

Contenu à la livraison :**Version WEU 110**

- 1 émetteur Ultrasons
- 1 récepteur Ultrasons
- 1 console génératrice d'ultrasons
- 1 transformateur 5V

Version WEU 113

- 2 émetteurs Ultrasons
- 1 récepteur Ultrasons
- 1 console génératrice d'ultrasons
- 1 transformateur 5V
- 1 système d'écartement réglable pour faire varier la distance entre les 2 émetteurs
- 1 cavalier à déplacement latéral sur 50cm pour faire le relevé des interférences

Version WEU 115

- 2 émetteurs Ultrasons
- 2 récepteurs Ultrasons
- 1 console génératrice d'ultrasons
- 1 transformateur 5V
- 1 système d'écartement réglable pour faire varier la distance entre les 2 émetteurs
- 1 cavalier à déplacement latéral sur 50cm pour faire le relevé des interférences
- 4 écrans obstacle d'étude des phénomènes ondulatoires
- 1 valise de rangement

**Accessoires complémentaires recommandés :**

Banc d'optique triangulaire ou prismatique

1 ou 2 cavaliers triangulaires simple

3 à 6 câbles BNC

Oscilloscope 2 voies

Écran sur tige ou planche (pour l'expérience du sonar entre autre)

CONSEILS IMPORTANTS

- **Ne pas mélanger les émetteurs entre plusieurs kits**

Les émetteurs ont tous une sensibilité et une fréquence légèrement différente.

Dans les kits WEU 113 ou WEU 115, ceux-ci ont été testés et appairés afin que vous disposiez d'émetteurs les plus semblables possibles pour donner les meilleurs résultats lors de vos expériences d'interférences notamment.

Dans le kit numéro 99 par exemple, vous trouvez ainsi 2 émetteurs appairés appelés **E99** et **E'99** et 1 récepteur.

- **Ne pas inverser émetteur et récepteur**

Pour optimiser puissance, sensibilité et faible bruit, les émetteurs et récepteurs disposent d'une conception différente, les récepteurs ont un support en matière plastique afin de réduire les bruits électromagnétiques dans le circuit de réception. Il est donc préférable de bien respecter leurs rôles attribués pour des résultats de meilleure qualité.

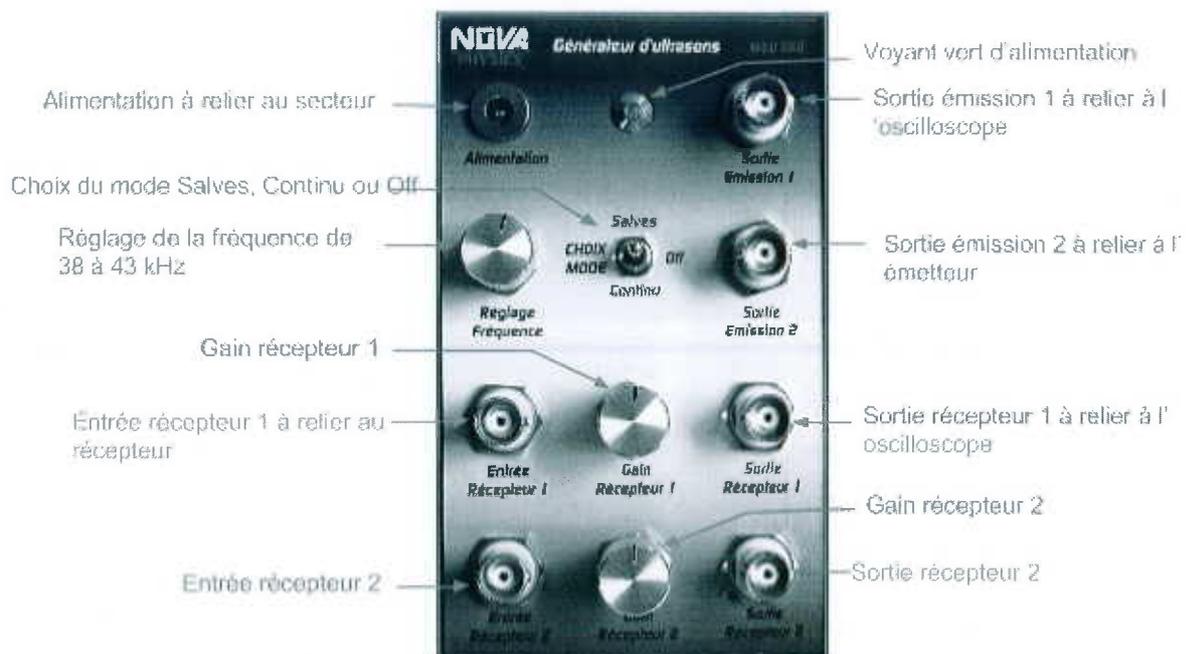
- **Synchroniser le signal à l'oscilloscope**

La synchronisation se fait de manière avantageuse sur le signal d'émission. En mode pulsé la première période du train d'impulsions est légèrement surélevée afin de se synchroniser facilement sur tous les modèles d'oscilloscopes.

Exemples d'expériences réalisables :

- Résonance et cône d'émission des transducteurs ultrasonores
- Vitesse de propagation d'une onde ultrasonore
- Réflexion d'une onde ultrasonore, principe du sonar, radar, télémètre
- Interférences induites par 2 émetteurs synchrones
- Déphasage, nœuds et ventres
- Diffraction et Interférences par des obstacles

FONCTIONNEMENT DU GENERATEUR ULTRASONS



Alimentation (fournie) : Transformateur 5V avec connecteur Jack 2.5 et interrupteur

Le voyant jaune d'alimentation vous indique si le générateur est bien branché.

Choix du Mode :

- **Salves (haut)** : Émission d'une salve de 16 périodes à 40kHz toutes les 42ms
- **Off (centre)** : Pas d'émission
- **Continu (bas)** : Émission sinusoïdale continue à la fréquence sélectionnée

Réglage Fréquence : Permet de faire varier la fréquence de l'émetteur entre 38 et 42kHz (en mode continu uniquement)

Sorties Émission 1 et 2 : Permet de connecter 2 émetteurs de façon synchrone, ou d'utiliser la seconde sortie émission pour visualiser le signal à l'oscilloscope.

Entrées Récepteur 1 et 2 : Permet de recevoir 2 récepteurs simultanément

Gain Récepteur 1 et 2 : Permet d'amplifier indépendamment les signaux reçus

Sorties Récepteur 1 et 2 : Permet de visualiser les signaux amplifiés à l'oscilloscope

EXPERIENCES

I - Résonance et cône d'émission des transducteurs ultrasonores

Matériel à utiliser : Kit WEU 110

1. Émission d'une onde ultrasonore :

- Mettre sous tension le générateur d'ultrasons :
 - Brancher le cordon d'alimentation au secteur et connecter le au générateur d'ultrasons
 - Allumer le générateur à l'aide de l'interrupteur positionné sur le cordon d'alimentation
 - Vérifier que le voyant vert est allumé
- Relier la "Sortie Emission 1" du générateur à la voie 1 de l'oscilloscope à l'aide d'un câble coaxial
- Brancher un émetteur (contour métallique) sur la "Sortie Emision 2" du générateur à l'aide d'un câble coaxial
- Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur le mode continu (vers le bas)
- Régler la fréquence sur 40 kHz environ à l'aide du potentiomètre "Réglage Fréquence" (en la mesurant sur l'oscilloscope)

2. Réception d'une onde ultrasonore:

Afin de réceptionner les ondes ultrasonores émises par le premier transducteur, il faut :

- Placer un récepteur (contour en plastique) à 25 cm de l'émetteur et face à ce dernier
- Relier le récepteur à "l'Entrée Récepteur 1" du générateur
- Relier la "Sortie Récepteur 1" à la voie 2 de l'oscilloscope
- Régler le "Gain Récepteur 1" à l'aide du bouton placé sur le générateur afin d'obtenir un signal d'amplitude suffisante et non saturé sur l'oscilloscope.

3. Déterminer la fréquence de résonance :

- Conserver le branchement réalisé précédemment
 - Placer chacun des transducteurs sur un cavalier
 - Placer les cavaliers contenant les transducteurs sur un banc gradué, l'un en face de l'autre
 - Faire varier la fréquence à l'aide du bouton "Réglage Fréquence" placé sur le générateur
- Relever la fréquence pour laquelle l'amplitude du signal est maximale et conserver la pour le reste des expériences. Il s'agit de la fréquence naturelle de vibration du transducteur aussi appelée fréquence de résonance.

Remarque : Seul le mode continu réglable en fréquence peut servir à cette manipulation.

Le mode pulsé à une fréquence fixe à 40kHz et le bouton de réglage en fréquence n'a pas d'action sur ce mode.

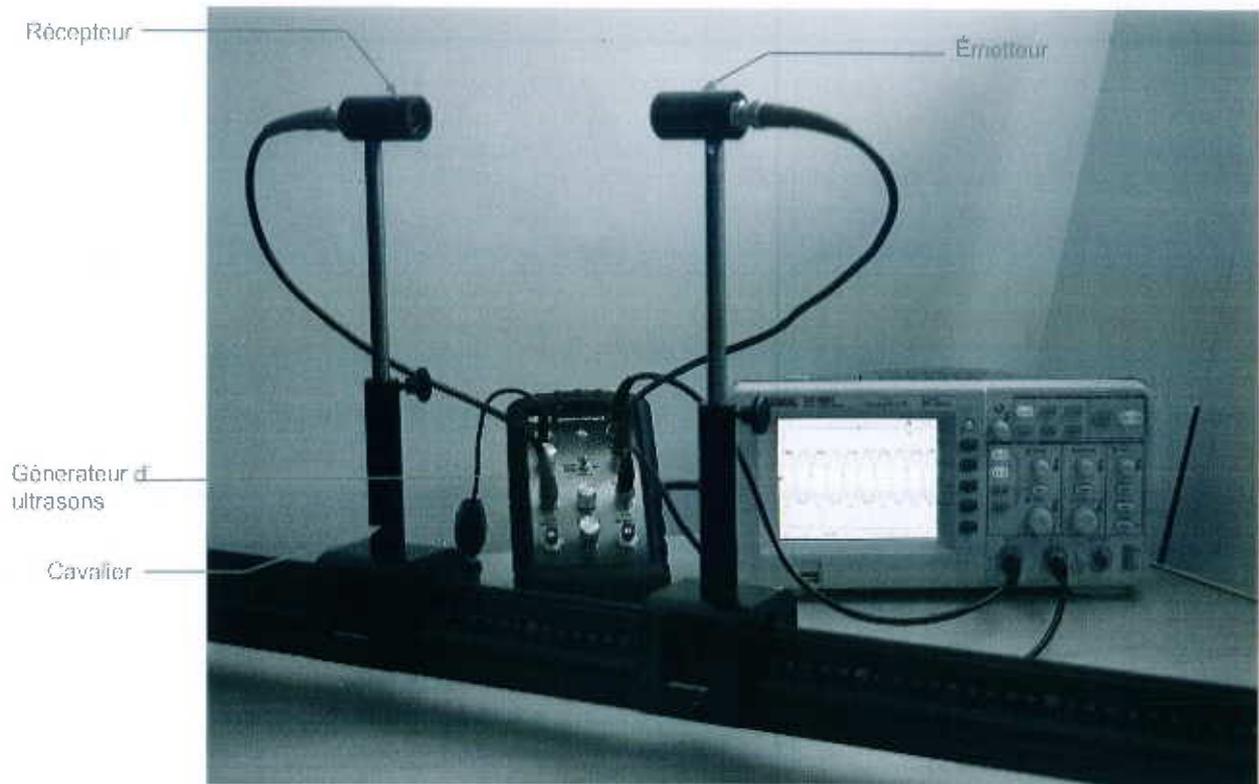


Figure : Montage global de l'expérience

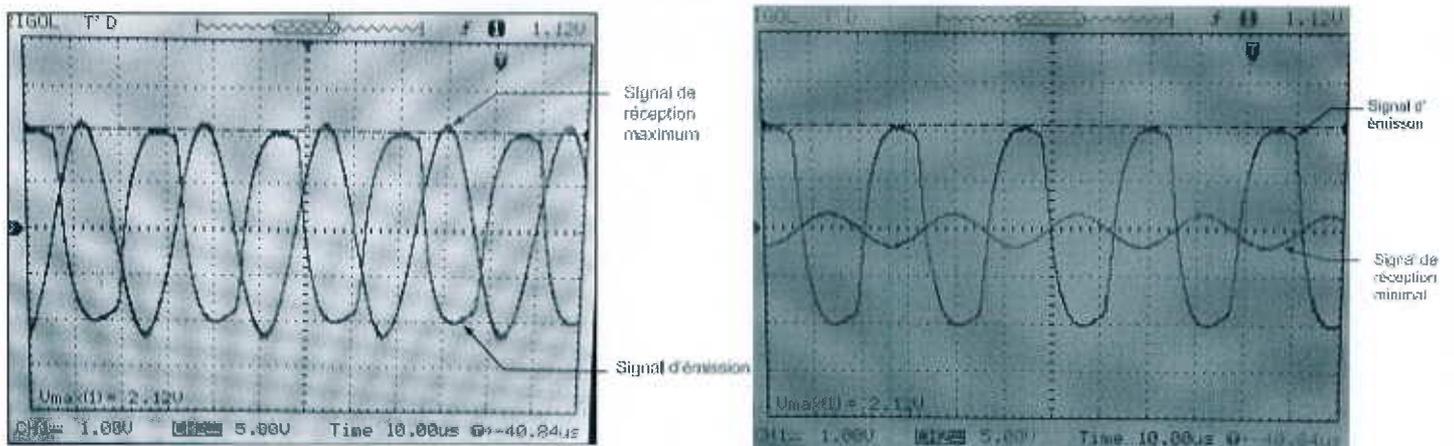


Figure : Résultats obtenus à l'oscilloscope

4. Cône d'émission

Matériel à utiliser : Kit WEU 113

- Placer le cavalier contenant l'émetteur sur le banc gradué
 - Placer le cavalier contenant le récepteur sur le cavalier à déplacement latéral
 - Placer le cavalier à déplacement latéral sur le banc gradué à 25 cm de l'émetteur
 - Déplacer le récepteur latéralement afin d'observer l'atténuation du signal
- Relever l'amplitude du signal en fonction du déplacement latéral et tracer la courbe expérimentale.

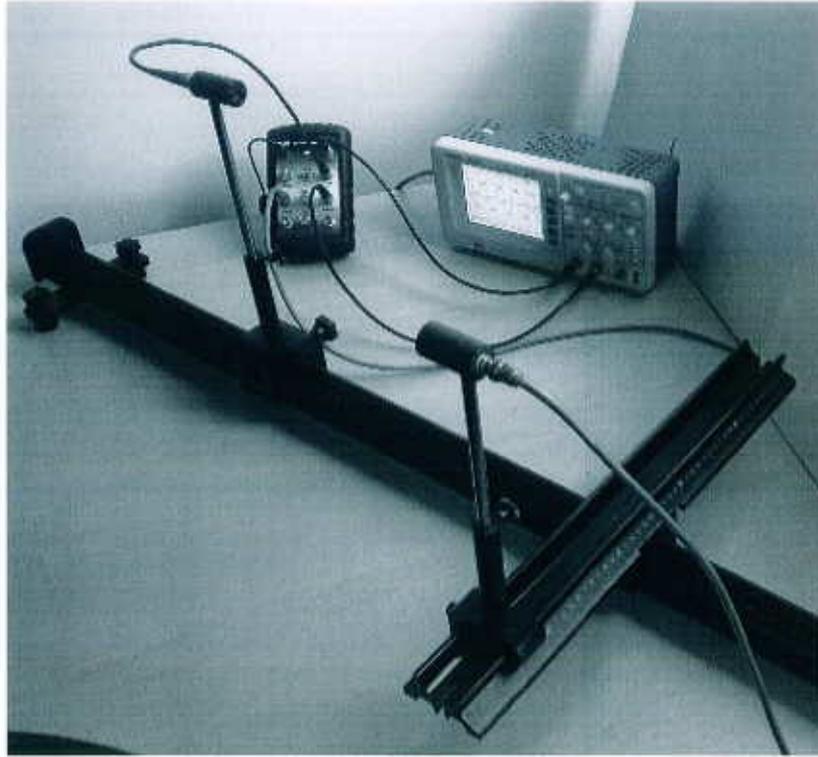


Figure : Montage global de l'expérience

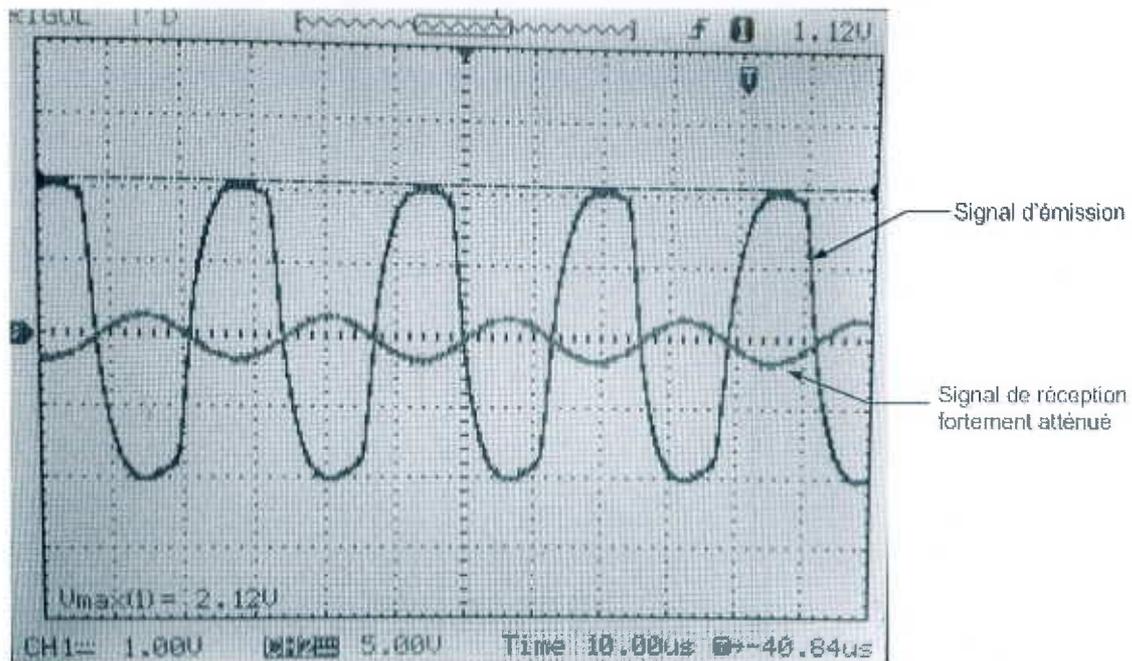


Figure : Résultats obtenus à l'oscilloscope

Remarque :

Une distance de l'ordre de 25 cm entre émetteur et récepteur est recommandée pour voir le lobe entier d'émission, compte tenu du déplacement maximal de 25cm du cavalier à déplacement latéral. Si la distance est trop éloignée, on n'arrivera pas à l'extinction du signal, si la distance est trop proche le retrait de 10mm de la membrane du transducteur par rapport à son support cylindrique affectera de manière significative la mesure.

Si l'orientation du récepteur n'est pas réajustée vers l'émetteur pour les mesures très désaxées, la largeur du cône d'émission sera sous-évaluée. Il suffit en pratique de rechercher la direction vers l'émetteur donnant le maximum d'intensité, pour chaque point de mesure.

II - Célérité du son et Sonar

1. Vitesse de propagation du son dans l'air :

Matériel à utiliser : Kit WEU 110

Rappel : On peut déterminer la célérité d'un son, si l'on connaît la distance parcourue par une onde sonore durant un temps mesuré.

- Placer les cavaliers contenant les transducteurs sur un banc gradué, l'un en face de l'autre
 - Choix du mode : Faire basculer l'interrupteur sur la position "Salves" (vers le haut).
 - Ajuster la base de temps de l'oscilloscope afin de pouvoir observer les deux signaux sur l'écran.
- Mesurer le temps ΔT , mis par l'onde pour parcourir la distance entre les deux transducteurs, à l'aide de l'oscilloscope.

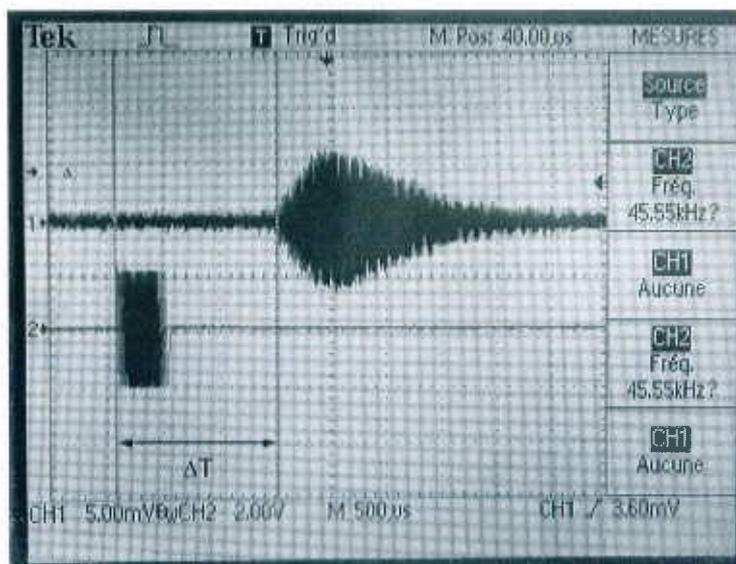


Figure : Mesure du ΔT

- Relever plusieurs fois ce temps pour des distances différentes.
- Calculer la valeur moyenne et la comparer à la valeur théorique.
- Émettre différentes hypothèses pour expliquer la différence constatée.

Remarques : La distance entre l'axe de la tige du support et la membrane à ultrasons est de 25mm. Il faut également tenir compte du temps de réponse du couple émetteur récepteur, qui peut typiquement varier entre 0,1ms et 0,2ms suivant les couples.

2. Réflexion d'une onde ultrasonore, principe du sonar, radar ou télémètre :

Matériel à utiliser : Kit WEU 110 ou 113

- Conserver les branchements réalisés précédemment
 - Installer un émetteur et un récepteur dans un support à écartement variable et les diriger dans la même direction
 - Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur "Salves" (vers le haut)
 - Positionner un réflecteur sur le banc gradué afin que les ondes ultrasonores émises soient réfléchies
- Relever le temps ΔT comme au paragraphe précédent

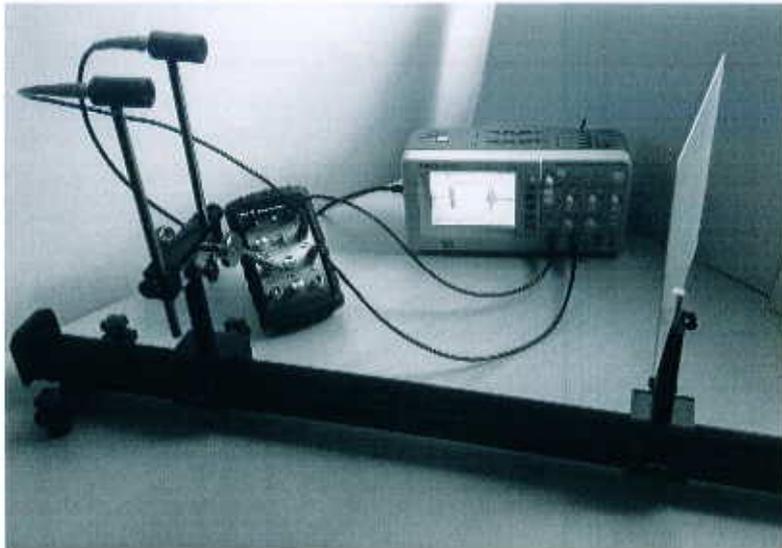


Figure : Montage global de l'expérience

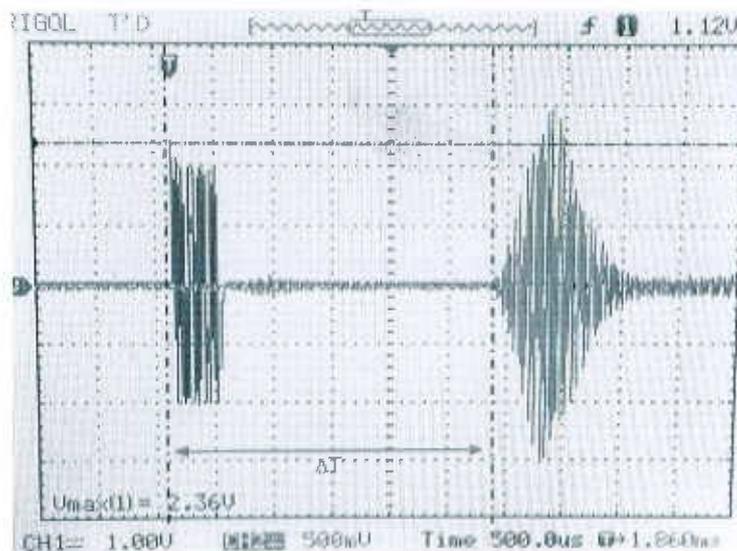


Figure : Résultats obtenus à l'oscilloscope

- Célérité du son dans l'air : $v = 340 \text{ m/s}$
- Distance parcourue par l'onde : $D = v \cdot \Delta T$

Remarques :

- Lorsque l'on juxtapose l'émetteur et le récepteur, on gardera une distance de séparation au moins égale à 5cm afin d'éviter la transmission directe de l'onde ultrasonore entre l'émetteur et le récepteur.
- La longueur d'onde des ondes générées est de 8,25mm, par conséquent les surfaces de granularité petite devant 8,25mm pourront être considérées comme lisses et se comportent comme des miroirs. En plaçant un écran plat perpendiculaire devant un couple émetteurs récepteurs, on observe peu de variations de l'écho pour des inclinaisons allant jusqu'à 15°, par contre à partir de 40° d'inclinaison de l'écran il n'y a quasiment plus de signal retour, toute l'énergie ultrasonore étant réfléchi. On pourra faire le lien entre ces observations et la forme du cône d'émission (le cône d'émission étant large devant 15°, pour des faibles inclinaisons de l'écran la quantité d'énergie se présentant sous incidence quasi normale varie peu). Ce phénomène est une sérieuse limitation des télémètres à ultrasons, pour lesquels les surfaces de rugosité inférieure à quelques millimètres ne peuvent être détectées si elles sont de biais.

III - Interférences par deux émetteurs synchrones

Matériel à utiliser : Kit WEU 113

- Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur "Salves" (vers le haut)
 - Brancher les 2 émetteurs sur chaque sortie émission ou sur l'une seule d'entre elles à l'aide d'un "Té"
 - Placer deux émetteurs dans un support à écartement variable et les diriger dans la même direction
 - Positionner le support à écartement variable sur le banc gradué
 - Placer un cavalier contenant un récepteur sur le cavalier à déplacement latéral
 - Positionner le cavalier à déplacement latéral sur le banc gradué
 - Régler l'oscilloscope afin d'observer entièrement le signal à l'écran
- Déplacer le récepteur latéralement et relever la valeur de l'amplitude du signal tous les 2 cm.
→ Tracer la courbe expérimentale à l'aide des valeurs obtenues et comparer la à la courbe théorique.

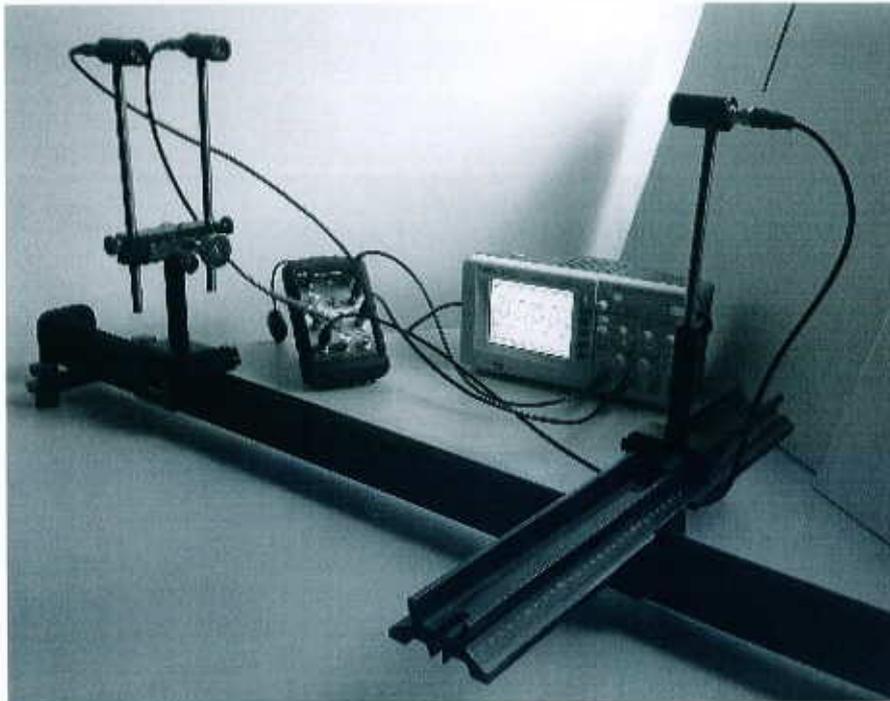


Figure : Montage global de expérience

IV - Diffraction et interférences par des obstacles

1. Diffraction par une fente :

Matériel à utiliser : Kit WEU 115

- Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur le mode salves (vers le haut)
 - Placer un cavalier contenant un récepteur sur le cavalier à déplacement latéral
 - Positionner le cavalier à déplacement latéral sur le banc gradué
 - Placer un cavalier contenant un émetteur (contour métallique) sur le banc gradué
 - Placer la fente simple entre les deux transducteurs
 - Calibrer l'oscilloscope afin de visualiser entièrement le signal à l'écran
 - Vérifier l'alignement des transducteurs en les plaçant à 25 cm l'un de l'autre et en les faisant tourner afin d'obtenir un maximum du signal de sortie et d'éviter le parasitage des mesures.
- Déplacer le récepteur latéralement et relever la valeur de l'amplitude du signal tous les 2 cm. Modéliser la courbe expérimentale correspondante et comparer-la à la courbe théorique.
- Recommencer l'expérience avec une fente de largeur différente et comparer la courbe expérimentale obtenue avec la précédente.

2. Interférences par les fentes d'Young :

Matériel à utiliser : Kit WEU 115

- Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur le mode "salves " (vers le haut)
 - Positionner un cavalier contenant un émetteur sur le banc gradué
 - Placer un cavalier contenant un récepteur sur un cavalier à déplacement latéral
 - Positionner le cavalier à déplacement latéral sur le banc gradué à environ 1,20 m de l'émetteur
 - Placer la double fente au milieu des deux transducteurs
- Relever les valeurs des minima et maxima d'intensités et tracer la courbe montrant l'évolution de l'intensité en volt en fonction de la distance.

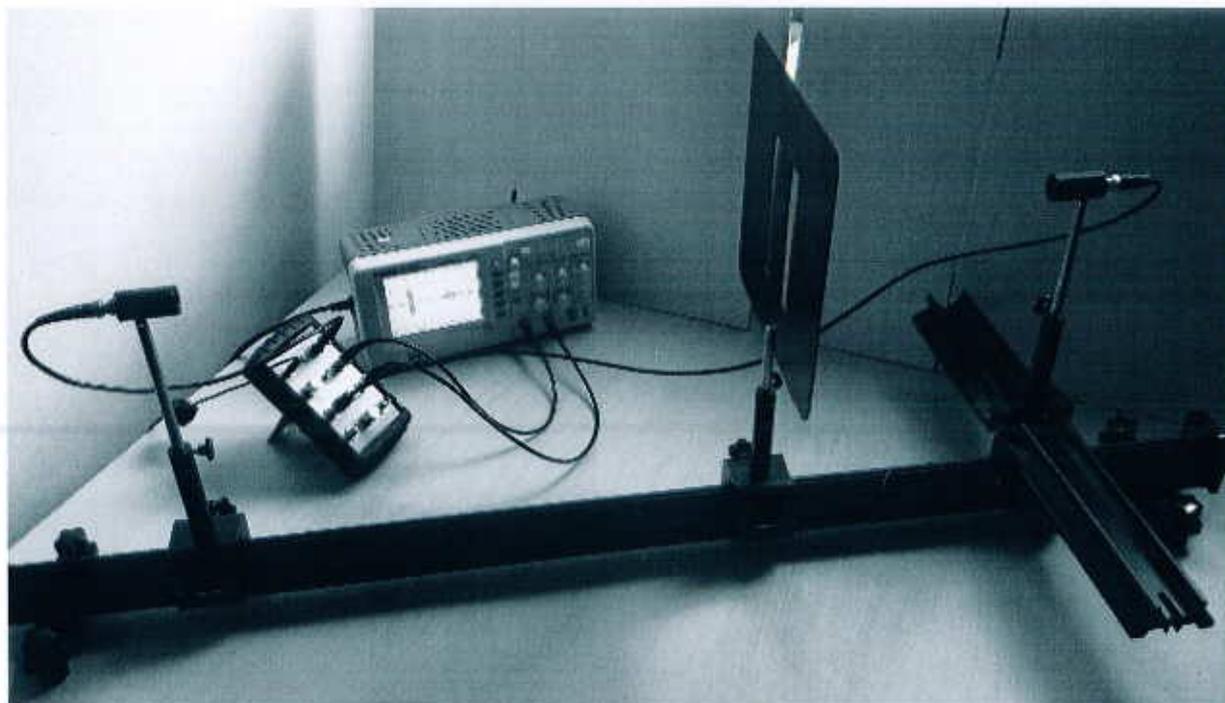


Figure : Montage global de l'expérience

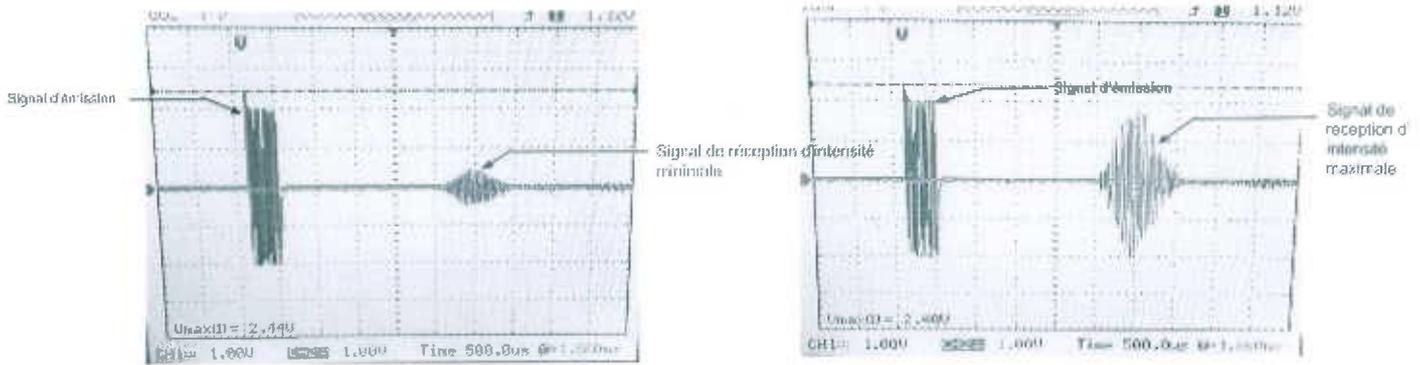


Figure : Résultats obtenus à l'oscilloscope

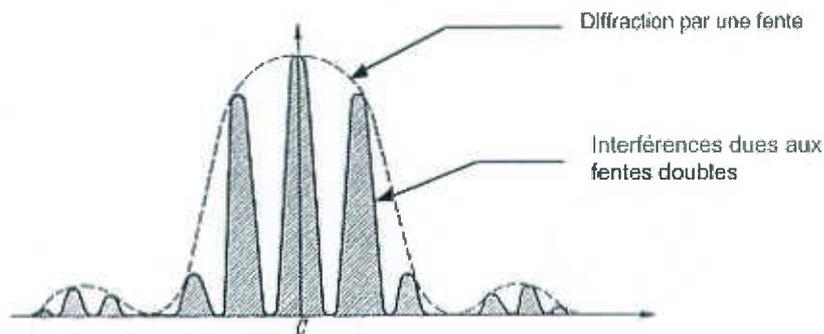


Figure : Profil d'intensité des interférences par les fentes doubles

Remarques : Il est particulièrement utile de se mettre en mode pulsé, en effet la réverbération des ultrasons dans la pièce crée un fond de nature à perturber les phénomènes que l'on souhaite observer. En synchronisant sur l'émission, et en zoomant sur l'oscilloscope au niveau du milieu du pulse de réception, on élimine les échos parasites et on ne retient que les trajets directs générant les interférences.

Il est important de bien vérifier en masquant alternativement les fentes que les maximos ou les minimos correspondent bien à des interférences. Pour cela on vérifiera que le signal lorsque la fente de droite est seule est bien en opposition de phase avec celui de la fente de gauche seule pour un minima par exemple. La différence d'amplitude entre les deux signaux (issus séparément de chaque fente) expliquera la valeur résiduelle du minima. Lorsque le cavalier est en fin de course latérale, les chutes ou les remontées du signal ne seront probablement pas dues à interférences mais provoquées par d'autres phénomènes : absence du signal sortant de la fente opposée au déplacement et atténuation du signal de l'autre fente car on sort du cône de diffraction, réapparition du signal à cause de la diffraction sur les bords extérieurs de la double fente. Tout ceci s'observe clairement en masquant alternativement les fentes.

Le lobe principal du sinus cardinal se voit clairement avec le panneau à fente de diffraction, par contre au fur et à mesure que le déplacement latéral croît, la diffraction par les bords extérieurs du panneau intervient. On met en évidence le problème en prolongeant le bord du panneau par un écran supplémentaire ou avec une feuille de papier. En faisant des panneaux de plus grande surface le phénomène de diffraction par les bords aurait été plus limité, mais cela pose des contraintes de rangement du matériel.

V - Déphasage et ondes stationnaires

Matériel à utiliser : Kit WEU 115

1. Déphasage

On synchronisera l'oscilloscope sur l'émetteur, avec un ou deux récepteurs pour observer le déphasage en fonction du déplacement latéral ou longitudinal du récepteur.

2. Nœuds, ventres

Pour les observer il faut faire une onde stationnaire et donc créer une cavité. On peut pour cela mettre le dispositif en mode télémètre :

- Choix du mode : Positionner l'interrupteur sur "Continu" (vers le bas)
- Placer un émetteur (contour métallique) et un récepteur dans un support à écartement variable.
- Placer un écran derrière les transducteurs
- Placer de manière assez éloignée un deuxième écran devant les deux transducteur ou utiliser un mur

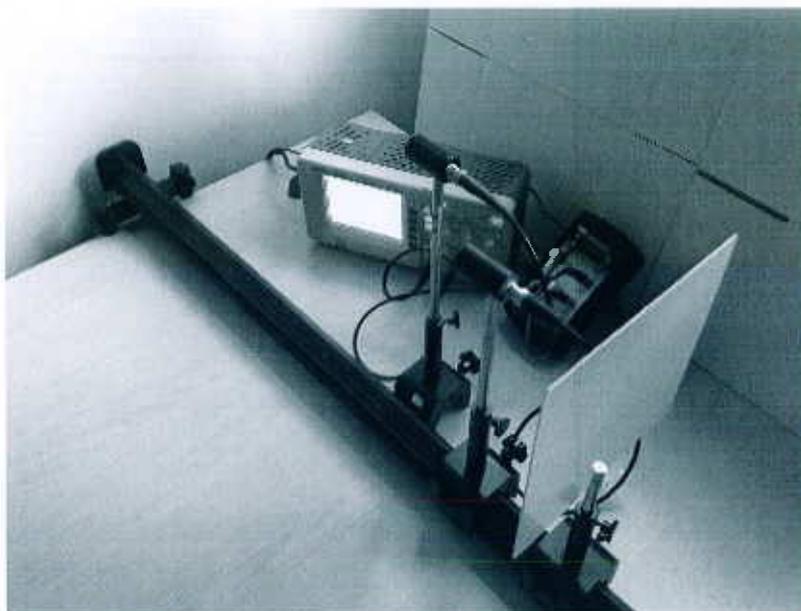


Figure : Montage global de l'expérience

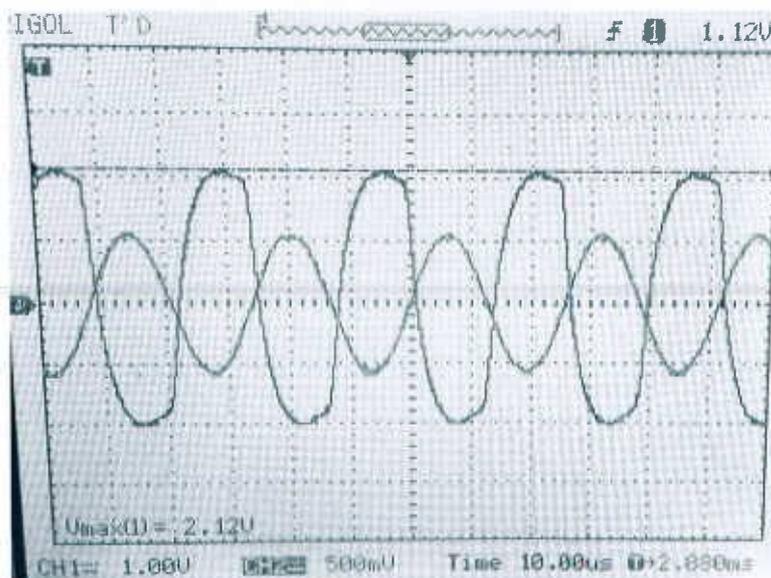


Figure : Résultats obtenus à l'oscilloscope

Remarques : Si le banc peut être placé perpendiculairement contre un mur la cavité sera constituée du mur et de l'écran. Si ce n'est pas possible en posant la fente de diffraction sur le couple émetteur récepteur on peut faire la deuxième face de la cavité.

→ En déplaçant l'écran on observe des maxima et minima d'intensité correspondant aux ventres et nœuds.

Pour aller plus loin...

Une onde ultrasonore peut-elle être polarisée ?

La polarisation pour une onde acoustique correspond au sens du déplacement des particules c'est-à-dire que les particules se déplacent dans le sens de la propagation. On pourra constater que les grilles de polarisation conçues pour les ondes électromagnétiques transverses de même longueur d'onde n'ont pas d'effet sur la polarisation des ondes ultrasonores.

Quels sont les inconvénients des télémètres à ultrasons ?

Une seconde limitation des télémètres à ultrasons est leur résolution angulaire très faible. En effet un télémètre mesure la distance au premier écho. On réalisera à l'aide de deux écrans sur support une fente large constituée de l'espace entre les deux écrans. On écartera les écrans jusqu'à disparition de l'écho du au bord des écrans. Cette manipulation permet d'illustrer l'intérêt des télémètres laser utilisés dans le grand public pour la mesure des dimensions d'une pièce dès que celle-ci est meublée.