

Montage de physique n°1 : (modif Nath)

Propagation et réception des sons et ultrasons

Niveau concerné : Terminale S (voire TS spé avec l'acoustique musicale : BO partie B. Produire des sons, écouter)

Sources : stage lycée Mars 2008 + manuel Term S Nathan(2002) + internet

Introduction

Que ce soit dans la rue, dans notre habitation, dans une salle de concert ... le son est omniprésent. Il peut donc être produit et émis par une multitude de sources. C'est notre oreille qui est sensible aux sons et elle ne perçoit pas tous les sons lui parvenant. L'étude du son est introduite en classe de TS dans le chapitre propagation d'une onde ; onde progressive. On étudie d'abord les ondes mécaniques progressives, en s'appuyant sur divers supports (cuve à onde, échelle de perroquet, ressort...), puis on essaie de montrer que le son est également une onde mécanique progressive. Nous allons vérifier, dans ce montage, différentes propriétés du son qui nous permettront d'arriver à cette conclusion. Nous essaierons de répondre aux questions suivantes :

- Le son a-t-il besoin d'un milieu matériel pour se propager ?
- A quel type d'onde progressive correspond-il ? (longitudinale ou transverse)
- Quelle est la célérité du son dans l'air puis dans l'eau ?
- Que se passe-t-il quand 2 ondes sonores se rencontrent ?
- Subit-il le phénomène de diffraction ?

A la fin de cette séance de travaux pratiques, nous serons capable d'estimer la distance à laquelle se produit un éclair lumineux lors d'un orage.

I. Production du son

Nous allons nous intéresser dans un premier temps, au phénomène d'émission d'un son. Pour cela, nous utiliserons une source sonore particulière, un haut parleur.

A - Type d'onde

Matériel: GBF + Haut-parleur (grille enlevée de manière à observer la membrane)

Protocole :

1. Relier le GBF au haut-parleur et régler la fréquence du GBF sur 2 ou 3 Hz en signal sinusoïdal (*choix arbitraire car c'est un cas particulier*) avec amplitude maximum. Que fait la membrane ? Emet-elle un son ?
2. Régler la fréquence du signal émis par le GBF sur environ 100 Hz. Répondre aux mêmes questions que précédemment.
3. Placer alors des petits morceaux de polystyrène sur la membrane du haut-parleur. Le haut-parleur est un émetteur sonore : expliquer comment il peut émettre un son

Réponses :

1. La membrane du haut parleur fait un mouvement de va et vient périodique. Cependant, l'oreille humaine ne perçoit aucun son à cette fréquence.
2. La membrane paraît immobile. L'oreille perçoit un son grave.
3. Les petites "boules" de polystyrène rebondissent sur la membrane. Ceci prouve que la membrane vibre (alors que l'œil humain ne peut le voir). Par conséquent, la membrane fait vibrer la couche d'air se trouvant juste au dessus d'elle. Elle vibre dans la direction de propagation du son. Le son est donc une onde longitudinale. Le son est une onde qui se propage par compression-dilatation des tranches d'air de proche en proche.

B - Le son audible par l'homme

On a vu que quand la membrane du HP vibre trop lentement, l'homme n'entend aucun son. A partir de quelle fréquence de vibration la son nous paraît-il audible ? y a-t'il également une limite supérieurs ?

Matériel : GBF + haut-parleur

Protocole :

1. Relier le GBF au haut-parleur
2. Chercher les 2 fréquences limites des sons audibles par l'oreille.

Résultats : Les élèves doivent trouver un domaine s'étalant d'environ 20 Hz à 20 kHz. A noter que cela peut fluctuer selon les élèves. Il peut être intéressant que faire remarquer que les chiens perçoivent les sons au-delà de 20 kHz.

Nous venons de déterminer la gamme de fréquences audibles par l'oreille humaine. Nous avons constaté que nous ne percevons plus de sons au-delà de 20 kHz, domaine des ultrasons. C'est avec des sons dans ce domaine de fréquence (environ 40 kHz) que nous allons travailler dans la suite de ce montage puisque cela ne génère pas de gêne pour notre oreille.

II. Propagation du son

A- Nécessité d'un support matériel

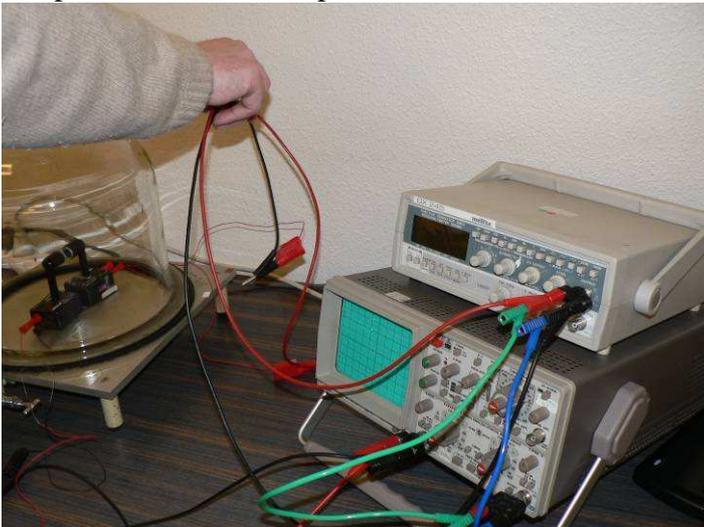
Expérience de la cloche à vide :

Plaçons un émetteur sonore et un récepteur sonore proche de quelques cm et alignés.

Relier l'émetteur et le récepteur aux 2 voies d'entrée d'un oscilloscope.

On observe que les 2 signaux ont la même amplitude (*cela n'est pas très concluant en règle générale mais le principal est de constater par la suite que cette amplitude diminue lorsque la pression diminue*).

On place une cloche en verre qui va rendre hermétique l'atmosphère dans laquelle se trouvent l'émetteur et le récepteur vis-à-vis de la pièce.



Une pompe primaire permet ensuite de réaliser un vide primaire à l'intérieur de la cloche.

Il faut alors observer l'amplitude du signal sonore du récepteur : nous constatons que cette amplitude diminue au fur et à mesure que la pression diminue dans la cloche.

Le son nécessite la présence d'un support matériel. " Dans la pièce, quand je parle, c'est l'air à pression atmosphérique qui permet cette propagation ". Dans un vide absolu, le son ne se propagerait pas.

B - Propagation d'un son dans un milieu à trois dimensions

Reprendre l'émetteur et le récepteur précédents après avoir retiré la cloche de verre.

Déplacer le récepteur de part et d'autre de l'axe de l'émetteur dans un demi plan horizontal et ensuite dans un demi plan vertical.

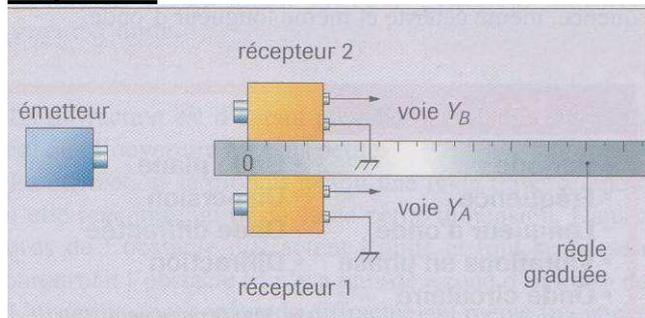
Nous constatons que le son se propage à partir du point source dans toutes les directions de l'espace.

III. Célérité du son

La vitesse de propagation du son s'appelle la célérité du son.

A- Célérité du son dans l'air

Dispositif :



On a 2 méthodes pour mesurer cette célérité :

- Au moyen de salves (plus facile dans l'air car la célérité est plus faible)
- Au moyen de la visualisation du retard

On peut également montrer que la célérité du son dans l'air ne dépend pas des conditions initiales (amplitude du son par exemple)

Placer les 2 récepteurs à la même distance de l'émetteur.

Nous constatons que les 2 signaux ont la même amplitude et sont en phase. Il apparaît également que le signal sonore présente une périodicité temporelle puisque la période observée sur plusieurs oscillations à l'oscilloscope est constante.

Déterminer cette période T .

Déplacer doucement le récepteur R2 (en l'éloignant de l'émetteur). Le récepteur R1 reste fixe.

Nous constatons que le signal de R2 se retrouve confondu (en phase) avec celui de R1 à des intervalles de distances régulières. Ceci met en évidence la périodicité spatiale du signal sonore.

Partir d'une position de R2 pour laquelle les 2 signaux sont en phase à l'oscilloscope.

Déplacer R2 en comptant le nombre fois n où les 2 courbes à l'oscilloscope se retrouvent en phase. Mesurer la distance d sur laquelle s'est déplacé R2

En déduire la longueur d'onde λ ($=d/n$).

En déduire la célérité du son dans l'air. Réponse : $c = \frac{\lambda}{T}$

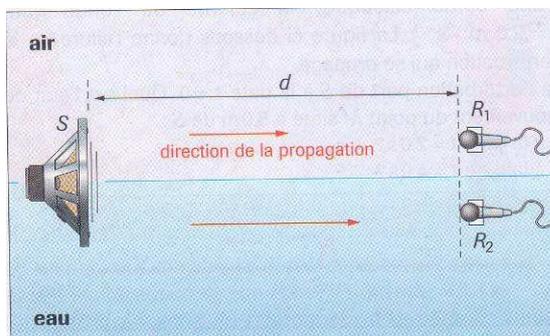
Nous avons donc déterminé la célérité du son dans l'air.

Est-elle constante dans tous les milieux ?

Nous allons maintenant tenter de répondre à cette question en déterminant la célérité du son dans l'eau.

B- Célérité du son dans l'eau

Principe :



Dispositif : (cf schéma p. suivante)

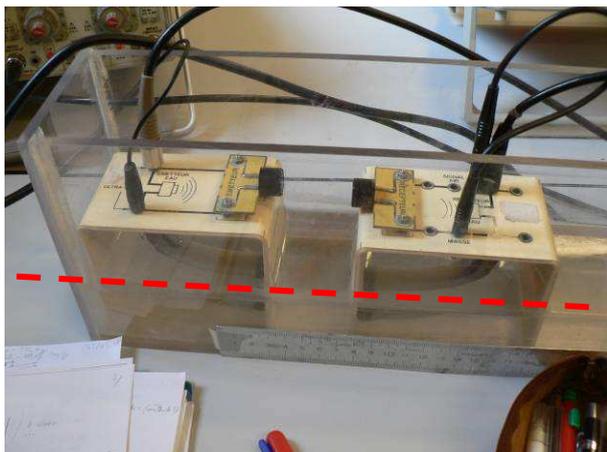
Ce dispositif est doté d'un émetteur qui émet des ondes sonores simultanément dans l'air et dans l'eau et de 2 récepteurs (l'un dans l'eau et l'autre dans l'air). On ne peut observer qu'un seul des 2 signaux récepteurs à la fois sur l'oscilloscope.

Le principe de mesure et de détermination est le même qu'au paragraphe précédent.

Il est alors possible de déterminer la célérité du son dans l'eau et de la comparer à celle dans l'air.

Conclusion : la célérité du son dans l'eau est environ 5 fois plus grande que celle dans l'air.

La célérité du son est donc une propriété du milieu dans lequel l'onde sonore se propage.



Surface de l'eau

IV. Rencontre de 2 ondes sonores

Il n'y a pas de déformation du signal quand 2 ondes sonores se rencontrent. Il suffit pour le démontrer, d'écouter ce qui se passe autour de nous. Heureusement qu'il n'y a aucune déformation, sinon, nous serions incapable d'entendre la conversation d'une personne en présence de bruit ambiant...

V. Phénomène de diffraction

On utilise un dispositif à ultra-sons. Quand la fente est large ($>1\text{cm}$), pas de diffraction : quand on déplace angulairement le récepteur, on voit que la propagation est assez directive.

Quand on diminue l'ouverture de la fente, on voit que la propagation est plus étendue. On est également capable de mesurer plusieurs mini et maxi.

Conclusion

Ce montage a permis de vérifier que le son est bien une onde mécanique progressive longitudinale :

- Il a besoin d'un milieu matériel pour se propager
- Il est caractérisé par une célérité qui dépend du milieu de propagation (et non des conditions initiales). La célérité du son est plus grande dans les liquides et les solides que dans les gaz
- 2 ondes sonores qui se rencontrent se superposent sans s'altérer
- Le son subit le phénomène de diffraction.

Il est important dans le chapitre sur les ondes, de bien montrer la différence entre phénomène ondulatoire et mécanique des solides.

Désormais, comment déterminer approximativement, lors d'un orage, la distance à laquelle l'éclair lumineux s'est produit ?

Depuis la classe de 4^{ème}, les élèves connaissent la célérité de lumière dans l'air : $300\,000\text{ km/s}$, soit $1\,000\,000$ fois supérieure à celle du son. Etant donné que la célérité du son dans l'air est d'environ 330 m/s , il faut environ 3 secondes à l'onde sonore générée par l'éclair pour parcourir 1 km. Il suffit donc de mesurer la durée entre l'instant où l'éclair lumineux apparaît et l'instant où le bruit retentit.

Une des sources d'inspiration :

1. Propagation et réception des sons et ultrasons.

Classe concernée : TS

Expérience	But	Matériel
1	Montrer que la présence d'un milieu matériel est nécessaire à la propagation du son.	Pompe à vide, cloche à vide, réveil.
2	Mettre en évidence la propagation du son. Mesurer la célérité du son dans l'air.	Clap, 2 microphones, oscilloscope à mémoire ou carte ESAO et Génériss.
3	Montrer la double périodicité de l'onde progressive sinusoïdale. Mesurer la célérité du son dans l'air.	GBF, émetteur et récepteur d'ultrasons, oscilloscope.