
TP12

Ondes sonores

Matériel

- 2 récepteurs simples
- 1 émetteur réglable
- Glissière pour repérer la position des émetteurs
- Support rotatif pour l'émetteur
- Multiplieur
- Filtre passe-bas (résistance et condensateur variables)
- Oscilloscope
- Alim 15V continu
- Alim +15/-15
- GBF

Objectif du TP

- Utilisation de transducteurs ultrasonores en émission et en réception
- Détermination de la célérité des ondes acoustiques (ultrasons) dans l'air
- Étude des variations spatiales d'amplitude : variation avec la distance, indicatrice de rayonnement
- Étude de l'effet Doppler au moyen d'un montage électronique de détection synchrone

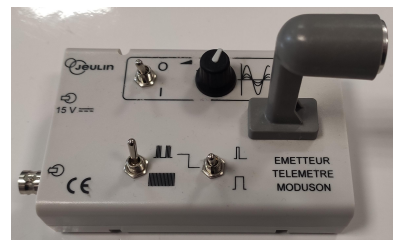
1 Présentation du matériel

Vous disposez de trois petits appareils (transducteurs) pouvant jouer le rôle d'émetteur ou de récepteur d'ultrasons, et qui peuvent être montés sur deux boîtiers différents.

- Les petits boîtiers simples avec deux connecteurs "banane" peuvent être reliés, soit à un appareil de mesure (oscilloscope ou Latis pro) pour une utilisation en récepteur, soit à un GBF pour une utilisation en émetteur : on doit alors fournir un signal sinusoïdal de **fréquence voisine de 40 kHz** (fréquence de résonance de ces transducteurs).



- Le grand boîtier avec des boutons de réglages est utilisé uniquement en émission. Les deux connecteurs de couleur sont reliés à une alimentation continue de 15 V. Le signal fourni peut être soit rectangulaire autour de 40 kHz (la fréquence peut être ajustée pour se placer à la résonance), soit sous forme de salves ou paquets d'ondes (séries d'oscillations rectangulaires à 40 kHz séparées par des intervalles de silence) ; il y a deux longueurs possibles de salves. Le connecteur BNC peut être relié à un oscilloscope ou à une carte d'acquisition pour visualiser ce signal.



2 Célérité des ondes acoustiques

2.1 Méthode du temps de vol

La méthode consiste à mesurer le décalage temporel entre le début de l'émission d'une salve et le début de sa réception par un autre transducteur, placé à une distance déterminée ; on en déduit la célérité par

un simple calcul.

✎ Alimenter l'émetteur à l'aide de l'alimentation 15V (bornes 0V et +15V) et relier émetteur et récepteur à l'oscilloscope. Observer les signaux émis pour différents modes de l'émetteur et le signal reçu correspondant.

On pourra utiliser le mode MOYENNAGE dans le menu ACQUIRE afin de limiter le bruit sur le signal reçu.

✎ Expliquer la déformation du signal fourni par le récepteur par rapport au signal envoyé sur l'émetteur dans le cas du mode salve.

✎ Proposer et mettre en oeuvre un protocole pour mesurer, le plus précisément possible, la vitesse des ultrasons dans l'air à partir de ces observations. Donner les résultats détaillés de vos mesures et calculs.

2.2 Méthode du déphasage

On émet cette fois un signal sinusoïdal (de façon continue et non par salves), et on observe, sur une échelle de temps beaucoup plus courte que précédemment, le déphasage entre l'onde émise et l'onde reçue, en fonction de la distance. Cela permet de mesurer la longueur d'onde et d'en déduire la célérité des ondes.

✎ Utiliser pour l'émetteur un **petit boîtier simple** alimenté par le GBF ; sur celui-ci, régler une tension sinusoïdale de fréquence 40 kHz et d'amplitude maximale. Relier maintenant les deux signaux à l'oscilloscope ou à la carte d'acquisition. Observer comment évolue le déphasage entre les deux courbes quand on fait varier la distance entre l'émetteur et le récepteur. En déduire un protocole pour déterminer le plus précisément possible la longueur d'onde, puis calculer la célérité.

2.3 Comparaison

✎ Comparer les résultats obtenus par les deux méthodes précédentes, ainsi que la valeur attendue, et commenter.

3 Indicatrice de rayonnement

3.1 Evolution de l'amplitude avec la distance

✎ Mesurer l'amplitude A de l'onde reçue pour différentes valeurs de la distance x entre l'émetteur et le récepteur. Proposer un modèle pour la fonction $A(x)$, et comparer aux résultats de l'expérience.

3.2 Evolution de l'amplitude avec la direction d'émission

✎ Placer un émetteur sur le plateau tournant et un récepteur sur le support fixe. Pour différentes valeurs de l'angle θ d'émission, mesurer l'amplitude A du signal reçu, puis calculer le niveau d'atténuation en décibels :

$$L_{dB} = 20 \log \frac{A}{A_0}$$

où A_0 est l'amplitude maximale (à l'angle $\theta = 0$, dans l'axe de l'émetteur).

✎ Tracer alors sur la feuille spéciale la courbe de A en fonction de θ : cette courbe est appelée indicatrice de rayonnement. Commenter sa forme.

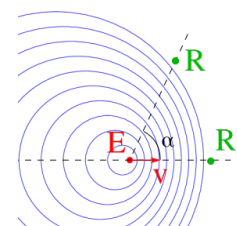
4 Effet Doppler et détection synchrone

4.1 Rappels

Lorsque l'émetteur E d'une onde de fréquence f se déplace par rapport au récepteur R à une vitesse v , le récepteur perçoit une fréquence différente :

$$f' = f \left(1 + \frac{v \cos \alpha}{c} \right)$$

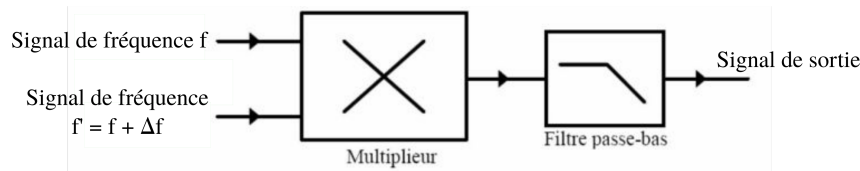
Si l'émetteur se déplace direction du récepteur alors $\alpha = 0$ et $f' = f \left(1 + \frac{v}{c} \right)$.



La mesure de $\Delta f = f' - f = f \frac{v}{c}$ permet de remonter à la vitesse de l'émetteur si on connaît la célérité c des ondes. En pratique $v \ll c$ donc $\Delta f \ll f$, il n'est pas tout le temps facile de déterminer Δf .

4.2 Principe de la détection synchrone

Afin d'observer une petite différence de fréquence entre deux signaux on utilise le principe de la détection synchrone.



➤ Soient deux signaux sinusoïdaux en entrée du multiplieur $s_1(t) = S_1 \cos(2\pi f t)$ et $s_2(t) = S_2 \cos(2\pi f' t + \varphi)$ avec $f' = f + \Delta f$. Déterminer l'expression du signal en sortie du multiplieur. Dessiner son spectre en fréquence.

➤ Déterminer l'expression du signal en sortie du filtre passe-bas. Comment doit-être choisie la fréquence de coupure du filtre.

4.3 Mise en oeuvre

➤ Connecter le circuit multiplieur à son alimentation symétrique $+15V / -15V$. Puis relier ses bornes de sortie à l'entrée d'un montage passe-bas RC du premier ordre, dont on choisira les composants judicieusement.

➤ Placer face à face sur une glissière un émetteur (sinusoïdal) et un récepteur. Relier leurs deux signaux aux entrées du multiplieur puis déplacer, avec une vitesse aussi constante que possible, l'émetteur le long de la glissière. Enregistrer alors le signal final avec la fonction Single (mode monocoup) de l'oscilloscope ; on peut appuyer plusieurs fois sur Single pendant le mouvement, jusqu'à l'obtention d'un signal sensiblement sinusoïdal.

➤ Estimer la vitesse v à laquelle le chariot a été déplacé. Mesurer la fréquence du signal obtenu et en déduire la valeur précise de v . Comparer à l'estimation initiale.