

TP n°10 – Etude d'une source de rayonnement

Objectifs : on travaille avec des ondes ultrasonores

- Tracer l'amplitude de l'onde reçue par un récepteur en fonction de la distance émetteur-récepteur
- Tracer le « diagramme de rayonnement » d'une source d'onde
- (si temps) Mettre en évidence les réflexions parasites de l'onde sur le mobilier

1. Evolution de l'amplitude en fonction de la distance (50 min)

1.1. Prise en main du matériel



On dispose d'un émetteur d'ultrasons (gauche photo), et de plusieurs récepteurs (un à droite photo). L'émetteur doit être alimenté par une tension continue de $\sim 15V$ pour fonctionner. Un générateur interne fournit alors un signal sinusoïdal de fréquence voisine de 40 kHz , et d'amplitude égale à qq volts. Le gros bouton noir permet de régler l'amplitude de l'onde émise (en calant plus ou moins précisément la fréquence du signal sur la fréquence centrale du piézoélectrique émetteur).

Précaution expérimentale

L'alimentation de l'émetteur ne doit pas être utilisée simultanément pour un autre montage.

Il est possible de visualiser ce signal interne à l'oscilloscope via la borne BNC de l'émetteur. On notera que ce signal est créneau, contrairement à l'onde émise, qui est sinusoïdale. C'est l'élément piézoélectrique qui joue le rôle de filtre passe-bande très sélectif, qui ne retient que le fondamental du créneau excitateur pour émettre l'onde sinusoïdale.

Le deux boutons du bas permettent de régler le type d'émission d'onde :

- émission continue d'onde sinusoïdale (bouton vers le bas)
 - émission par salve d'onde sinusoïdale (bouton vers le haut). Le 2^e bouton règle alors la durée de la salve
- ❖ Disposer un récepteur en face de l'émetteur. Observer à l'oscilloscope le signal interne de l'émetteur et le signal reçu par le récepteur
- ❖ Tourner le bouton noir jusqu'à obtenir une amplitude maximale de l'onde détectée par le récepteur

1.2. Mesure de l'évolution de l'amplitude de l'onde avec la distance

Nous verrons en cours qu'une source ponctuelle d'ondes sphériques émet des ondes dont l'amplitude décroît avec la distance r de propagation. Cette décroissance est en $1/r$. C'est ce que l'on va tenter de vérifier ici.

La source n'étant pas parfaitement ponctuelle, on se placera à des distance $> 20\text{cm}$. Pour mettre en évidence l'extension spatiale de la source, on prendra aussi deux points à quelques cm de la source.

On place l'émetteur et le récepteur sur des supports élévateurs afin de s'affranchir de la réflexion sur la table. En effet, la partie du front d'onde se réfléchissant sur la table peut venir interférer avec la partie du front d'onde allant tout droit vers le récepteur, ce que l'on ne cherche pas à étudier ici.

On dispose un émetteur sur un support élévateur réglable, et un récepteur sur un autre support élévateur. Initialement, ces supports sont collés l'un à l'autre, de manière à ce que l'émetteur et le récepteur soient les plus proches possibles l'un de l'autre. On dispose donc chacun des boîtiers au bord des supports.

On élève les boys au maximum en s'assurant que l'émetteur et le récepteur soient à la même hauteur, et parfaitement alignés l'un avec l'autre.

On surélève l'ensemble afin d'éviter les éventuelles réflexions parasites de l'onde sur le plan de la table.

- ❖ Mesurer l'amplitude du signal reçu en fonction de la distance r émetteur récepteur.
- ❖ Tracer l'amplitude en fonction de $1/r$. Conclure.

2. Diagramme de rayonnement (40 min)

2.1. Tracé d'un diagramme de rayonnement

En général, une source de rayonnement n'est pas isotrope : elle est anisotrope. C'est-à-dire que l'amplitude de l'onde émise dépend de la direction d'émission. On remarque cela simplement lorsque l'on discute avec quelqu'un : si la personne nous parle de dos ou de face, on ne l'entend pas avec la même intensité.

NB : Attention, sur les exemples ci-dessus, l'échelle radiale est logarithmique.

On mesure dans cette partie l'amplitude de l'onde émise en fonction de l'angle d'émission. Cet angle θ est défini sur le dessin ci-contre : c'est l'angle formé entre l'axe de l'émetteur et la droite reliant le centre de l'émetteur au centre du récepteur.

L'axe de l'émetteur doit toujours pointer vers le centre de l'émetteur, donc être aligné avec la droite dessinée sur le schéma. La distance émetteur-récepteur doit rester constante au cours de la manipulation.

L'idée est ensuite de tracer l'amplitude mesurée par le récepteur en fonction de l'angle θ , en se plaçant en coordonnée polaire (cf. figures) :

- l'angle polaire est pris égal à θ
- la coordonnée radiale r du schéma est prise proportionnelle à l'amplitude mesurée

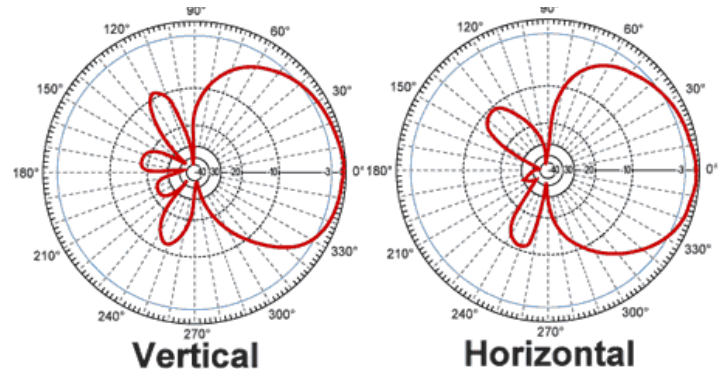
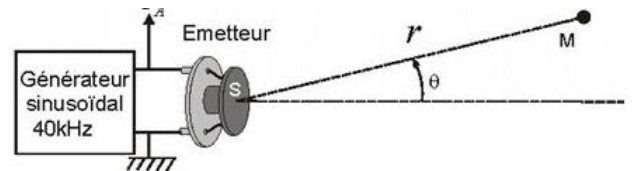
2.2. Réalisation de la mesure

On dispose d'un rapporteur imprimé sur feuille pour mesurer l'angle θ . On garde l'émetteur et le récepteur surélevés sur les boys. On dispose (peut-être) d'un laser, placé selon l'axe du récepteur, et facilitant la mesure de l'angle θ .

- ❖ Placer l'émetteur au centre du rapporteur imprimé, et positionner le récepteur au bord du rapporteur
- ❖ Mesurer l'amplitude en fonction de θ , une dizaine de valeurs
- ❖ Tracer le diagramme en coordonnées polaires, en échelle linéaire pour l'amplitude (cf. ci-dessous pour le tracé en polaire)

Sauf si le logiciel le permet, on ne dispose que de tracés en coordonnées cartésiennes. Il suffit pour cela d'utiliser le passage d'un repère à l'autre, selon les formules ci-dessous (on rappelle que ici $r \stackrel{\text{def}}{=} \text{amplitude mesurée}$) :

$$\begin{aligned}x &= r \cos \theta \\y &= r \sin \theta\end{aligned}$$



Pour que l'allure de la courbe soit fidèle au tracé polaire, **il faut également que les échelles en abscisse et en ordonnée apparaissent identiques à l'écran** (les modifier avec la souris si nécessaire).
Imprimer et relier les points à la main.

3. (si temps) Interférences dues aux réflexions sur le plan de la table

- ❖ Disposer l'émetteur et le récepteur directement sur la table, voire sur le rail fourni avec la maquette jeulin
- ❖ Tracer à nouveau l'amplitude reçue en fonction de la distance émetteur-récepteur

Ces oscillations spatiales n'existaient pas quand le plan de la table était situé loin du dispositif. C'est donc nécessairement la table qui est responsable.

Ces oscillations sont des interférences entre la partie de l'onde émise tout droit et les parties de l'onde qui atteignent le récepteur après une réflexion sur le plan de la table. Lors de la réflexion, l'onde est atténuée. Aussi, les ondes qui interfèrent ne sont pas d'amplitude égale et c'est pourquoi les minima observés (dus aux interférences) ne sont pas nuls.

4. (si temps) Mesure de la vitesse des ultrasons dans l'air

4.1. Mesure de la vitesse de phase

- ❖ Placer le récepteur sur le rail, face à l'émetteur. Observer le signal fourni par le GBF (déclencher l'oscilloscope sur ce signal) ainsi que le signal reçu par le récepteur.
- ❖ Reculer le récepteur, et déduire de vos observations une mesure (précise) de la longueur d'onde
- ❖ En déduire une mesure de la vitesse (dite « de phase », cf. cours PC sur les ondes) des ondes USonores
- ❖ Si on interpose la flamme d'un briquet entre l'émetteur et le récepteur, observe-t-on quelque chose ?

4.2. Mesure de la vitesse de groupe

- ❖ Régler l'émetteur pour qu'il émette des salves
- ❖ Placer deux récepteurs face à l'émetteur, les deux récepteurs étant initialement à la même distance
- ❖ Observer les signaux reçus par chaque récepteur
- ❖ Reculer un des deux récepteurs d'environ 1 m, et déduire de votre observation une mesure de la vitesse (dite « de groupe », cf. cours PC sur les ondes) des ondes USonores
- ❖ Si on interpose la flamme d'un briquet entre l'émetteur et un des deux récepteurs, observe-t-on quelque chose ? Si oui, comment l'interpréter ?