

Effet de Lucas-Biquard

DETERMINATION DE LA VITESSE D'ONDES ULTRASONS DANS LES LIQUIDES.

- Observation de la figure de diffraction à fréquence d'ultrason constante pour deux longueurs différentes d'onde lumineuse.
- Observation de la figure de diffraction pour différentes fréquences d'ultrason comprises entre 1 et 12 MHz.
- Définition des longueurs respectives des ondes sonores et de la vitesse du son.

UE1070550

04/16 JS

NOTIONS DE BASE GENERALES

La diffraction de la lumière par les ultrasons dans un liquide a été prévue dès 1922 par *Brillouin* et mise expérimentalement en évidence en 1932 par *Debye* et *Sears* et par *Lucas* et *Biquard*. Elle repose sur la variation périodique de l'indice de réfraction dans le liquide provoquée par une onde ultrasonore. Sur une onde lumineuse passant simultanément à la verticale, cette disposition fait l'effet d'un réseau de phase qui se déplace à la vitesse du son. La constante du réseau correspond à la longueur d'onde des ultrasons et dépend par conséquent de la fréquence de ces derniers et de la vitesse sonore du fluide traversé par la lumière. Le mouvement du réseau de phase est négligeable s'il est observé sur un écran très éloigné.

Au cours de l'expérience, un transducteur module des ultrasons à des fréquences comprises entre 1 et 12 MHz dans le fluide d'essai. Un faisceau lumineux monochromatique parallèle traverse le liquide dans le sens horizontal en même temps qu'il est diffracté par le réseau de phase (cf. fig. 1). La figure de diffraction contient plusieurs maxima de diffraction situés à intervalles réguliers les uns des autres (cf. fig. 2).

Pour l'angle α_k du maximum de diffraction du k -ème ordre, on a

$$(1) \quad \tan \alpha_k = k \cdot \frac{\lambda_L}{\lambda_S}$$

λ_L : longueur de l'onde lumineuse, λ_S : longueur de l'onde sonore

La longueur de l'onde sonore λ_S peut donc être définie à partir des intervalles entre les maxima de diffraction. Par ailleurs, suivant

$$(2) \quad c = f \cdot \lambda_S$$

on peut calculer, la vitesse sonore c du fluide traversé, étant donné que les fréquences f des ondes sonores sont elles aussi connus.

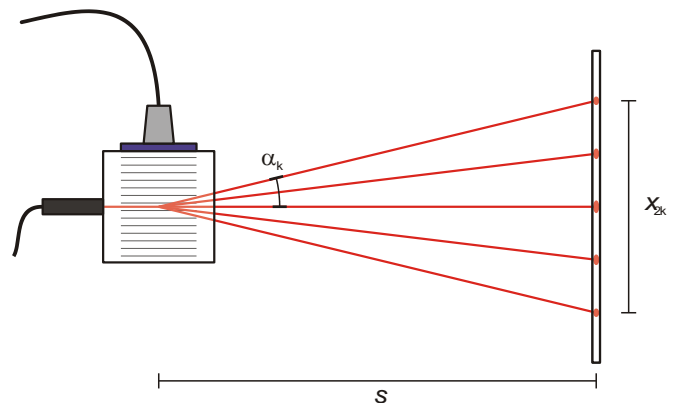


Fig. 1: Représentation schématique de la diffraction de la lumière sur un réseau de phase produit par des ultrasons traversant un liquide

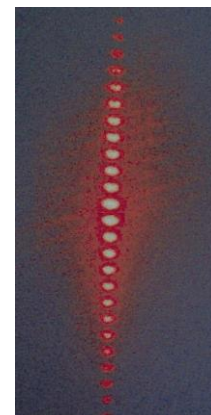


Fig. 2 : Figure de diffraction provenant de la diffraction de la lumière sur un réseau de phase formé par des ondes ultrasonores dans un liquide

LISTE DES APPAREILS

- 1 Générateur d'ultrasons cw avec sonde 1002576 (U100061)
- 1 Éprouvette, complète 1002578 (U10008)
- 1 Diode laser p. l'effet L-B, rouge 1002577 (U10007)
- 1 Diode laser p. l'effet L-B, vert 1002579 (U10009)
- 1 Décamètre à ruban de poche, 2 m 1002603 (U10073)
- 1 Gel de branchement p. ultrasons 1008575 (XP999)

MONTAGE

- Remplissez l'éprouvette d'eau distillée et placez-la à une distance d'environ 3 m de l'écran de projection.
- Montez la sonde multifréquences verticalement dans le dispositif de fixation de l'éprouvette et raccordez-la à la sortie ÉPROUVETTE du générateur d'ultrasons cw (cf. Fig. 3).
- Montez la diode laser rouge pour l'effet Lucas-Biquard dans le dispositif de fixation laser de l'éprouvette et raccordez-la à la sortie LASER du générateur d'ultrasons cw.



Fig. 3 : Dispositif de mesure permettant d'examiner la diffraction de la lumière sur un réseau de phase formé par des ondes ultrasonores dans un liquide

RÉALISATION

- Mesurez la distance *s* entre la sonde multifréquences et l'écran.
- Mettez le générateur d'ultrasons cw en marche.
- Mettez le laser et la sonde multifréquences en marche.
- Réglez la fréquence 1 MHz.
- Réglez l'amplitude du signal émis par le convertisseur et, à l'aide des trois vis de réglage du support de convertisseur, alignez la sonde multifréquences afin de produire des ondes stationnaires.
- Sur l'écran, mesurez la distance *x_{2k}* située entre le maximum de l'ordre *-k* et de l'ordre *k*.
- Augmentez la fréquence par incréments de 1 MHz jusqu'à 12 MHz et déterminez à chaque augmentation la distance *x_{2k}* ainsi que l'ordre de diffraction *k* correspondant.
- Remplacez la diode laser rouge pour l'effet Lucas-Biquard par la verte et enregistrez une série de mesures pertinente.

EXEMPLE DE MESURE ET EVALUATION

s = 325 cm

Tableau 1 : Données de mesure pour la longueur d'onde $\lambda_L = 652$ nm (laser rouge)

<i>f</i> / MHz	<i>k</i>	<i>X_{2k}</i> / cm	$\lambda_s / \mu\text{m}$
1	9	2,5	1525,7
2	5	2,8	756,8
3	5	4,3	492,8
4	3	3,5	363,3
5	3	4,3	295,7
6	2	3,5	242,2
7	2	4,0	211,9
8	2	4,6	184,3
9	2	5,2	163,0
10	1	2,8	151,4
11	1	3,2	132,4
12	1	3,5	121,1

Tableau 2 : Données de mesure pour la longueur d'onde $\lambda_L = 532$ nm (laser vert)

<i>f</i> / MHz	<i>k</i>	<i>X_{2k}</i> / cm	$\lambda_s / \mu\text{m}$
2	5	2,4	720,4
3	4	2,9	477,0
4	3	2,8	370,5
5	2	2,3	300,7
6	2	2,8	247,0
7	2	3,2	216,1
8	2	3,7	186,9
9	2	4,2	164,7
10	2	4,6	150,3
11	1	2,6	133,0
12	1	2,8	123,5

On mesure la distance *s* entre le transducteur d'ultrasons et la figure de diffraction ainsi que l'écart *x_{2k}* entre le *-k*-ème et le *+k*-ème maximum de diffraction. Les deux valeurs sont intégrées dans le calcul de l'angle α_k pour le maximum de diffraction de *k*-ème ordre.

$$\tan \alpha_k = \frac{X_{2k}}{2 \cdot s}$$

L'équation à une inconnue de la longueur de l'onde sonore λ_s est ainsi

$$\lambda_s = \frac{2 \cdot k \cdot s}{X_{2k}} \cdot \lambda_L$$

Les longueurs des ondes sonores seront calculées dans la colonne droite des deux tableaux en appliquant cette équation.

La figure 4 illustre la dépendance des longueurs d'onde calculées par rapport à la fréquence des ondes ultrasonores. L'hyperbole tracée a été calculée selon (2)

$$\lambda_s = \frac{c}{f} \text{ avec } c = 1482 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La vitesse du son c dans l'eau ainsi déterminée est parfaitement conforme aux valeurs indiquées dans la littérature pertinente.

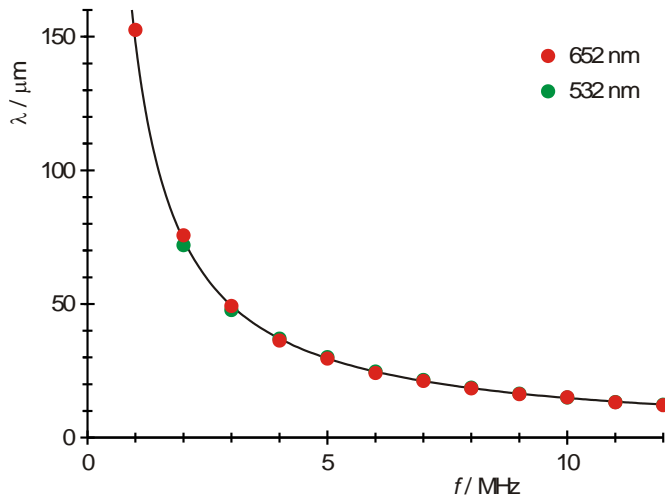


Fig. 4: Longueur de l'onde sonore λ_s dans l'eau en fonction de la fréquence f