

Bac à ondulations 1026082

Manuel d'utilisation

11/25 Alf/GH/UD



- 1 Stroboscope LED flexible avec support magnétique
- 2 Bassin d'eau
- 3 Corps d'immersion
- 4 Écran d'observation
- 5 Câbles de connexion pour générateur de vibrations
- 6 Connexion stroboscopique
- 7 Générateur de fréquence

- 8 Interrupteur marche/arrêt
- 9 Niveau à bulle
- 10 Excitateurs d'ondes
- 11 Vis de mise à niveau
- 12 Support avec base pour générateur de vibrations
- 13 Tuyau de vidange
- 14 Générateur de vibrations
- 15 Bras de connexion pour excitateurs d'ondes

1. Consignes de sécurité

Les composants en verre du réservoir à ondulations peuvent se briser s'ils ne sont pas manipulés correctement.

- Ne soumettez pas le réservoir à ondulations à des forces mécaniques excessives.

2. Équipement fourni

- 1 Réservoir à ondulations avec miroir de projection, écran d'observation et tuyau de vidange
- 1 Stroboscope LED flexible avec support magnétique
- 1 Générateur de fréquences
- 1 Bloc d'alimentation enfichable, 12 V CC
- 1 Interrupteur marche/arrêt
- 1 Générateur de vibrations
- 1 Support avec base pour générateur de vibrations
- 2 Câbles de connexion pour générateur de vibrations
- 1 Bras de connexion pour excitateurs d'ondes
- 1 Jeu de 4 excitateurs d'ondes (ondes planes, ondes circulaires, deux/quatre ondes circulaires interférentes)
- 1 Jeu de 7 corps d'immersion (prisme, lentille biconvexe, lentille biconcave, trois parallélépipèdes longs / un parallélépipède court)
- 1 Niveau à bulle
- 1 Boîte de rangement

3. Description

Le réservoir à ondulations sert à démontrer clairement les phénomènes fondamentaux liés aux ondes, tels que la génération d'ondes planes et circulaires, la réflexion, la réfraction, la diffraction et l'interférence, visualisés à travers les ondes aquatiques projetées sur un écran d'observation.

Le réservoir à ondulations est constitué d'un cadre en aluminium avec un bassin peu profond doté d'un fond en verre. Le fond en verre comprend une ouverture avec un tuyau d'évacuation pour vider l'eau. Le bassin est mis à niveau à l'aide d'un niveau à bulle et de quatre pieds réglables en hauteur situés au fond du réservoir à ondulations. Des ondes planes ou circulaires sont générées dans l'eau par des oscillations mécaniques localisées, dont la fréquence et l'amplitude sont réglées sur le générateur de fréquences.

Une lampe LED avec un support magnétique éclaire le réservoir par le haut, fonctionnant comme un stroboscope avec une fréquence synchrone ou asynchrone. Le cadre contient un miroir incliné qui projette les vagues sur un écran d'observation. Le stroboscope est connecté via une prise à trois broches située sur le côté gauche du générateur de fréquence.

Le générateur de fréquence permet de régler séparément la fréquence du stroboscope et la fréquence et l'amplitude de la génération des vagues. La fréquence réglée s'affiche en continu sur le générateur de fréquence, tandis que l'amplitude s'affiche temporairement lorsqu'elle est modifiée. L'alimentation est fournie par un bloc d'alimentation enfichable.

La génération d'ondes est réalisée à l'aide d'un générateur de vibrations. Un support avec une base est utilisé pour monter et positionner le générateur de vibrations. À l'intérieur du tube de la base se trouve un ressort hélicoïdal qui sert d'amortisseur. Les excitateurs d'ondes sont couplés mécaniquement via un bras de connexion. L'alimentation est fournie par deux câbles de connexion via le générateur de fréquence. Divers excitateurs d'ondes et corps d'immersion sont disponibles pour mener des expériences.

Le réservoir à ondulations comporte deux découpes latérales pour faciliter la manipulation et le transport.

3.1 Éléments de commande – générateur de fréquence

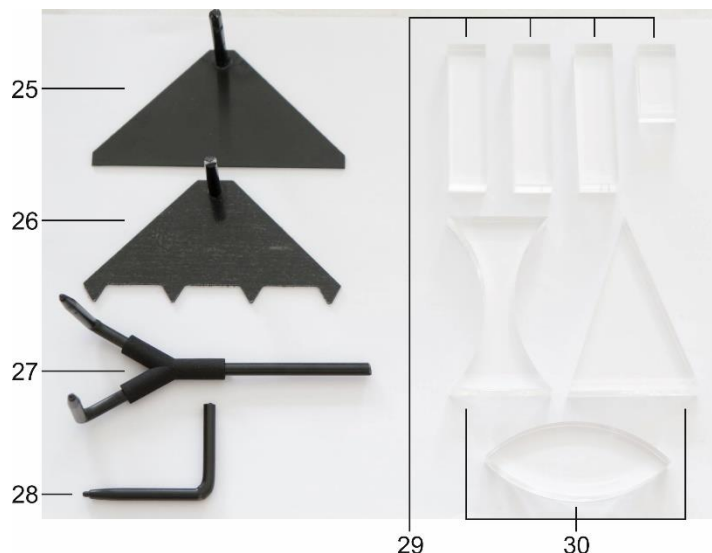


- 16 Boutons pour régler la fréquence du vibreur en mode synchrone
- 17 Boutons pour régler la fréquence du vibreur en mode asynchrone
- 18 Affichage de la fréquence
- 19 Boutons pour régler l'amplitude du vibreur
- 20 Commutateur pour fonctionnement synchrone/asynchrone



- 21 Interrupteur marche/arrêt pour l'éclairage stroboscopique
- 22 Prise de connexion pour stroboscope
- 23 Prise de raccordement pour alimentation enfichable
- 24 Prises de connexion pour générateur de vibrations

3.2 Accessoires



- 25 Excitateur pour ondes planes
- 26 Excitateur pour quatre ondes circulaires interférentes
- 27 Excitateur pour deux ondes circulaires interférentes
- 28 Excitateur pour ondes circulaires

- 29 Corps d'immersion : trois cubes longs, un cube court
- 30 Corps d'immersion : prisme, lentille biconcave et lentille biconvexe

4. Données techniques

Dimensions

- Réservoir : env. 400 x 300 x 330 mm³
- Bac à eau (surface vitrée env. 360 x 260 mm² utilisable) :
- Écran d'observation : env. 395 x 320 mm²
- Miroir de projection : env. 420 x 395 mm²

Lampe stroboscopique

- Source lumineuse : LED 3 W
- Diamètre : 34 mm
- Fréquence maximale : 60 Hz

Générateur de fréquence

- Dimensions : env. 170 x 110 x 50 mm³

Plage de fréquences : 1 à 60 Hz, réglable par paliers de 1 Hz

Réglage de l'amplitude : 1 à 30 %

Tension d'alimentation : 12 V CC / 1 A en sortie 100 – 240 V en entrée

Générateur de vibrations

Dimensions : env. 110 x 90 x 110 mm³

Courant : max. 400 mA

Protection contre les surcharges : fusible 500 mA

Connexion : prises de sécurité 4 mm

5. Fonctionnement

Recommandé en complément :

1 Bécher, 800 ml, forme haute 1025694

1 Pissette 500 ml 1009812

Eau

- Placez le réservoir à ondulations avec l'écran d'observation tourné vers l'avant sur une surface plane et exempte de vibrations.
- Dévissez les quatre pieds réglables en hauteur situés au bas du réservoir à ondulations jusqu'à ce que vous puissiez glisser le support avec la base du générateur de vibrations sous le réservoir à ondulations sans le toucher.
- Utilisez le niveau à bulle et les pieds réglables en hauteur pour aligner le réservoir à ondulations horizontalement.
- Fixez le tuyau de vidange dans le collier de serrage du réservoir à ondulations de manière à ce qu'il soit orienté vers le haut.
- Glissez le support avec la base pour le générateur de vibrations sous le côté droit central du réservoir à ondulations, l'extrémité pointue de la base étant tournée vers le réservoir. Si nécessaire, tournez et fixez le support dans la base de manière à ce que son extrémité pointue soit également tournée vers le réservoir.
- Utilisez le niveau à bulle et les deux vis de mise à niveau sur la base pour aligner le support horizontalement.
- Placez le générateur de vibrations sur le support, son panneau de commande tourné vers l'avant.
- Fixez le bras de connexion pour les excitateurs d'ondes à l'extrémité du support à l'aide de sa base magnétique et fixez-le à la

broche du générateur de vibrations à l'aide de la vis moletée.

- Insérez l'excitateur d'ondes souhaité dans le bras et fixez-le à l'aide de la vis moletée.
- Connectez le générateur de fréquences et le générateur de vibrations à l'aide des deux câbles de sécurité de 4 mm.
- Montez le stroboscope à l'extérieur du réservoir à ondulations à l'aide du support magnétique et connectez-le au générateur de fréquence à l'aide du câble à trois broches.
- Connectez le générateur de fréquence à l'alimentation électrique à l'aide de l'interrupteur marche/arrêt et de l'adaptateur secteur enfichable.
- Remplissez le réservoir à ondulations avec 5 mm d'eau.

Les corps immergés dépasseront alors de la surface de l'eau.

- Réglez la profondeur d'immersion de l'excitateur d'ondes en ajustant la hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.
- Allumez le générateur de fréquences.

Au démarrage, le système est préréglé pour un fonctionnement synchrone avec une fréquence de 30 Hz et une amplitude de 10 %. Avec des fréquences synchrones du générateur d'ondes et du stroboscope, des motifs d'ondes stationnaires peuvent être visualisés ; avec des réglages asynchrones, des ondes progressives apparaissent.

- Réglez la hauteur et la position du stroboscope de manière à ce que le réservoir à ondulations soit entièrement éclairé.
- Réalisez l'expérience. Ajustez la profondeur de l'eau, la position de l'excitateur d'ondes, la fréquence et l'amplitude selon les besoins afin d'optimiser la visualisation des phénomènes observés.
- Une fois l'expérience terminée, videz le réservoir à ondulations dans un bécher à l'aide du tuyau de vidange.
- Séchez soigneusement l'appareil pour éviter l'accumulation de calcaire.

6. Exemples d'expériences

6.1 Génération d'ondes

- Assurez-vous que le réservoir à ondulations est rempli de 5 mm d'eau.
- Insérez les excitateurs d'ondes appropriés les uns après les autres dans le bras jusqu'à ce qu'ils soient complètement en place, fixez-les à l'aide de la vis moletée et générez des ondes planes, des ondes circulaires ou des ondes circulaires interférentes en conséquence (Fig. 1a – d). Réglez la profondeur d'immersion de chaque excitateur d'ondes en ajustant la hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.

6.2 Réfraction

- Assurez-vous que le réservoir à ondulations est rempli de 5 mm d'eau.
- Insérez l'excitateur d'ondes planes dans le bras jusqu'à ce qu'il soit complètement en place et fixez-le à l'aide de la vis moletée.
- Placez la lentille biconvexe, la lentille biconcave ou le prisme au centre du réservoir à ondulations, à quelques centimètres devant l'excitateur d'ondes.
- Protégez les bords avant de la lentille biconcave à l'aide de deux longs parallélépipèdes placés à la verticale (Fig. 2b) afin de minimiser les effets indésirables tels que les phénomènes de diffraction et d'interférence.
- Faites pivoter le prisme de manière à ce que son côté long, qui est opposé à l'excitateur d'ondes, soit parallèle à celui-ci (Fig. 2c).

Le côté long face à l'excitateur d'ondes doit alors former un angle d'environ 40° avec celui-ci, correspondant à l'angle au sommet du prisme.

- Ajoutez de l'eau de manière à recouvrir complètement le corps d'immersion.
- Ajustez la profondeur d'immersion de l'excitateur d'ondes en réglant la hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.

Pour observer la réfraction, le corps immergé doit être juste recouvert d'eau.

- Allumez le générateur de fréquences et observez l'affichage sur l'écran d'observation. Utilisez par exemple une bouteille à lavage pour retirer l'eau du bac à ondulations jusqu'à ce que la réfraction devienne visible derrière le corps immergé. Réglez la profondeur d'immersion du générateur d'ondes et, si nécessaire, la fréquence et l'amplitude pour optimiser l'affichage.

- Répétez l'expérience avec les autres corps immergés.

Derrière la lentille biconvexe, des ondes circulaires convergentes se forment et se concentrent en un point (fig. 2a). Derrière la lentille biconcave, des ondes circulaires divergentes semblent provenir d'un point focal virtuel situé devant la lentille (fig. 2b). Le prisme dévie les ondes planes (fig. 2c).

Au-dessus des corps immergés, la profondeur de l'eau est nettement moins importante que dans les zones environnantes. Dans ces zones peu profondes, la vitesse des vagues diminue, ce qui se traduit par une longueur d'onde plus courte. Par conséquent, lorsque les vagues passent d'une eau profonde à une eau moins profonde, elles se réfractent, à l'instar des ondes lumineuses qui passent d'un milieu optiquement moins dense à un milieu optiquement plus dense.

6.3 Réflexion

- Assurez-vous que le réservoir à ondulations est rempli de 5 mm d'eau.
- Insérez l'excitateur d'ondes planes dans le bras jusqu'à ce qu'il soit complètement en place et fixez-le à l'aide de la vis moletée. Réglez la profondeur d'immersion en ajustant la hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.
- Placez la lentille biconvexe ou la lentille biconcave dans le réservoir à ondulations et observez le motif de réflexion.

Lorsque les ondes planes se réfléchissent sur des obstacles courbes, la lentille biconvexe agit comme un miroir convexe (fig. 3a), tandis que la lentille biconcave se comporte comme un miroir concave (fig. 3b).

- Placez les trois longs parallélépipèdes à un angle de 45° devant l'excitateur d'ondes afin de former un obstacle droit et continu.

Lorsque des ondes planes se réfléchissent sur un obstacle droit, celui-ci se comporte comme un miroir plat. Les ondes réfléchies restent planes et la longueur d'onde ne change pas. La loi de la réflexion s'applique : angle d'incidence = angle de réflexion (Fig. 3c).

- Répétez l'expérience en utilisant l'excitateur pour les ondes circulaires. Pour cette expérience, rapprochez l'obstacle droit du générateur d'ondes.

Lorsque des ondes circulaires se réfléchissent sur un obstacle droit, celui-ci agit comme un miroir plat. Les ondes réfléchies restent circulaires, leur origine apparaissant en un point virtuel situé derrière l'obstacle droit, symétrique par rapport au point d'excitation (Fig. 3d).

6.4 Diffraction

- Assurez-vous que le bassin à ondulations est rempli de 5 mm d'eau.
- Insérez l'excitateur pour ondes planes dans le bras jusqu'à ce qu'il soit complètement en place et fixez-le à l'aide de la vis moletée. Réglez la profondeur d'immersion en ajustant la hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.
- À l'aide de deux longs parallélépipèdes, créez séquentiellement une fente unique avec trois largeurs différentes : 1) nettement plus large que la longueur d'onde, 2) légèrement plus large que la longueur d'onde et 3) plus petite que la longueur d'onde.

Dans le premier cas, les ondes planes traversent la fente sans subir de modification notable. Des ondes circulaires d'amplitude plus faible se propagent dans la zone d'ombre à partir des bords (fig. 4a). Dans le deuxième cas, les ondes circulaires provenant des bords de la fente interfèrent entre elles. Cela produit des maxima et des minima d'interférence disposés le long d'hyperboles, les bords de la fente agissant comme des sources d'excitation des ondes (fig. 4b). Dans le troisième cas, des ondes circulaires se forment et la fente se comporte comme une source ponctuelle (fig. 4c).

- Placez un long parallélépipède dans le bac à ondulations comme obstacle.

Les bords du parallélépipède rectangulaire agissent comme des sources d'ondes circulaires qui se propagent également dans la zone d'ombre et interfèrent derrière le parallélépipède (Fig. 4d).

6.5 Interférence

- Assurez-vous que le bac à ondulations est rempli de 5 mm d'eau.
- Insérez les excitateurs pour deux et quatre ondes circulaires interférentes dans le bras l'un après l'autre et fixez-les à l'aide de la vis moletée. Réglez la profondeur d'immersion des excitateurs d'ondes en ajustant la hauteur du support de manière à ce que les bords inférieurs des excitateurs touchent juste la surface de l'eau.
- Observez les motifs d'interférence.

Les maxima et minima d'interférence sont situés le long d'hyperboles, avec des points focaux aux positions d'excitation des ondes (fig. 1c, d).

- Insérez l'excitateur pour ondes planes dans le bras jusqu'à ce qu'il soit complètement en place et fixez-le à l'aide de la vis moletée. Réglez la profondeur d'immersion en ajustant la

hauteur du support de manière à ce que le bord inférieur de l'excitateur d'ondes touche juste la surface de l'eau.

- Utilisez deux cubes longs et le cube court pour créer une double fente.
- Observez les motifs d'interférence.

Les motifs d'interférence derrière la double fente ressemblent à ceux produits par l'excitateur pour deux ondes circulaires interférentes. Selon le principe de Huygens, des fronts d'onde circulaires de fréquence et d'amplitude identiques sont générés simultanément au niveau des deux fentes (Fig. 5).

6.6 Détermination de la longueur d'onde

Pour déterminer la longueur d'onde, il faut tenir compte du facteur d'agrandissement b .

Le facteur d'agrandissement b peut être calculé, par exemple, en plaçant la lentille biconcave dans le bac à ondulations et en comparant sa taille réelle A à la taille de son image A' sur l'écran d'observation :

$$b = A'/A$$

La longueur d'onde réelle λ est alors déterminée à partir de la longueur d'onde λ' mesurée sur l'écran d'observation :

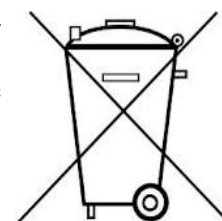
$$\lambda = \lambda'/b$$

7. Stockage et entretien

- Stockez le bac à ondulations dans un endroit exempt de poussière.
- Séchez soigneusement le réservoir à ondulations après utilisation afin d'éviter la formation de taches d'eau et de dépôts calcaires.

8. Élimination

- L'emballage doit être éliminé dans les points de recyclage locaux.
- Si vous devez éliminer l'équipement lui-même, ne le jetez jamais avec les déchets ménagers normaux. Les réglementations locales relatives à l'élimination des équipements électriques s'appliquent.



Génération d'ondes

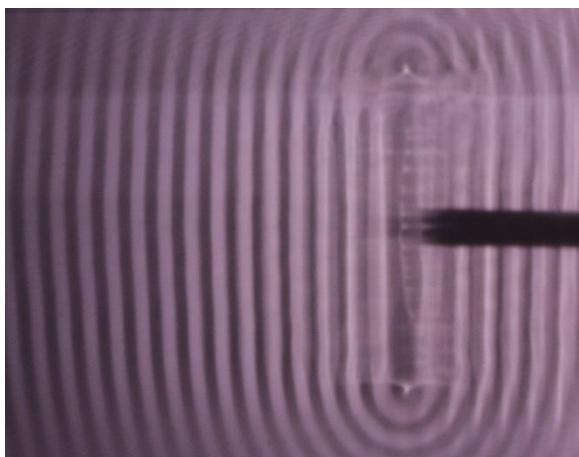


Fig. 1a : Génération d'ondes planes

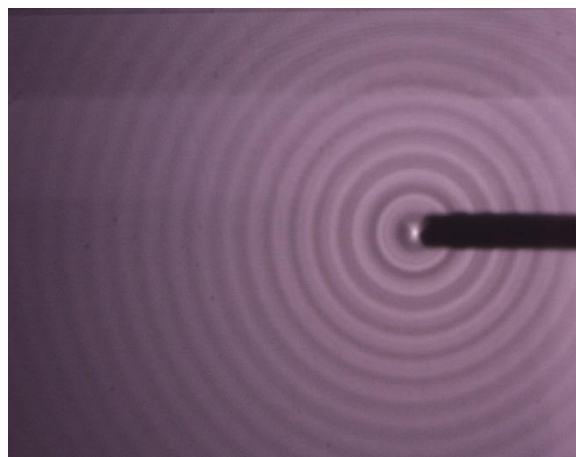


Fig. 1b : Génération d'ondes circulaires

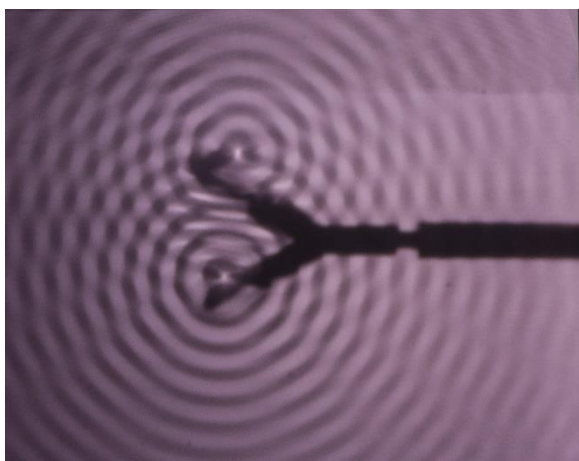


Fig. 1c : Génération de deux ondes circulaires interférentes

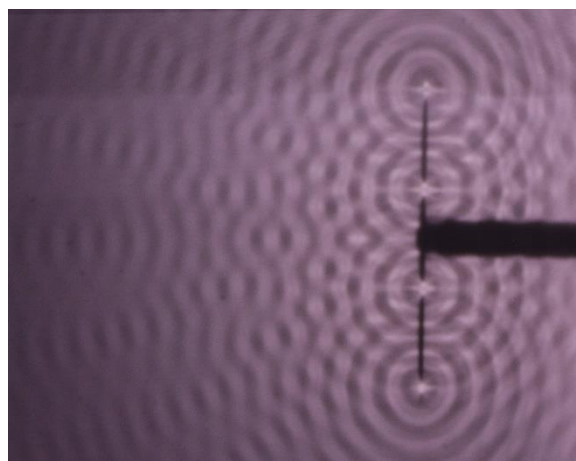


Fig. 1d : Génération de quatre ondes circulaires interférentes

Réfraction

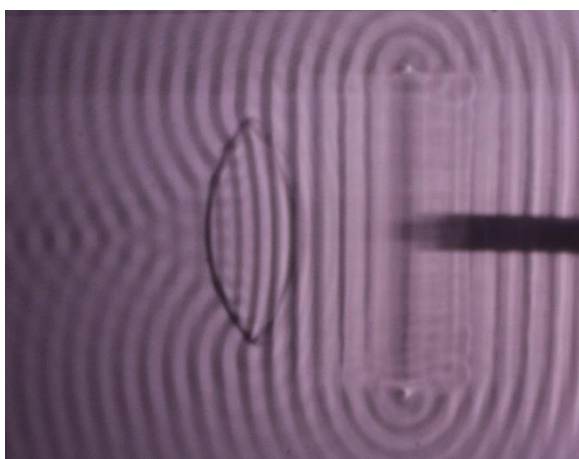


Fig. 2a : Réfraction d'ondes planes au niveau d'une lentille biconvexe

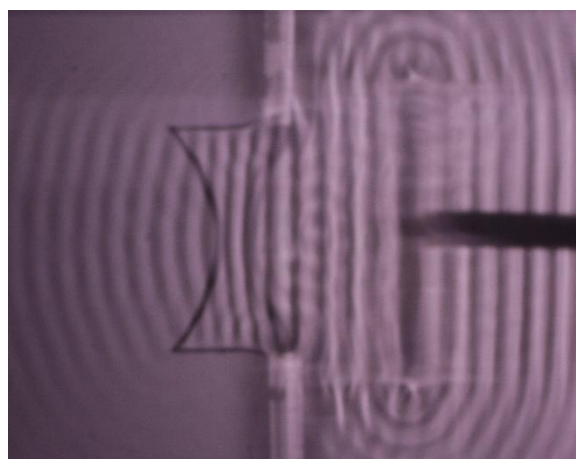


Fig. 2b : Réfraction d'ondes planes au niveau d'une lentille biconcave. Les bords avant de la lentille sont protégés par deux longs parallélépipèdes placés à la verticale afin de minimiser les effets indésirables tels que les phénomènes de diffraction et d'interférence.

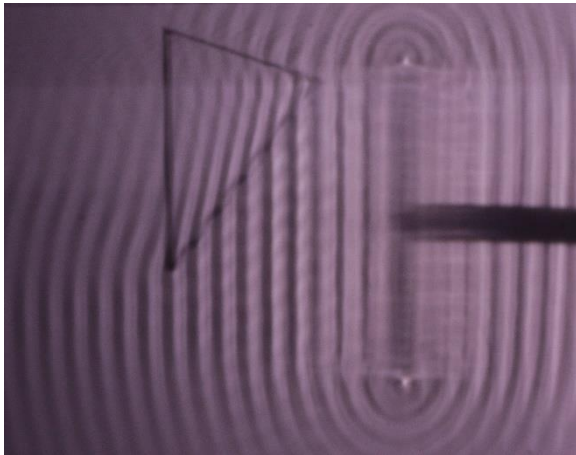


Fig. 2c : Réfraction des ondes planes au niveau d'un prisme

Réflexion

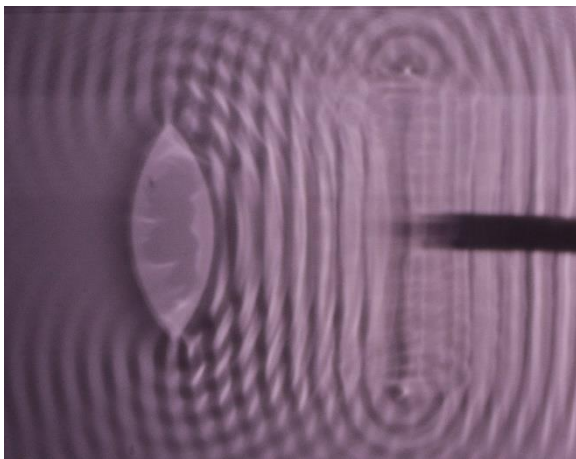


Fig. 3a : Réflexion d'ondes planes sur une lentille bi-convexe

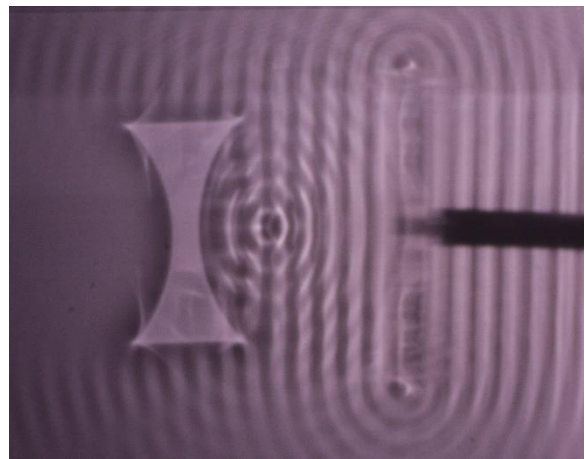


Fig. 3b : Réflexion d'ondes planes sur une lentille bi-concave

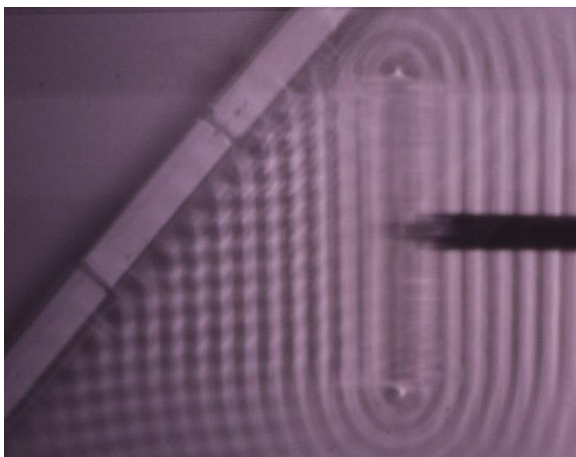


Fig. 3c : Réflexion d'ondes planes sur un obstacle droit

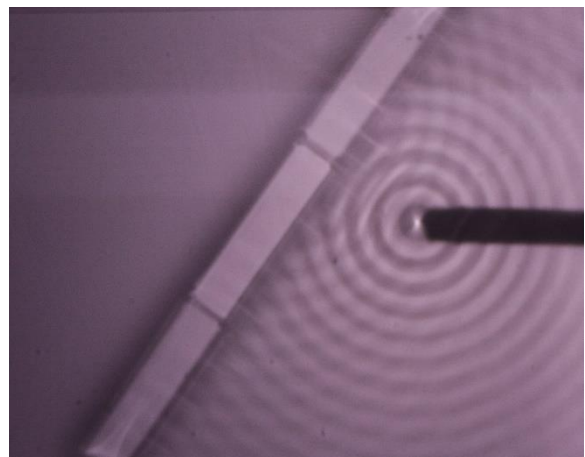


Fig. 3d : Réflexion d'ondes circulaires sur un obstacle droit

Diffraction

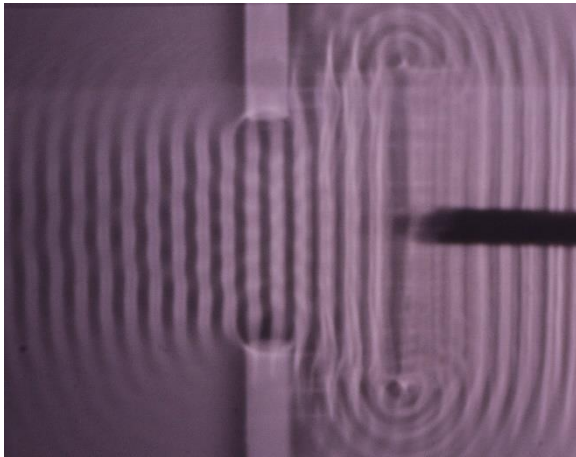


Fig. 4a : Diffraction d'ondes planes au niveau d'une fente dont la largeur est nettement supérieure à la longueur d'onde

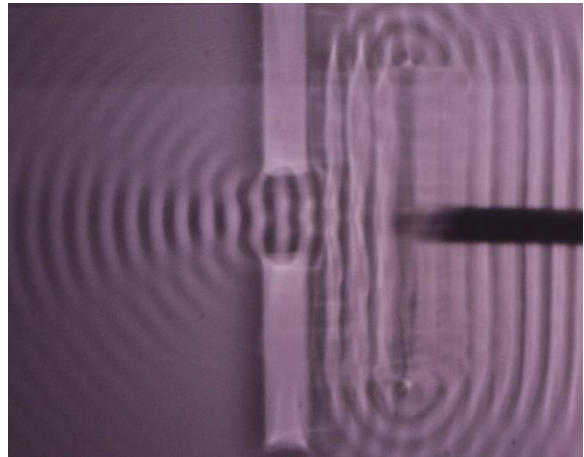


Fig. 4b : Diffraction d'ondes planes au niveau d'une fente dont la largeur est légèrement supérieure à la longueur d'onde

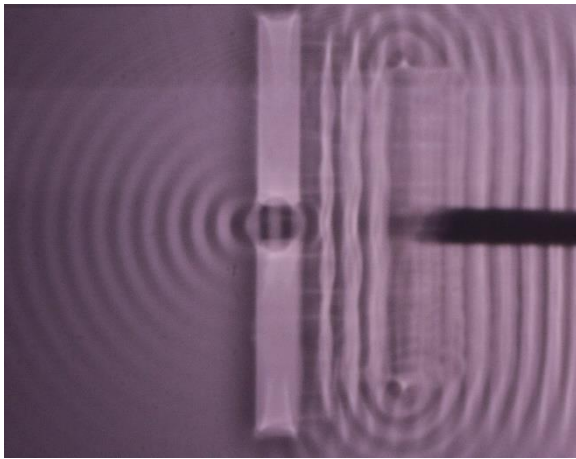


Fig. 4c : Diffraction d'ondes planes sur une fente dont la largeur est inférieure à la longueur d'onde

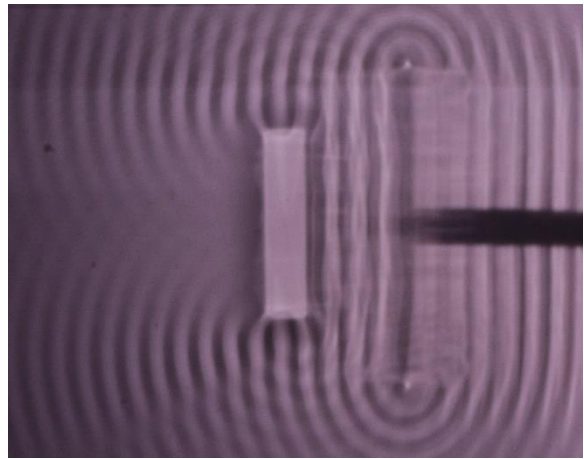


Fig. 4d : Diffraction d'ondes planes aux bords d'un parallélépipède rectangle

Interférence

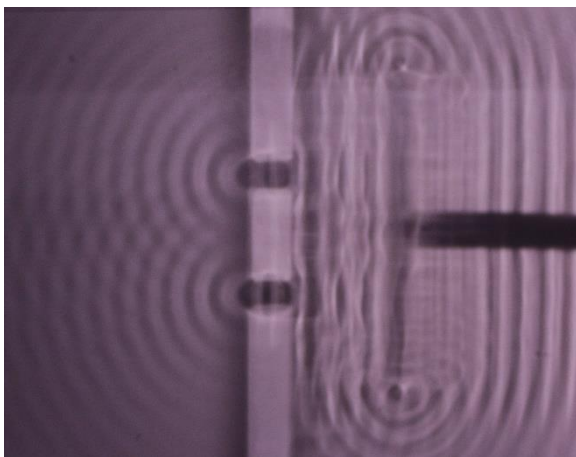


Fig. 5 : Interférence au niveau d'une double fente