



Table à Ultrasons SONULTRA 2 03003

NOTICE



Retrouvez
l'ensemble
de nos gammes sur :
www.pierron.fr

 **PIERRON**
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France

Tél. : 03 87 95 14 77 • Fax : 03 87 98 45 91

E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Cet équipement complet permet de réaliser un maximum d'expériences sur les ondes sonores :

- Double périodicité, célérité
- Vérification des lois de la réflexion
- Diffraction des ondes
- Réfraction des ondes
- Interférences à partir de 2 sources
- Interférences par fentes d'Young
- Ondes stationnaires.

Les différents composants sont munis d'une semelle magnétique pour être positionnés sur la plaque métallique.

2- Composition

- deux émetteurs à ultrasons, disposés chacun dans un boîtier, équipé d'une semelle magnétique et d'un témoin lumineux de signal.
- un récepteur placé dans un boîtier, équipé d'une semelle magnétique et d'une série de LED servant à visualiser l'amplitude du signal reçu. Un cordon permet son raccordement au boîtier d'alimentation.
- un boîtier d'alimentation permettant d'alimenter 3 émetteurs et 1 récepteur (le récepteur et le boîtier d'alimentation disposent d'une prise BNC pour le raccordement à un oscilloscope). Il contient le générateur qui produit un signal sinusoïdal, stabilisé à 40 kHz par quartz, dont l'amplitude est ajustable.
- des objets servant à montrer la réflexion et les interférences.
- une plaque-support métallique gradué pour les positionnements des divers éléments.

3 - Contenu de l'emballage

- une mallette et ses composants
- une notice

- Fréquences ultrasonores : 40 kHz
- Alimentation générale : 230 V - 50 Hz
- Raccordement sur prises BNC
- Dimensions du boîtier d'alimentation : 240 x 137 x 37 mm
- Dimensions de la mallette : 400 x 290 x 100 mm

Généralités

Nous vous proposons ci-dessous quelques rappels sur les transducteurs à ultrasons.

La piézoélectricité

Ce phénomène se manifeste par l'apparition d'une polarisation électrique dans certains diélectriques anisotropes naturels (quartz) ou artificiels (titane de baryum BaTiO_3) lorsqu'on les déforme grâce à l'action d'une force, de direction déterminée.

La présence d'armatures sur deux faces opposées convenables de la lame cristalline permet la mise en évidence d'une différence de potentiel, proportionnelle à la force appliquée, et donc de la mesure de l'intensité d'une force ou des grandeurs qui peuvent s'y ramener : accélération, pression, vibrations.

Ce phénomène est réversible : la lame cristalline munie d'armatures se déforme lorsque l'on applique une tension. Si la tension est alternative, on peut mettre en évidence une résonance qui peut être très aiguë et qui va être utilisée pour la confection d'oscillateurs (...à quartz), de transducteurs à ultrasons.

Modélisation simplifiée

Le quartz est formé de silice SiO_2 qui cristallise dans le système rhomboédrique. La lame piézoélectrique est en général taillée selon la méthode de Curie : le plan de la lame est parallèle à l'axe optique Oz, et à l'axe mécanique Oy, on applique une force pressante selon l'axe électrique Ox perpendiculaire au plan de la lame. La projection d'un motif élémentaire sur un plan perpendiculaire à l'axe optique montre qu'une déformation selon l'axe mécanique Oy va entraîner la séparation du barycentre des charges positives (3 ions Si^{4+}) de celui des charges négatives (6 ions O^{2-} superposés 2 à 2) et l'apparition d'un moment dipolaire qui se manifesterait par la présence d'une tension.

Les diélectriques artificiels présentent au départ une anisotropie qui se limite à de petits domaines élémentaires. La fabrication d'éléments piézoélectriques comporte donc une phase

de polarisation qui permet à tous les domaines élémentaires d'avoir la même orientation (au moins selon l'axe Oz ce qui entraîne une symétrie polaire et l'indifférence des orientations Ox et Oy). Cette polarisation initiale disparaît au-delà de la température T_c (point de Curie du matériau piézoélectrique) ; il est prudent de se maintenir à une température $T < T_c/2$.

Paramètres physiques associés

On peut se placer, pour simplifier, dans le cas d'un disque mince polarisé selon l'axe du disque et présentant une symétrie polaire. Les contraintes exercées sont perpendiculaires au plan du disque.

Les valeurs numériques sont relatives à une céramique résultant du frittage de zirconate titanate de plomb à haute température qui porte la dénomination commerciale de PXE5 et correspond à la formule $PbTi^{1-x}Zr_xO_3$. Ce type de matériau est utilisé en résonance floue pour construire des buzzers et en résonance aiguë pour les transducteurs à ultrasons.

Grandeurs électriques :

Constante diélectrique : $\epsilon = 1800$ (avec contrainte nulle).

Résistivité : $\rho = 10^{12} \Omega.m$

Angle de perte : $\tan \delta = 0,02$ (varie avec le champ électrique et la température).

Grandeurs piézoélectriques :

□ Constante de charge :

Elle vaut $d = 390.10^{-12} C/N$

La constante de charge d est relative à l'axe cité plus haut, elle représente la déformation subie par un élément dans la direction de l'axe à partir du champ électrique appliqué dans la même direction.

Application numérique : calculons la déformation (variation d'épaisseur) d'un disque de PXE5 de 0,5 mm d'épaisseur soumis à un champ électrique de $10^5 V/m$.

$$\Delta e/e = d.E = 390.10^{-12} \times 10^5 = 390.10^{-7}$$

$$\Delta e = 390.10^{-7} \times 0,5.10^{-3} = 0,02 \mu m$$

□ Constante de tension :

Elle vaut $g = 24,4.10^{-3} V.m/N$

La constante de tension g est relative à l'axe cité plus haut, elle représente le rapport du champ électrique à la pression appliquée selon cette direction.

Application numérique : calculons la pression à exercer sur un disque de PXE5 afin d'obtenir un champ électrique de 10^5 V/m.

$$P = E/g = 10^5 / 24,4 \cdot 10^{-3} = 4,1 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 4,1 \cdot 10^4 \text{ hPa} = 41 \text{ bars}$$

□ Constante de fréquence :

La constante de fréquence d'un disque mince polarisé selon l'axe du disque (présentant une symétrie polaire, $d > 5 \cdot \lambda$) est le produit de la fréquence de résonance par le diamètre du disque : la vibration émise est une vibration plane.

$$N_p = f_r \cdot d \text{ (pour le PXE5 } N_p = 2000 \text{ Hz}\cdot\text{m)}$$

Application numérique : calcul du diamètre dont la fréquence de résonance est de 5000 Hz.

$$d = 2000 / 5000 = 0,4 \text{ m}$$

Expériences

Expérience 1 : La Propagation

Matériel à utiliser :

- un émetteur
- le récepteur
- le boîtier d'alimentation

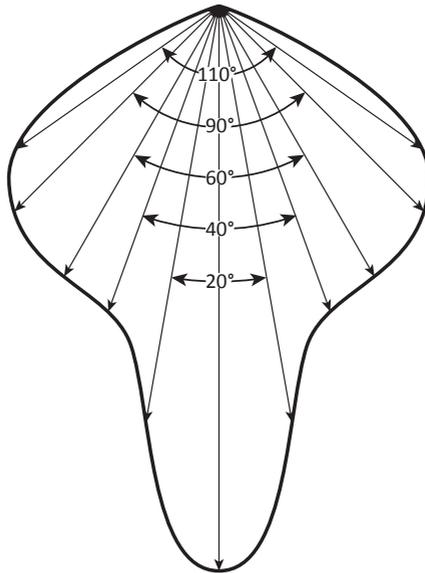
Montage à réaliser :

- On place l'émetteur et le récepteur sur le support magnétique quadrillé.
- On déplace le récepteur dans des directions aléatoires autour du récepteur.
- On visualise alors l'indicateur à diodes électroluminescentes pour déterminer l'amplitude du signal reçu par le récepteur. Il est également possible d'utiliser un oscilloscope

On peut constater :

1. L'affaiblissement de l'amplitude en raison inverse du carré de la distance entre les deux sources (voir diagramme ci-dessous).

2. Que l'émission d'ultrasons est limitée à un cône dont on peut déterminer l'angle en déplaçant le récepteur sur un arc de cercle de rayon 10 cm et dont le centre est occupé par l'émetteur. À noter que, tout comme l'émetteur, le récepteur ne pourra capter le signal que si celui-ci se trouve dans un cône bien précis.
3. Attention, une mesure fine effectuée lors de l'expérience 1 va montrer également le phénomène d'ondes stationnaires qui peuvent s'établir entre l'émetteur et le récepteur à la suite d'une série de réflexions sur ce dernier.
4. Réflexion : Un écran placé à une dizaine de cm de l'émetteur permet de mettre en évidence la réflexion et de vérifier l'égalité de l'angle d'incidence et de l'angle de réflexion. On peut également placer l'émetteur et le récepteur dans des positions quelconques et rechercher empiriquement la position de l'écran qui amènera une amplitude maximale sur le récepteur.



Expérience 2: Mesure de la longueur d'onde ou de la vitesse de propagation (célérité)

Matériel à utiliser :

- un émetteur
- le récepteur
- le boîtier d'alimentation
- un oscilloscope, ref. 01127

Expérience à réaliser :

- La voie 1 de l'oscilloscope reçoit les signaux émis par l'émetteur ; on les prélèvera sur la fiche BNC située sur le boîtier d'alimentation.
- La voie 2 de l'oscilloscope, elle, reçoit les signaux du récepteur que l'on prélèvera sur ce dernier.
- Du fait qu'ils sont disposés dans des boîtiers de protection, il n'est pas possible de placer les deux capteurs l'un contre l'autre. On recherchera donc une coïncidence de phase des sinusoïdes observées à l'oscilloscope à une distance de l'ordre de 3 à 4 mm des faces avant des boîtiers. Les capteurs sont tels que leurs cristaux piézoélectriques (parties actives) sont distants d'une longueur d'onde d'environ 1 cm.
- Partant de cette position, il est possible de mettre une série de coïncidences en évidence.

Exemple :

En repérant 20 longueurs d'onde, on mesure une distance entre les 2 capteurs de 17,9 cm.

La fréquence des ultrasons est de 40 kHz.

L'application de la formule $c = \lambda \cdot f$ conduit à une valeur de

$$c = 0,179 \times 40 \cdot 10^3 / 20 = 358 \text{ m/s.}$$

On déduit que $\lambda = 9 \text{ mm}$, ce qui est conforme avec l'ordre de grandeur cité plus haut.

Des mesures peuvent être facilement réalisées jusqu'à 30 longueurs d'onde.

Expérience 3 : Les Interférences

Matériel à utiliser :

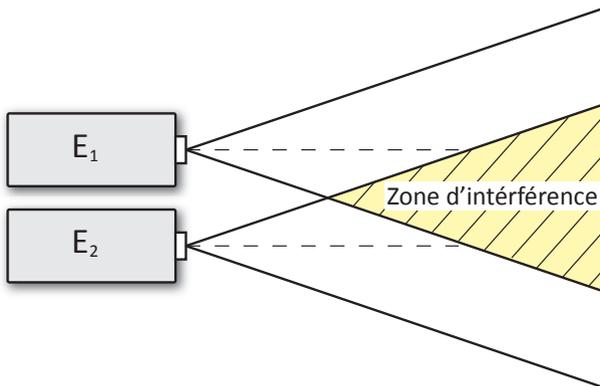
- deux émetteurs
- le récepteur
- le boîtier d'alimentation
- la plaque métallique quadrillée
- un oscilloscope (facultatif)

Expérience à réaliser :



S'assurer que les deux émetteurs émettent des signaux de même amplitude. On peut procéder le cas échéant à une retouche au moyen du potentiomètre accessible sous le couvercle du boîtier de l'émetteur.

- Les deux émetteurs sont placés, côte à côte, à une distance **a**. Puisqu'ils sont placés chacun dans un boîtier de protection, la distance minimale entre les 2 émetteurs est donc de 30 mm.
- Chaque émetteur émet des signaux dans une région conique (cf. exercice «Propagation»).
- Une zone d'interférence est donc possible à environ 10 cm en avant des émetteurs



- Si on place un récepteur dans la zone d'interférence, on pourra dresser une «carte» des maxima et des minima et dessiner, progressivement et point par point, les franges.
- Des calculs peuvent être facilement effectués puisque la fréquence, la longueur d'onde, la distance entre les sources et la position du récepteur sont des données connues.

- Il est très commode de montrer que le phénomène résulte de la superposition de deux signaux en se plaçant à une position où l'amplitude résultante est nulle et en obturant un des 2 émetteurs (en plaçant un doigt devant la cellule, par exemple).

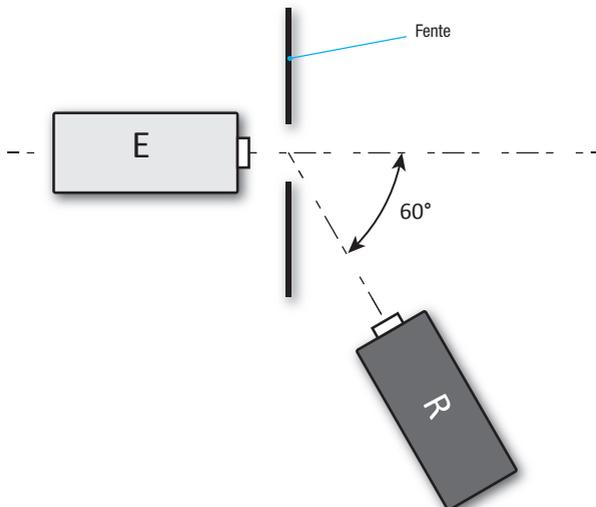
Expérience 4 : Diffraction

Matériel à utiliser :

- un émetteur
- le récepteur
- la boîte d'alimentation
- un oscilloscope (facultatif)

Expérience à réaliser :

- Placer le récepteur de telle manière que son axe fasse un angle d'au moins 60° avec l'axe de l'émetteur.
- Le récepteur placé hors du cône de propagation ne reçoit rien : le détecteur LED n'indique rien et l'amplitude relevée à l'oscilloscope est nulle.
- On place alors à 1 cm en avant de l'émetteur une fente de diffraction de 0,3 à 0,5 cm de large : le faisceau d'ultrasons est alors diffracté et le récepteur atteste l'arrivée d'une émission d'ultrasons.

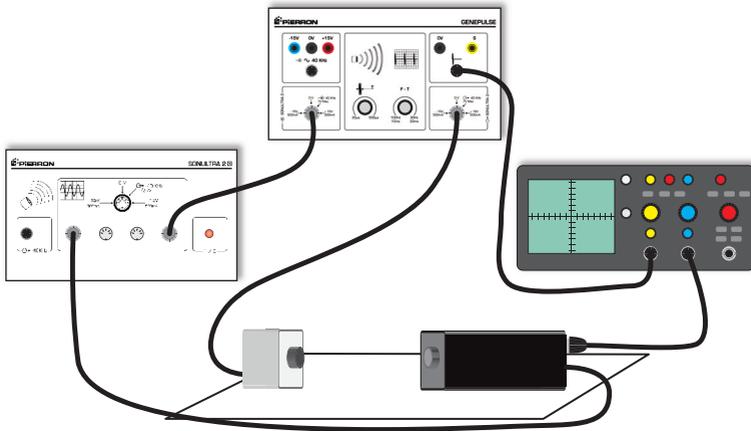


Expérience 5 : Mesure de la vitesse du son

Matériel à utiliser :

- un émetteur
- le récepteur
- le boîtier d'alimentation
- la plaque métallique quadrillée
- un générateur de salves, ref. 03028
- un oscilloscope 2 voies, ref. 01127

Montage :



Expérience à réaliser :

- Raccordez les différents éléments entre eux comme indiqué sur le schéma ci-dessus.
- Montez le récepteur et l'émetteur sur la plaque quadrillée
- Synchronisez le balayage de l'oscilloscope sur les salves alimentant l'émetteur
- Choisir comme coefficient de balayage 0,1 ms.
- Agir sur les réglages des salves de sorte à lire une période $T = 25$ ms et une durée de 0,25 ms.
- À partir de la première position récepteur/émetteur, que vous aurez pris soin de repérer, déplacez le récepteur plusieurs fois et notez à chaque déplacement le décalage horizontal de l'oscillogramme de ce récepteur, par rapport à sa première position. Divisez la différence de position par le décalage. Placez les valeurs dans un tableau (mesures réalisées avec un GBF).

Δd (cm)	H (ms)	$\Delta d/H$ (ms)
5	0,15	333,3
10	0,29	344,8
15	0,43	348,8
20	0,57	350

- Exploitation des résultats :

Le décalage horizontal = nombre de divisions * base de temps, correspond au parcours de la distance par les ultrasons.

Déduisez la vitesse des ultrasons dans l'air, puis comparez la à la vitesse du son dans l'air.

Réglages

Les réglages ci-dessous sont les réglages accessibles au niveau de l'utilisateur. Tout autre réglage nécessite un retour en usine (cf. Entretien et Garantie).

Ajustage de l'amplitude des émetteurs

Chaque émetteur dispose d'un potentiomètre de réglage d'amplitude. Pour réaliser des expériences d'interférences il est utile que les deux sources aient la même amplitude. On utilise le récepteur relié à un oscilloscope. On place les récepteurs à tour de rôle contre le récepteur. Selon les cas on peut augmenter l'amplitude de l'un ou diminuer l'amplitude de l'autre. La nécessité de ce réglage est liée aux propriétés intrinsèques des transducteurs qui ne sont jamais totalement identiques.

Ajustage de la sensibilité à LED

On peut être amené à effectuer cette retouche en vue d'accroître la précision de certaines manipulations pour lesquelles un oscilloscope n'est pas utilisé.

Attention, cela peut entraîner une saturation de l'indicateur pour les amplitudes élevées.

■ Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil. Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON ÉDUCATION. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

■ Garantie

Les matériels livrés par PIERRON ÉDUCATION sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.

Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.

Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.

Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.

Vices apparents : nous ne pouvons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.

La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.