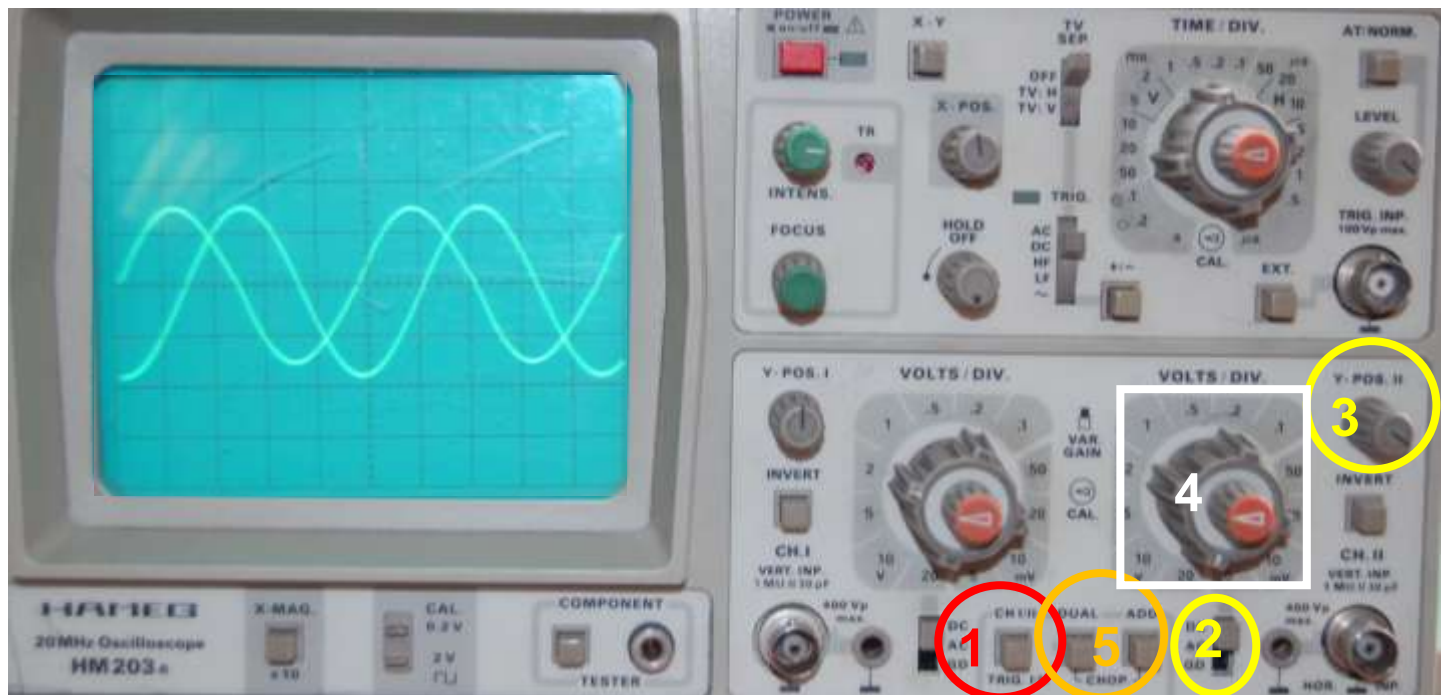
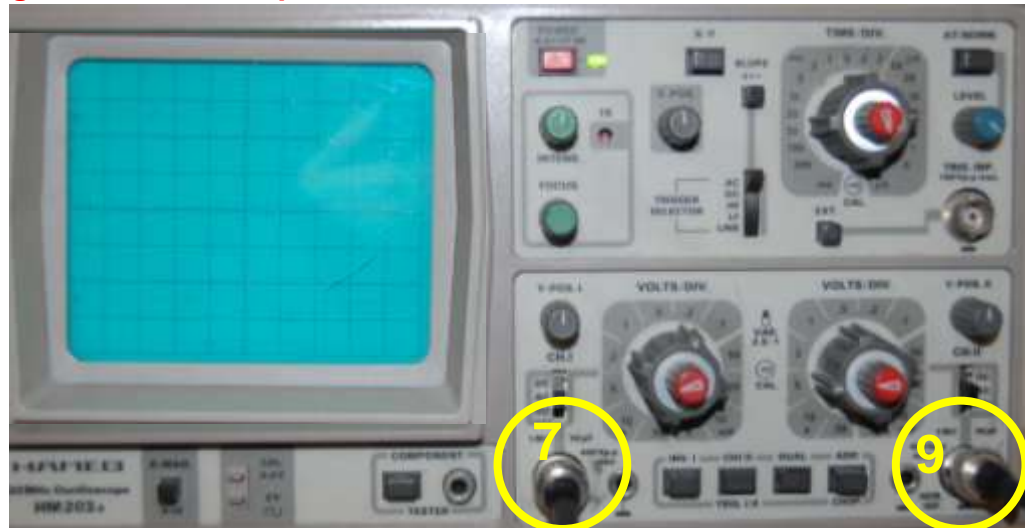
a. Qu'identifiez-vous sur cette échographie et de quelle nuance ?

b. Pourquoi certaines zones apparaissent-elles plus claires que d'autres ?

## Annexe : Branchement et réglage de l'oscilloscope

### Branchement

- Reliez l'émetteur par son câble à fiche grise au boîtier principal (6) ;
- Reliez l'émetteur à la voie 1 de l'oscilloscope par un câble coaxial noir entre le boîtier principal et la voie 1 (7) ;
- Reliez le récepteur au boîtier par son câble à fiche grise (8) ;
- Reliez le récepteur à la voie 2 de l'oscilloscope par le câble coaxial noir entre sa sortie du récepteur et la voie 2 (9) ;
- Allumez le boîtier (10).



### Procédez aux réglages suivants (voir feuille sur « Utiliser un oscilloscope »)

- Vérifications initiales
- Réglage de la luminosité du faisceau
- Réglage de la voie 1 (VOLTS / DIV)
- Réglage de la voie 2 (VOLT/DIV), procédez comme pour la voie 1 après avoir appuyé sur le bouton « CH I / II » (1) et utilisez les boutons ou sélecteurs (2), (3) et (4) pour les réglages
- Réglage de la base de temps (TIME / DIV)
- Réglage des calibres (VOLTS / DIV - voies 1 et 2 - et TIME / DIV)

**Pour les mesures, appuyez sur le bouton « DUAL » (5) pour pouvoir visualiser les courbes de l'émetteur et du récepteur.**



## Activité du livre : Comprendre le principe de l'échographie

- Au cours d'une échographie, un système informatique analyse les signaux fournis par la sonde. Deux informations sont exploitables :
- le temps mis par l'onde pour faire l'aller-retour entre la sonde et l'organe exploré ;
  - l'amplitude du signal réfléchi.
- Comment l'image est-elle construite à partir de ces informations ?**

La plupart des échographies sont en nuances de gris allant du noir au blanc (doc. 7).

Les amplitudes les plus importantes des ondes réfléchies sont codées en blanc, les plus faibles sont codées en noir.

Les nuances de gris correspondent à des amplitudes intermédiaires.

L'amplitude du signal réfléchi dépend des milieux rencontrés (doc. 8).



doc. 7 Échographie d'un fœtus.

Un diagramme illustrant l'interaction d'une onde ultrasonore (flèche verte) passant de l'air (bleu) à la peau (orange). Une grande flèche violette refléchit l'onde vers le haut, indiquant une réflexion presque totale.	Un diagramme illustrant l'interaction d'une onde ultrasonore (flèche verte) passant du gel échographique (gris) à la peau (orange). Une grande flèche orange absorbe l'onde vers le bas, indiquant une absorption presque totale.	Un diagramme illustrant l'interaction d'une onde ultrasonore (flèche verte) passant du muscle (orange) à l'os (gris). Une flèche violette refléchit l'onde vers le haut et une flèche orange absorbe l'onde vers le bas, indiquant une réflexion partielle.
Une onde ultrasonore qui se propage dans l'air est presque totalement réfléchi lorsqu'elle arrive sur la peau. Le codage sera blanc.	Si l'onde ultrasonore passe de l'eau ou du gel échographique dans la peau, le codage sera noir, car cette onde est presque totalement absorbée.	Si l'onde ultrasonore passe du muscle dans l'os, le codage sera gris, car cette onde est en partie réfléchi.

doc. 8 La proportion des ultrasons réfléchis dépend des milieux rencontrés. Cette proportion influe sur les nuances de gris de l'image obtenue.

Les images des fœtus en 3D ont connu beaucoup de succès auprès du grand public. L'échographie 3D est une technique qui permet d'acquérir des « volumes » grâce à un balayage automatique en fréquence et à une recombinaison de l'image à partir de l'enregistrement de 150 à 200 positions du faisceau d'ultrasons (doc. 9).

1. Quelles sont les deux informations nécessaires pour construire une image échographique ?
2. Quels sont les types de surfaces de séparation qui apparaissent blanches, noires ou grises sur une échographie ?
3. Lors d'une échographie, pourquoi est-il nécessaire de mettre du gel entre la sonde et la peau ?
4. Quel est le principal avantage de l'échographie 3D par rapport à l'échographie 2D ?



doc. 9 Échographie 3D.