

Réflexion des ondes ultrasonores planes sur une surface plane

Objectifs expérimentaux

- Mesure de l'intensité réfléchi en fonction de la position angulaire du récepteur, pour un angle d'incidence constant
- Détermination de l'angle de réflexion (intensité maximale réfléchi)
- Confirmation de la relation «angle d'incidence = angle de réflexion»

Principes de base

L'expérience a pour but de démontrer que la relation familière en optique géométrique, «angle d'incidence = angle de réflexion», est également valable dans le cas d'ondes ultrasonores. On appelle angle de réflexion, celui pour lequel le maximum d'intensité est réfléchi, pour un angle d'incidence donné (voir Fig. 1).

Deux transducteurs (résonateurs de flexion) servent soit d'émetteur, soit de récepteur, selon le mode de branchement adopté. Un élément piézoélectrique permet la conversion de l'énergie électrique en énergie mécanique.

Si l'on applique une tension alternative aux bornes de l'élément piézoélectrique, le transducteur utilisé en tant qu'émetteur fournit, pour deux fréquences de résonance différentes (env. 40 kHz et 48 kHz), une amplitude sonore suffisamment élevée. Inversement, les ondes sonores engendrent des oscillations mécaniques dans le transducteur. Le transducteur sert de récepteur; l'amplitude de la tension piézoélectrique alternative produite est proportionnelle à l'amplitude de l'onde sonore.

Le premier transducteur, qui sert de source ultrasonore ponctuelle, est placé au foyer d'un miroir concave de sorte qu'il apparaisse une onde plane. Le signal du deuxième transducteur, le récepteur, est transmis à un oscilloscope par l'intermédiaire d'un amplificateur AC. Le carré de l'amplitude de ce signal représente la valeur de l'intensité réfléchi.

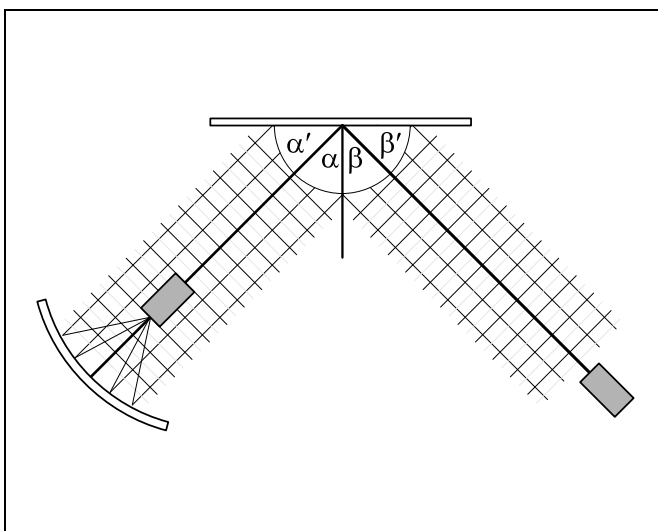


Fig. 1 Réflexion d'ondes ultrasonores planes sur une surface plane
 α = angle d'incidence
 β = angle de réflexion

Matériel

2 transducteurs d'ultrasons, 40 kHz	416 000
1 générateur, 40 kHz	416 012
1 amplificateur AC	416 010
1 miroir concave	389 241
1 support de détecteur pour miroir concave	416 020
1 oscilloscope à deux canaux HM 303	575 211
1 câble de mesure BNC/4 mm	575 24
2 petits bancs d'optique avec tige	460 43
1 articulation à échelle angulaire	460 40
1 plaque réfléchissante	587 66
1 grand pied en V	300 01
2 petits pied en V	300 02
1 tige, 50 cm, Ø 10 mm	301 27
1 tige, 25 cm, Ø 12 mm	300 41
1 tige, 10 cm, Ø 12 mm	300 40
1 noix universelle	666 615
2 noix Leybold	301 01
1 nivelle sphérique	361 051
1 mètre à ruban métallique, 2 m	311 77

Montage

Le montage expérimental est représenté sur la figure 2.

1ère étape:

- Fixer les deux petits bancs d'optique **(a)** et **(b)** sur les petits pieds en V et les assembler avec l'articulation à échelle angulaire **(c)**.
- Passer la tige (301 27) à travers l'articulation **(c)** (sans la bloquer) et la fixer sur le grand pied en V.
- Placer avec précaution le banc d'optique en position horizontale; contrôler avec la nivelle sphérique.
- Monter la plaque réfléchissante sur la tige.
- Installer l'ensemble composé du miroir concave, du support de détecteur et du premier transducteur d'ultrasons **(d)** sur le banc d'optique **(a)**.
- Monter le deuxième transducteur **(e)** sur le banc d'optique **(b)** et le régler à la même hauteur que le premier transducteur.
- Connecter le transducteur **(d)** au générateur, qui fonctionnera en continu.
- Relier le transducteur **(e)** à l'oscilloscope par l'intermédiaire de l'amplificateur AC.

Réglage:

- Disposer l'ensemble afin d'avoir $\alpha + \beta = 180^\circ$ (voir Fig. 1).
- A l'aide du mètre à ruban métallique, positionner la plaque réfléchissante le plus parallèlement possible au banc d'optique.
- Choisir l'amplification minimale sur l'amplificateur AC et observer le signal du récepteur sur l'oscilloscope.
- Régler la fréquence du générateur de sorte que l'amplitude du signal de réception soit maximale.

Si le signal de réception n'est pas sinusoïdal, l'amplificateur est en surmodulation:

- Régler la fréquence du générateur de sorte que la fréquence de fonctionnement de l'émetteur soit légèrement au-delà de résonance.

Réglage précis:

- Placer le récepteur exactement en face de l'émetteur (amplitude de tension maximale du signal de réception).
- Donner un angle de 45° au bras de l'émetteur, tourner le bras du récepteur et mesurer l'amplitude de la tension du signal de réception en fonction de l'angle du bras du récepteur.

Si pour une amplitude de tension maximale à env. 45° , on constate des maxima parasites très nets:

- Vérifier le réglage des transducteurs d'ultrasons.

Réalisation**Première partie:**

- Fixer la valeur de l'angle α' à 45° (voir Fig. 1)
- Faire varier l'angle β' (voir Fig. 1) de 30° à 60° en augmentant progressivement de 1° et mesurer l'amplitude de la tension du signal de réception.
- Reporter les valeurs de $\beta = 90^\circ - \beta'$ et celles de l'amplitude de la tension dans un tableau.

Deuxième partie:**Confirmation de la loi de réflexion:**

- Régler $\alpha' = 80^\circ$.
- Pour déterminer l'angle de réflexion β , faire varier l'angle β' jusqu'à obtention de la tension maximale.
- Dresser un tableau avec les valeurs de $\alpha = 90^\circ - \alpha'$ et $\beta = 90^\circ - \beta'$. Régler la valeur suivante de α' (Tab. 2)
- Déterminer l'angle de réflexion β .

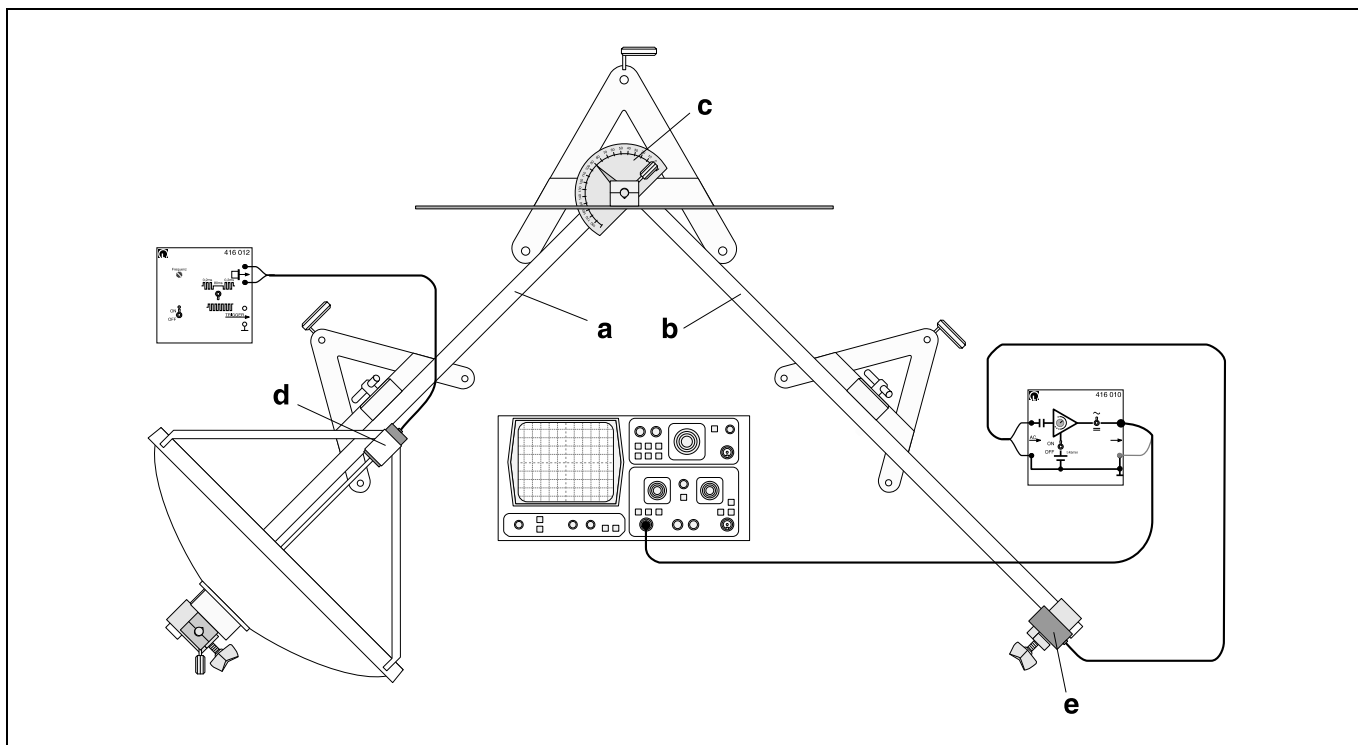


Fig. 2 Montage expérimental pour la réflexion d'ondes ultrasonores; vu de dessus

Exemple de mesures

Tab. 1: Amplitude U de la tension du signal de réception en fonction de β pour $\alpha = 45^\circ$

β	$\frac{U}{V}$
30°	0
31°	0
32°	0
33°	0,05
34°	0,12
35°	0,12
36°	0,1
37°	0,1
38°	0,3
39°	0,4
40°	0,5
41°	0,9
42°	1,25
43°	1,95
44°	2,15
45°	2,3
46°	2,1
47°	1,75
48°	1,25
49°	0,8
50°	0,45
51°	0,4
52°	0,5
53°	0,5
54°	0,5
55°	0,5
56°	0,25
57°	0
58°	0
59°	0
60°	0

Tab. 2: Angle de réflexion β en fonction de l'angle d'incidence α

$\alpha = 90^\circ - \alpha'$	$\beta = 90^\circ - \beta'$
10°	10°
20°	20°
30°	30,5°
40°	39,5°
45°	44,5°
50°	49°
60°	58°
70°	68,5°
80°	78,5°

Résultats et analyse

La Fig. 3 est une représentation graphique de l'intensité réfléchie en fonction de l'angle β , pour $\alpha = 45^\circ$ constant. L'intensité est maximale lorsque $\beta = 45^\circ$. Pour un angle supérieur ou inférieur d'environ 3° à cet angle de réflexion, l'intensité diminue de moitié, c'est-à-dire que la largeur de bande à mi-hauteur de pic de la répartition des intensités vaut approximativement 6° .

On peut constater sur la Fig. 4 que la loi «angle d'incidence $\alpha =$ angle de réflexion β » est confirmée. Les valeurs mesurées d' α comme de β forment une droite de pente 1 passant par l'origine.

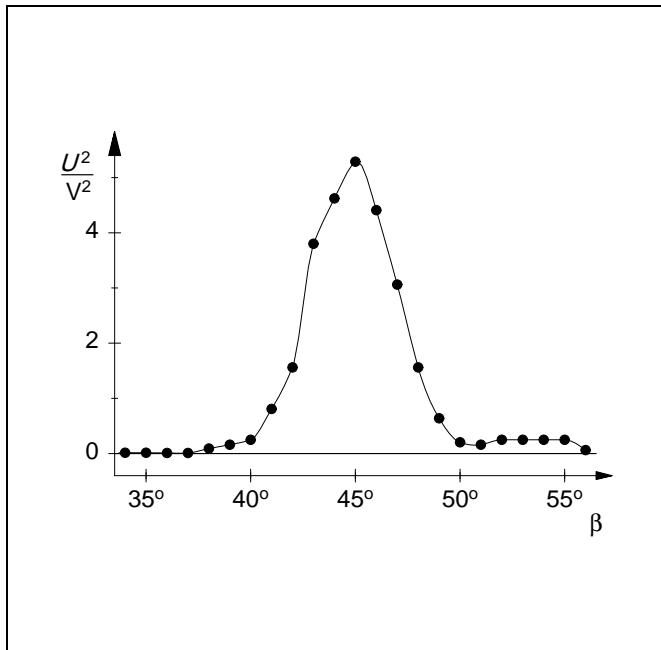


Fig. 3 Carré de l'amplitude U de la tension au récepteur en fonction de l'angle β

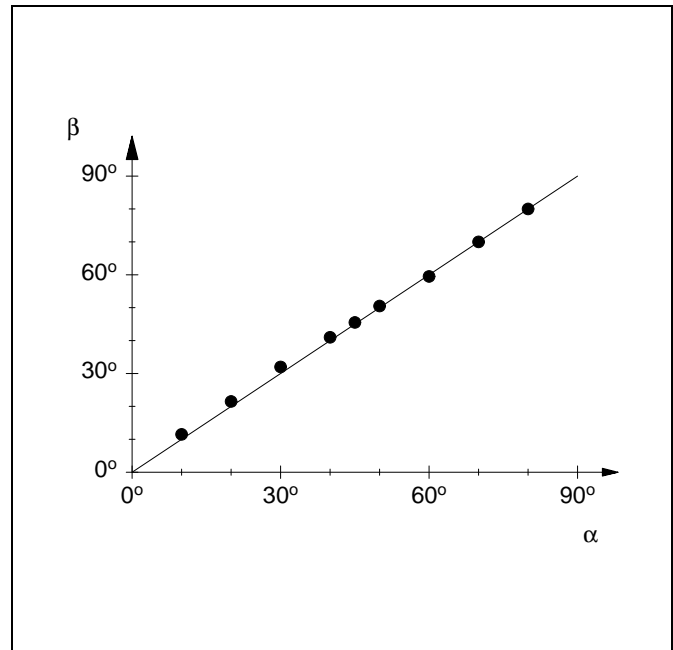


Fig. 4 Angle de réflexion β en fonction de l'angle d'incidence α