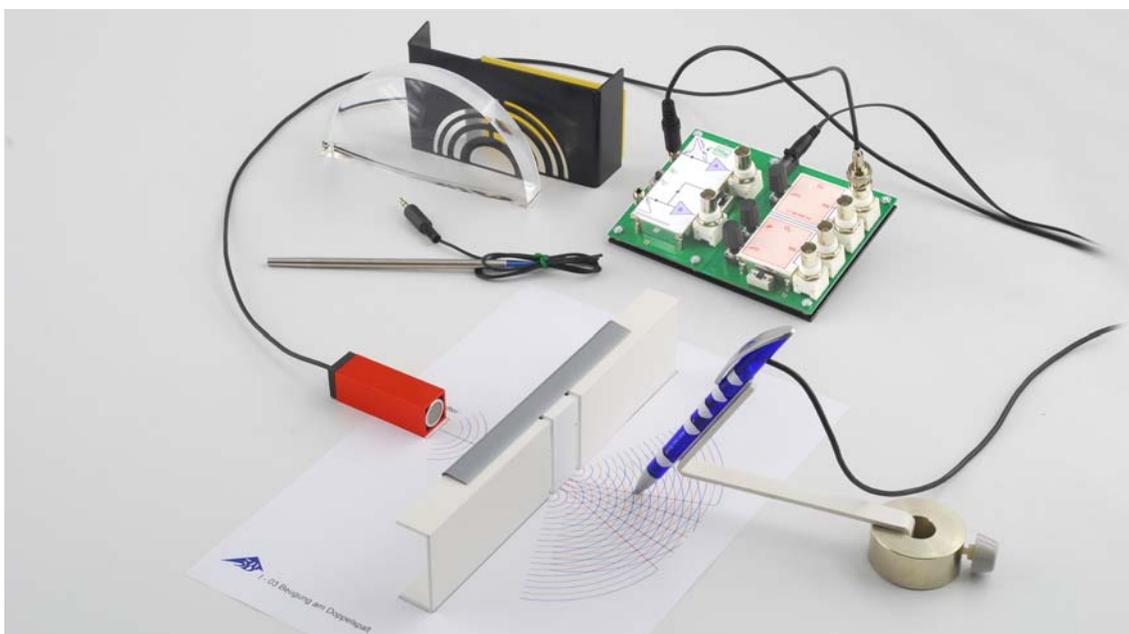


Onde ultrason SW (230 V, 50/60 Hz) 1012845
Onde ultrason SW (115 V, 50/60 Hz) 1012846

Instructions d'utilisation

08/12 TL



1. Description

L'onde ultrason SW est un équipement conçu pour représenter les propriétés fondamentales d'ondes, sur une table d'expérimentation peu encombrante, en s'appuyant sur l'exemple d'ondes ultrasons de 40 kHz.

Les ondes se propagent approximativement sur la surface de la table. Les objets de diffraction, le miroir, le miroir concave, la plaque de zone de Fresnel, etc. sont donc conçus pour le demi-espace situé au-dessus de la surface de la table. Ceci permet d'effectuer un montage expérimental clair en utilisant des feuilles de travail et des masques de support.

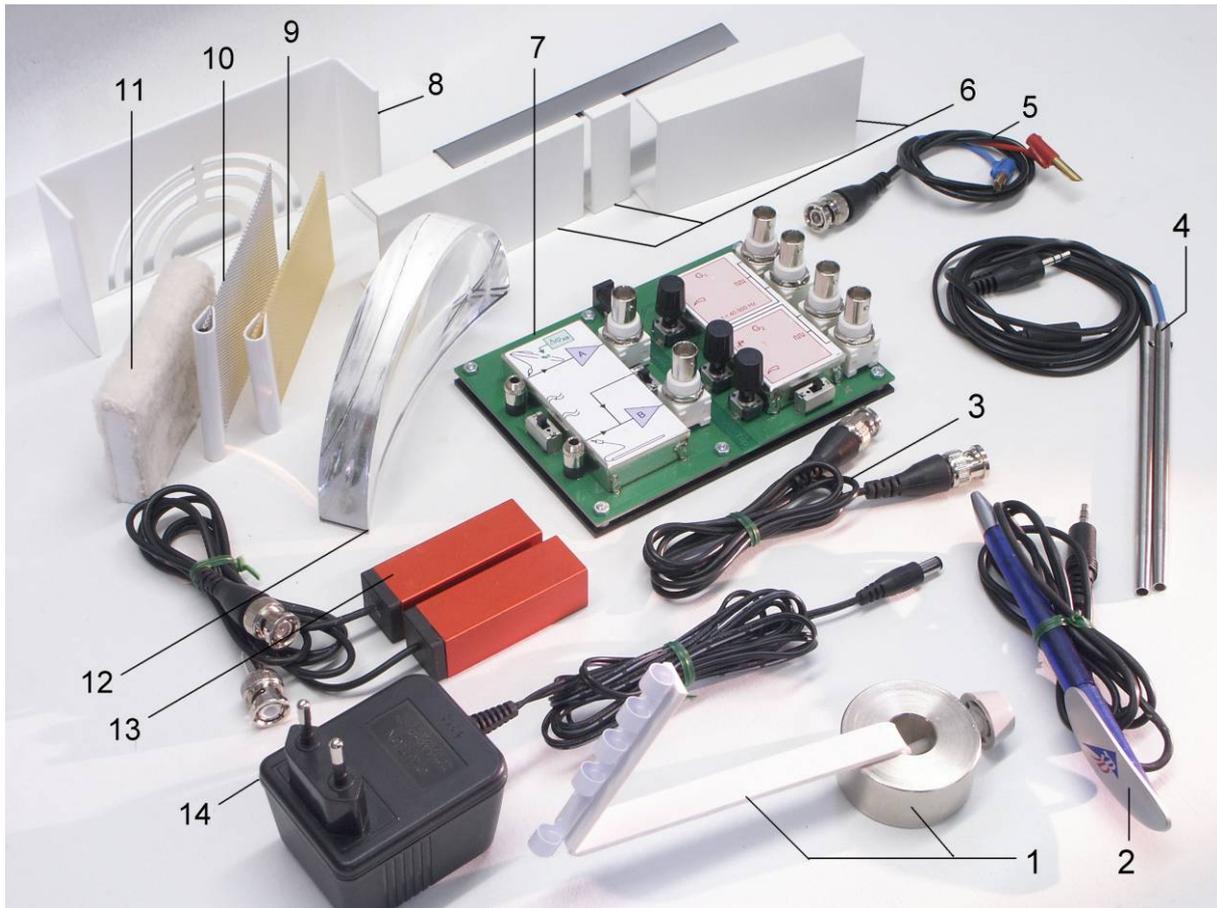
Des sondes adaptées permettent de représenter les oscillations sur n'importe quels points de l'onde, et de mesurer les champs acoustiques après réflexion, diffraction des ondes et interférence. Une de ces sondes, le stylo ultrasonique, comporte un indicateur de phases

supplémentaire sous forme de LED, dont la luminosité est réduite au minimum lorsque la différence de phase entre le point de mesure et un point de référence sélectionné, est un multiple de 360° . Ce stylo ultrasonique permet, par exemple, de tracer des fronts d'ondes sous forme de lignes de même position de phases (isophases).

Pour certaines autres expériences, il est recommandé d'utiliser également un multimètre d'une réponse en fréquence suffisante, pour mesurer les amplitudes des ultrasons. Les oscillations d'ondes peuvent être représentées au niveau de la sonde, en raccordant un oscilloscope à deux canaux.

Les équipements portant le numéro 1012845 sont conçus pour une tension de secteur de 230V ($\pm 10\%$), ceux portant le numéro 1012846 pour une tension de 115 V ($\pm 10\%$).

2. Contenu du colis



- 1 Support pour stylo ultrasonique
- 2 Stylo ultrasonique
- 3 2 câbles BNC d'1 m
- 4 2 sondes microphoniques
- 5 Câble BNC/ 4 mm
- 6 Un ensemble pour fente double
comprenant deux miroirs/rélecteurs
- 7 Système électronique professionnel
- 8 Plaque de zone de Fresnel
- 9 Miroir partiellement transparent à 50%
- 10 Miroir partiellement transparent à 25%
- 11 Absorbeur d'ultrasons
- 12 Miroir concave
- 13 2 absorbeurs d'ultrasons 40 kHz
- 14 Bloc d'alimentation (230 V, 50/60 Hz)
ou
Bloc d'alimentation (115 V, 50/60 Hz)
non représenté
- Jeu de masques de support non représenté

3. Sécurité électrique

L'onde ultrason SW répond aux dispositions de sécurité relatives aux appareils électriques de mesure, de commande, de réglage et de laboratoire, selon DIN EN 61010 partie 1. Cet appareil doit être utilisé dans des endroits secs, adaptés à l'utilisation de matériel électrique.

Une utilisation conforme aux dispositions, garantit le fonctionnement sûr de l'équipement. Toutefois, la sécurité n'est pas garantie lorsque les appareils ne sont pas utilisés conformément aux dispositions ou sont traités négligemment.

4. Conformité CE

L'ensemble onde ultrason SW (le système électronique, le stylo ultrasonique et la sonde microphonique) est conforme à la directive européenne sur la compatibilité électromagnétique (CEM) (CEE 108/2004) et est donc conforme à la norme CE.

5. Composants

5.1 Système électronique d'exploitation

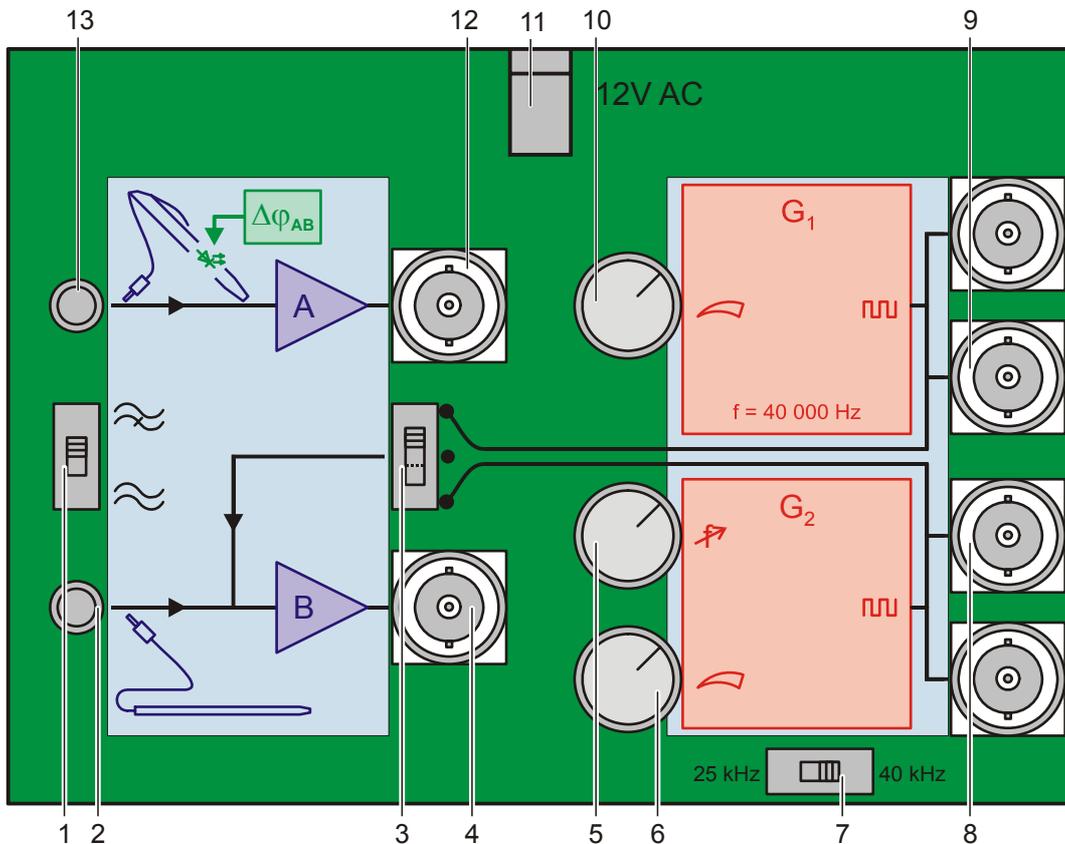


Fig. 1 Système électronique d'exploitation

- 1 Interrupteur S1
- 2 Canal d'entrée B
- 3 Interrupteur S2
- 4 Canal de sortie B
- 5 Régulateur de fréquence du générateur G2
- 6 Régulateur d'amplitude du générateur G2
- 7 Interrupteur S3
- 8 Sorties du générateur G2
- 9 Sorties du générateur G1
- 10 Régulateur d'amplitude du générateur G1
- 11 Douille creuse pour alimentation enfichable
- 12 Sortie du canal A
- 13 Entrée du canal A

Le système électronique sert à alimenter l'émetteur d'ultrasons, à amplifier les signaux émis par les sondes microphoniques ou par le stylo ultrasonique, et à piloter l'indicateur de phase du stylo ultrasonique.

Le système électronique est composé d'un bloc générateur en deux parties et d'un bloc amplificateur à deux canaux qui comporte une unité fonctionnelle, permettant de comparer les phases entre les deux canaux.

Les tensions alternatives pour l'émetteur d'ultrasons, sont produites dans le bloc générateur. Le générateur G1 est stabilisé à 40,000 kHz par un quartz oscillant, alors qu'une fréquence pouvant varier de 0,5 % et commutable entre 25 et 40 kHz est disponible au niveau du générateur G2. Les deux générateurs disposent d'un régulateur d'amplitude et de deux prises de sortie branchées en parallèle.

Dans le bloc amplificateur, les tensions électriques des sondes à ultrasons sont amplifiées et branchées sur les prises BNC. Il est possible d'utiliser un filtre passe-haut pour les deux canaux, afin de filtrer les sons basse fréquence.

Un groupe fonctionnel, succédant aux amplificateurs d'entrée, compare les signaux des canaux A et B et les transforme en un courant continu, proportionnel à la différence de phases. Ce courant est amené au stylo ultrasonique via la prise d'entrée du canal A. Si la différence de phases correspond à un multiple de 360°, la LED du stylo ultrasonique s'éclaire très peu.

Générateur G1 :

Fréquence : 40,000 kHz,
stabilisée par quartz
Amplitude : réglable
Sortie : 2 prises BNC,
branchées en parallèle

Générateur G2 :

Plage de fréquence 1 : env. 38 à 42 kHz
Plage de fréquence 2 : env. 24 à 26 kHz
Plage de fréquence : commutable
Amplitude : réglable
Sortie : 2 prises BNC,
branchées en parallèle

Amplificateur (canal A et B) :

Résistance d'entrée : 10 k Ω
Tension initiale : 8 V
Amplification : env. 100
Résistance de sortie : 1 k Ω
Plage de fréquence : 2 kHz à 43 kHz
(\pm 3dB) avec filtre
passe-haut
2 Hz à 43 kHz
(\pm 3dB) sans filtre
passe-haut
Entrées : Connecteur jack
Sorties : Prise BNC

Comparaison des phases entre A et B :

Courant de commande
pour stylo ultrasonique : 0 à 15 mA (CC)
Couplage sur B : Signal du générateur G1,
signal du générateur G2
ou arrêté

Informations générales :

Alimentation : 12 V CA, 500 mA
à partir du bloc
d'alimentation
Dimensions : env. 100x140x45 mm³
Poids : env. 530 g avec le bloc
d'alimentation

Bloc d'alimentation pour 1012845 :

Côté primaire : 230 V, 50/60 Hz
Côté secondaire : 12 V CA; 750 mA

Bloc d'alimentation pour 1012846 :

Côté primaire : 115 V, 50/60 Hz
Côté secondaire : 12 V CA; 500 mA

5.2 Émetteur d'ultrasons 40 kHz

Émetteur d'ultrasons conçu pour être posé sur la table de travail avec convertisseur d'ultrasons aligné avec l'orifice de sortie, dans un tube en aluminium. Courbe caractéristique de résonance peu marquée, pour une utilisation dans la plage de fréquence 1 du générateur G2, ou avec la fréquence fixe de 40,000 kHz

Précision : La plage de fréquence 2 du système électronique US, ne peut être émise qu'à l'aide d'un convertisseur séparé qui n'est pas inclus dans le contenu du colis SW.

Tension d'entrée : 20 V CA RMS/
70 Vpp max.
Impédance : > 500 Ω
Pression sonore : 110 dB pour 10 V
Largeur de bande : > 7 kHz / -90 dB
Fréquence : 40 kHz (\pm 1 kHz)
Connexion : Connecteur BNC
Dimensions : env. 20 x 20 x 60 mm³
Longueur du câble : env. 1 m

5.3 Sonde microphonique

Mise en garde : Le convertisseur, contenu dans la sonde microphonique, est très sensible à l'humidité et aux influences mécaniques.

- Ne soumettre le convertisseur à aucuns efforts mécaniques et ne pas le laisser entrer en contact avec des liquides.

Sonde microphonique conçue pour être posée sur la table de travail avec convertisseur placé à proximité de l'orifice d'entrée, dans un tube métallique fin.

Plage de fréquence : 1 Hz à 43 kHz
Sortie : Signal pour les
canaux A ou B
Connexion : Connecteur jack 3,5
mm
(pointe)
Longueur du câble : env. 1 m
Dimensions : env. 6 mm \varnothing x 150 mm
Poids : env. 25 g

5.4 Stylo ultrasonique (avec support)

Mise en garde : Le convertisseur, contenu dans le stylo ultrasonique, est très sensible à l'humidité et aux influences mécaniques.

- Ne soumettre le convertisseur à aucuns efforts mécaniques et ne pas le laisser entrer en contact avec des liquides.

Sonde à ultrasons avec convertisseur intégré et indicateur de phases sous forme d'une LED, dont la commande de courant est générée à partir des tensions des signaux A et B dans le système électronique. La luminosité de la LED est réduite au minimum lorsque la différence de phases entre le point de mesure et un point de référence sélectionné correspond à un multiple de 360° .

Support ou guidage dans la main, ou pour éviter les réflexions gênantes, dans le support fourni.

Entrée de l'indicateur de phases

(uniquement à partir

du canal A) :

Plage de fréquence :

Sortie :

Connexion :

Longueur du câble :

Dimensions :

Poids :

0 à 15 mA (CC)

1 Hz à 43 kHz

Signal pour les canaux A ou B

Connecteur jack 3,5 mm

Entrée : bague

Sortie : pointe

env. 1 m

env. 10 mm \varnothing x 150 mm

env. 32 g sans support

5.5 Miroir concave

Miroir concave en plastique transparent conçu pour le semi-espace situé au-dessus de la surface de la table.

Distance focale :

Rayon de courbure :

Dimensions :

100 mm

200 mm

env. 140 x 20 x 70 mm²

5.6 Plaque de zone de Fresnel

Plaque de zone de Fresnel en plastique, conçue pour le semi-espace au-dessus de la surface de la table.

Distance focale :

Dimensions :

35 mm

env. 140 x 20 x 50 mm²

5.7 Absorbeur d'ultrasons

Composants permettant de démontrer l'insonorisation ou de supprimer un son direct entre l'émetteur et la sonde microphonique, dans certaines expériences.

Surface :

Dimensions :

Frise textile

env. 80 x 15 x 50 mm²

5.8 Ensemble pour fente double

Jeu d'appareils pour le montage d'une fente double ou simple ou à utiliser comme réflecteurs ou miroirs.

Surface :

Dimensions :

plastifiée

env. 100 x 20 x 50 mm³

ou

env. 20 x 20 x 50 mm³

5.9 Miroir partiellement transparent (50%) et miroir partiellement transparent (25%)

Miroir en partie transparent et en partie réfléchissant, en plastique perforé (50%) ou en métal déployé aluminium (25%).

Dimensions :

env. 100 x 20 x 60 mm³

5.10 Câble BNC

Pour raccorder les sorties de l'amplificateur à un oscilloscope.

Longueur du câble :

env. 1 m

5.11 Câble BNC/ 4 mm

Pour raccorder les sorties de l'amplificateur à un voltmètre analogique.

Longueur du câble :

env. 1 m

5.12 Jeu de feuilles de travail

Feuilles de travail pour les expériences :

- Diffraction par une arête
- Propagation des ondes derrière une fente
- Diffraction au niveau de la double fente
- Interférence constructive et destructive lors de la diffraction au niveau de la double fente
- Miroir de Lloyd
- Montage d'un interféromètre simple
- Montage d'un interféromètre de Michelson

6. Utilisation

6.1 Expériences sur les ultrasons avec une fréquence de 40,000 kHz

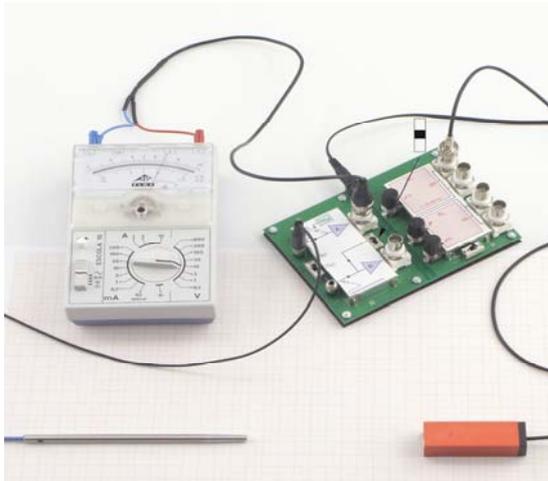


Fig. 2 Mesure de l'amplitude des ultrasons à l'aide d'un multimètre

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 sonde microphonique
- ou
- 1 stylo ultrasonique
- 1 câble BNC
- ou
- 1 câble BNC/4 mm

Accessoires :

- 1 oscilloscope USB 2x40 MHz 1012845
- ou
- 1 oscilloscope analogique 2x20 MHz 1008695
- ou
- 1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (⌘) et régler l'interrupteur S2 sur .
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz à la sortie du générateur G1.
- Placer la sonde microphonique face à l'émetteur, et la raccorder à l'entrée du canal A ou B du système électronique d'exploitation.

Précision : La sonde microphonique peut être remplacée par le stylo ultrasonique, raccordé au canal A ou B. Sa pointe sera orientée vers la source sonore.

- Raccorder la sortie du canal à l'oscilloscope (plages de mesure 1 V/DIV, 2 μs/DIV) ou au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).

- Observer les amplitudes des oscillations avec l'oscilloscope ou le mouvement du multimètre, et modifier l'amplitude des ultrasons de l'émetteur à l'aide du régulateur d'amplitudes.

Précision : Le mouvement de l'aiguille du multimètre réagit proportionnellement à l'amplitude configurée. En cas d'amplitudes plus élevées, l'amplificateur est surmodulé et la tension de sortie rectangulaire, car le niveau de tension à la sortie A ne varie plus qu'entre la tension de service négative et positive du système électronique d'exploitation. L'oscilloscope affiche alors une courbe trapézoïdale ou rectangulaire.

6.2 Expériences sur les ultrasons avec une fréquence variable

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 sonde microphonique
- ou
- 1 stylo ultrasonique
- 1 Câble BNC

Accessoires :

- 1 oscilloscope USB 2x40 MHz 1012845
- ou
- 1 oscilloscope analogique 2x20 MHz 1008695

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (⌘) et régler l'interrupteur S2 sur .
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz à la sortie du générateur G2.
- Placer la sonde microphonique face à l'émetteur, et la raccorder à l'entrée du canal A ou B du système électronique d'exploitation.
Précision : La sonde microphonique peut être remplacée par le stylo ultrasonique, raccordé au canal A ou B. Sa pointe sera orientée vers la source sonore.
- Raccorder la sortie du canal à l'oscilloscope (plages de mesure 1 V/DIV, 2 μs/DIV).
- Observer les amplitudes des oscillations avec l'oscilloscope et modifier l'amplitude des ultrasons de l'émetteur avec le régulateur d'amplitudes.
- Observer la durée des oscillations avec l'oscilloscope et modifier la fréquence de l'émetteur avec le régulateur de fréquences.

6.3 Analyse des différences de phases à l'aide de l'indicateur de phases du stylo ultrasonique

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 Stylo ultrasonique
- 2 Câbles BNC

Accessoires :

- 1 oscilloscope USB 2x40 MHz 1012845
ou
- 1 oscilloscope analogique 2x20 MHz 1008695

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons au générateur G1 ou au générateur G2.
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A.
- Mettre le filtre passe-haut en marche avec l'interrupteur S1 (☞) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur  ou pour le couplage du générateur G2 sur .
- Raccorder les sorties des canaux à l'oscilloscope.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de la LED, en tant qu'indicateur de phases, soit réduite au minimum, et comparer les rapports de phases entre les deux signaux.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de la LED, en tant qu'indicateur de phases, soit maximale, et comparer les rapports de phases entre les deux signaux.

Précision : L'indicateur de phase affiche la différence de phases entre le signal du générateur et le signal du récepteur du stylo ultrasonique.

Le rapport de phases entre deux points quelconques de l'onde à ultrasons, est analysé lorsqu'une sonde microphonique est raccordée au canal A, et l'interrupteur S2 est réglé sur .

6.4 Tracé d'isophases ou détermination de la longueur d'ondes à l'aide du stylo ultrasonique

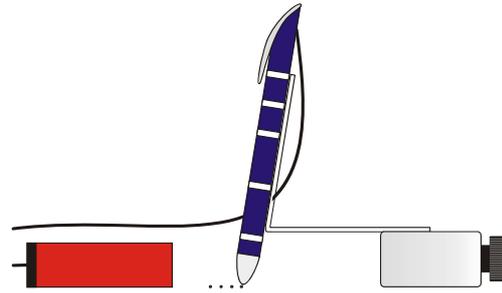


Fig. 3 Le stylo ultrasonique est posé sur la plaque de travail et orienté vers la source sonore.

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 Stylo ultrasonique
- 1 Support pour stylo ultrasonique

- Utiliser une feuille de papier comme surface de contact.
- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder, par exemple, l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact, et l'orienter, avec le support, vers l'émetteur.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (☞) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur .
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que la luminosité de l'indicateur de phases soit minimale.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

Pour le tracé des isophases :

- Déplacer le stylo ultrasonique en diagonal par rapport au sens de rayonnement, de sorte que la luminosité de l'indicateur de phases soit minimale. Vérifier l'orientation par rapport à l'émetteur.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

Pour déterminer la longueur des ondes :

- Déplacer le stylo ultrasonique dans le sens du rayonnement, jusqu'à ce que l'indicateur de phases s'éclaire légèrement.
- Avec un stylo à pointe fine, marquer la position de la pointe du stylo ultrasonique sur le papier.

7. Expériences

7.1 Miroir de Lloyd

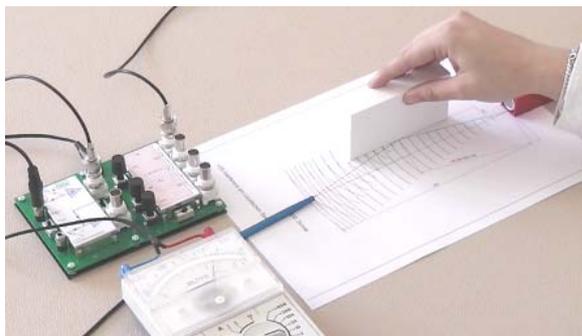


Fig. 4 Réflexion sur le miroir de Lloyd

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 sonde microphonique
- 1 réflecteur
- 1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder la sonde microphonique au canal A et la placer à une certaine distance, face à l'émetteur.
- Raccorder la sortie du canal au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (\approx) et régler l'interrupteur S2 sur \square .
- Placer le réflecteur de façon à ce qu'il soit parallèle au rayon direct.
- Modifier la distance entre le réflecteur et le rayon direct, en tenant compte des valeurs maximales et minimales de l'amplitude sonore mesurées.

Précision : Si la distance entre la surface tendue par l'émetteur et le récepteur, et les surfaces réfléchissantes, telles que la plaque de travail, prennent certaines valeurs, le rayon direct et le rayon qui se reflète sur la surface, peuvent se superposer de façon destructive. Le miroir de Lloyd permet de déterminer la distance minimale nécessaire à cet effet. Cet effet n'apparaît plus lorsque cette distance n'est pas atteinte en disposant l'émetteur et le récepteur directement sur la plaque de travail.

7.2 Réfléchissement dans un miroir concave

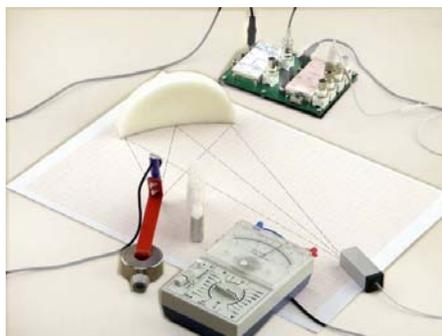


Fig. 5 Réfléchissement d'un faisceau acoustique divergent dans un miroir concave.

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 stylo ultrasonique avec support ou
- 1 sonde microphonique
- 1 miroir concave
- 1 absorbeur
- 1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons, au générateur G1.
- Raccorder le stylo ultrasonique ou la sonde microphonique au canal A et la placer à une certaine distance, face à l'émetteur.
- Raccorder la sortie du canal au multimètre (plage de mesure : CA, 10 V).
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (\approx) et régler l'interrupteur S2 sur \square .
- Poser le miroir concave et orienter l'émetteur sur le miroir.
- Placer le réflecteur de façon à ce qu'il soit parallèle au rayon direct.
- Déterminer la position optimale du récepteur par le biais d'une construction géométrique et y installer le stylo ultrasonique.
- Déplacer le stylo ultrasonique de façon à obtenir le signal maximal du récepteur.

Précision : La disposition de l'émetteur et du récepteur par rapport au miroir concave, est comparable à une installation de réception satellite.

7.3 Diffraction par une arête

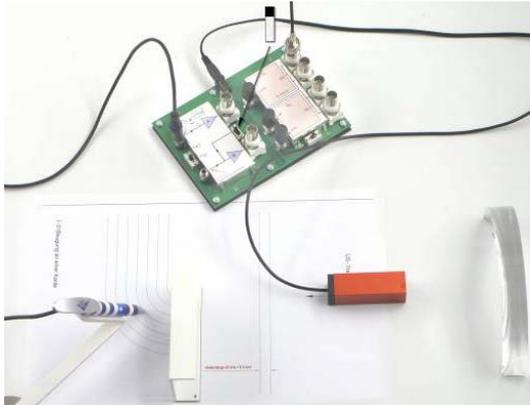


Fig. 6 Tracé des isophases lors de la diffraction d'ondes planes par une arête

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 stylo ultrasonique avec support
- 1 miroir concave
- 1 réflecteur

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Poser le miroir concave et marquer le point focal (distance focale de 100 mm).
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons au générateur G1 et l'orienter vers le miroir concave, au niveau du point focal du miroir.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (⊗) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur
- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact.
- Placer le stylo ultrasonique derrière l'émetteur et l'orienter vers le miroir concave.
- Déplacer le stylo ultrasonique de sorte que l'indicateur de phases s'éteigne, puis marquer la position du stylo ultrasonique sur le support.
- Pour tracer les fronts d'ondes après réfléchissement dans le miroir concave, déplacer le stylo ultrasonique en diagonal, par rapport à l'axe du faisceau, et marquer les points de luminosité minimale de l'indicateur de phases.
- Déplacer le stylo ultrasonique en direction du rayonnement et tracer l'isophase suivante.
- Utiliser le réflecteur comme arête de diffraction et déterminer les isophases modifiées par la diffraction.

Précision : Les isophases (points de luminosité minimale) correspondent à une "fermeture rapide" des fronts d'ondes. La distance entre deux isophases est égale à une longueur d'onde.

7.4 Diffraction à double fente.

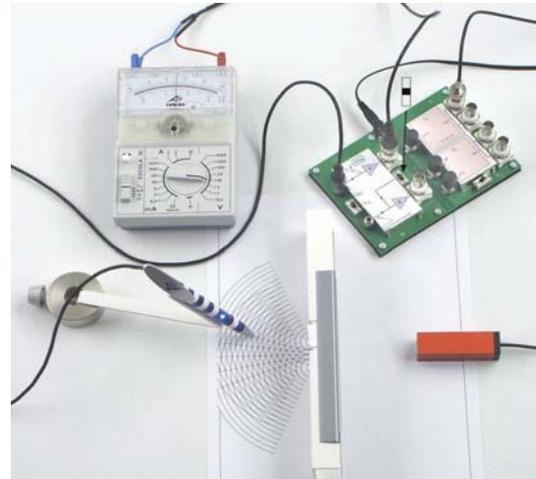


Fig. 7 Diffraction à double fente.

Précision : De nouveaux fronts d'ondes circulaires apparaissent dans les deux fentes, fronts d'ondes qui, sur la feuille de travail, étaient dessinés à une distance égale à une demi-longueur d'onde. Leurs intersections forment des lignes (hyperboles) d'interférence destructive et constructive.

Éléments nécessaires :

- 1 système électronique d'exploitation avec bloc d'alimentation
- 1 émetteur d'ultrasons 40 kHz
- 1 stylo ultrasonique avec support
- 1 ensemble pour fente double
- 1 absorbeur
- 1 Câble BNC/ 4 mm

Accessoires :

- 1 multimètre ESCOLA 10 1006810

- Pour alimenter l'appareil d'exploitation, brancher le bloc d'alimentation fourni.
- Utiliser une feuille de travail.
- Construire une double fente et veiller à ce que les largeurs des fentes soient équivalentes (env. 5 mm).
- Raccorder l'émetteur d'ultrasons 40 kHz au générateur G1 et l'orienter vers le centre de la double fente.
- Mettre le filtre passe-haut en marche à l'aide de l'interrupteur S1 (⊗) et régler l'interrupteur S2, pour le couplage du générateur G1, sur .

- Raccorder le stylo ultrasonique au canal A et le monter dans le support de sorte que la pointe soit à env. 1 mm de distance de la surface de contact.
- Poser le stylo ultrasonique et son support derrière la double fente, sur un front d'onde tracé.
- Déplacer l'émetteur d'ultrasons en direction du rayonnement, jusqu'à ce que l'indicateur de phases s'éteigne.
- En déplaçant le stylo ultrasonique, suivre les fronts d'ondes qui se dessinent sur la feuille de travail.
- Placer le stylo ultrasonique sur un point d'une hyperbole bleue, bien orienté vers le centre de la double fente, et identifier les valeurs minimales indiquées par l'aiguille du multimètre, comme des valeurs minimales de diffraction.
- Déplacer le stylo ultrasonique parallèlement à la double fente et lire les valeurs maximales et minimales de diffraction.
- Placer le stylo ultrasonique sur un point d'une hyperbole bleue, bien orienté vers le centre de la double fente, et identifier les valeurs minimales indiquées par l'aiguille du multimètre, comme des valeurs minimales de diffraction.

Précision : Si le stylo ultrasonique se trouve dans la position d'une première valeur minimale, il est possible d'augmenter considérablement l'intensité au niveau du point de mesure, en recouvrant la première ou la seconde fente. A l'aide de l'oscilloscope, on peut démontrer que les courbes de mesure de la première et de la deuxième fente, ont été déplacées de 180° pour une même amplitude.

8. Traitement des déchets

Ne pas jeter l'appareil dans les ordures ménagères !

- Déposer l'emballage et les composants dans les centres de recyclage locaux.

