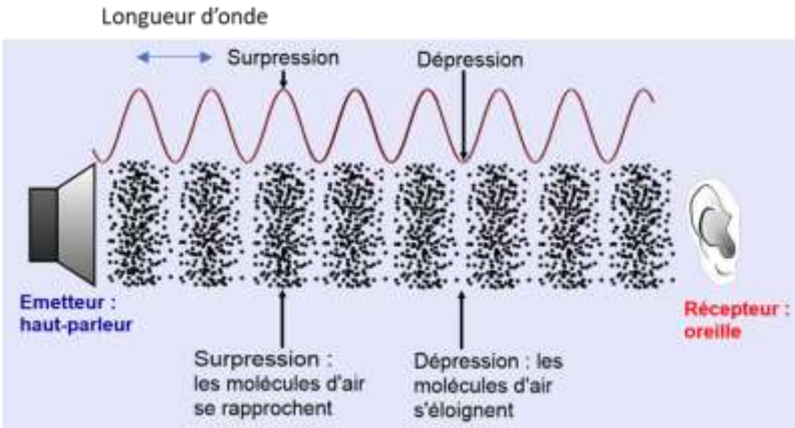
## *Activité : Fréquence d'un son pur et longueur d'onde*

1) **<u>Fréquence et longueur d'onde</u>**

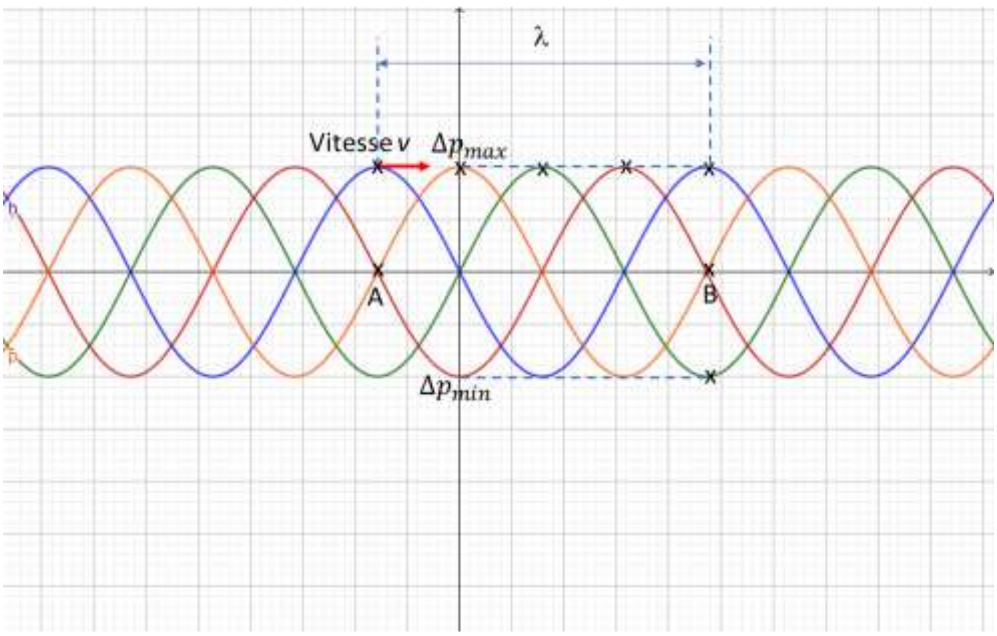
Nous avons vu qu'un son était une superposition de sons purs et qu'un son pur était caractérisé en un lieu donné par une perturbation de la pression qui variait dans le temps de façon sinusoïdale. Une étude théorique confirmée par une étude expérimentale montre qu'une onde sonore associée a un son pur a les mêmes caractéristiques qu'une vague se déplaçant à la surface de l'océan. Plus précisément, si on observe l'écart de pression $\Delta p = p - p_0$ le long d'une ligne de propagation de l'onde acoustique, on aura, à un instant donné, une courbe a l'allure sinusoïdale suivante:




La distance entre valeurs maximales de la perturbation est appelée longueur d'onde et notée $\lambda$

A un instant ultérieur, cette courbe se retrouvera décalée dans le sens de propagation et se superposera à nouveau à elle-même au bout d'un temps $T$ pendant lequel en un lieu donné, la perturbation a varié pour revenir à sa valeur initiale. Ce temps n'est donc rien d'autre que la période du son pur. La relation entre distance parcourue et vitesse $v$ de déplacement de l'onde acoustique se traduit alors par la relation :

$$\lambda = v\,T$$



Nous avons représenté sur le graphique précédent, l'état de la variation de pression le long d'une ligne (AB) de propagation de l'onde à différents instants : en bleu, à un instant 0 pris comme référence, en orange à l'instant $\frac{T}{4}$, en vert à $\frac{T}{2}$ et en rouge à $\frac{3T}{4}$, la courbe se superposant à elle-même à $T$. A ces différents instants, la variation de pression est passé successivement de la valeur $\Delta p_{max}$ à la valeur 0, puis $\Delta p_{min} = -\Delta p_{max}$, puis la valeur 0 pour revenir à la valeur $\Delta p_{max}$. Pendant la durée $T$ le front d'onde se situant en A à l'instant 0 s'est déplacé en B, parcourant la distance $\lambda = AB$.

Or nous avions vu que la période est reliée à la fréquence du son pur par la relation :

$$T = \frac{1}{f}$$

On en déduit la relation entre fréquence et longueur d'onde d'un son pur :

$$\boxed{\boldsymbol{\lambda = \frac{v}{f}}}$$

où $\lambda$ est en mètres et $f$ en Hertz.

**Question :**

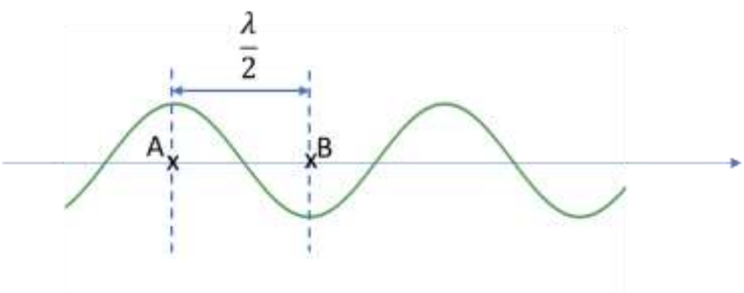
**Un haut-parleur relié à un générateur très basse fréquence émet un son pur de fréquence 200 Hz dans l'eau d'une piscine. On dispose deux micros que l'on relie à un convertisseur analogique numérique permettant de visualiser les deux signaux sur le même écran. On place les micros de telle sorte que les courbes soient en opposition de phase, c'est-à-dire, quand l'une est à son maximum l'autre est à son minimum. Faire un schéma du dispositif, haut-parleur, micros, can et expliquer pourquoi il permet de mesurer la longueur d'onde de l'onde acoustique émise par le haut-parleur.**

**L'expérience conduit à mesurer une longueur d'onde de 7,50 m.**

**Quelle est la vitesse de propagation de cette onde dans l'eau ?**

Réponses :

**Si les micros sont placés à une demi-longueur d'onde de distance sur l'axe de propagation de l'onde, les signaux sont en opposition de phase. Quand l'un d'entre eux affiche son maximum, l'autre affiche son minimum. Le schéma ci-dessus présente une photo de la situation à un de ces instants, le premier micro étant en A et le second en B.**



**La vitesse de propagation dans l'eau s'en déduit de la formule :**

$$\boldsymbol{\lambda = \frac{v}{f}}$$

**laquelle donne :**

$$\boldsymbol{v = \lambda\, f = 7,50\ \times 200 = 1500\ m/s}$$

**Le son se déplace donc à une vitesse environ quatre fois plus grande dans l'eau que dans l'air.**

## 2) Application au dimensionnement des hauts parleurs d'une enceinte acoustique

Afin de bien restituer une gamme de fréquences particulières (graves = basses fréquences, médium = moyennes fréquences, aigus = hautes fréquences) on fabrique des hauts parleurs avec des caractéristiques bien adaptées, parmi lesquelles le diamètre joue un rôle important. Ce dernier doit être le plus grand possible pour augmenter la puissance sonore mais en même temps il doit être petit devant la plus petite longueur d'onde devant être restituée pour éviter un phénomène d'interférences qui étoufferait l'onde mécanique se propageant dans la membrane du haut-parleur au lieu de la faire résonner.

Des sons graves de fréquences comprises dans une plage allant de 30 à 500 Hz ont des longueurs d'onde comprises entre des valeurs $\lambda_{min}$ et $\lambda_{max}$ telles que :

$$\lambda_{min} = \frac{340}{500} = 0{,}68\ m, \quad \lambda_{max} = \frac{340}{30} = 11\ m$$

Un **boomer** est un haut-parleur ayant pour fonction de bien restituer ces fréquences. Il devra donc avoir un diamètre petit devant la plus petite des longueurs d'onde qu'il doit restituer à savoir 0,68 m. Un boomer a un diamètre allant de la quinzaine à la quarantaine de centimètres (0,40 m).

**Question : compléter par les nombres manquants :**

Pour des sons medium de fréquences comprises entre 500 et 2000 Hz, les longueurs d'ondes sont comprises entre :

$$\boldsymbol{\lambda_{min} = \frac{340}{2000} = 0,17\ m = 17\ cm, \quad \lambda_{max} = 0,68\ m = 68\ cm}$$

Un **medium** est un haut-parleur restituant ce genre de son et a une taille de l'ordre de la dizaine de centimètres.

Et enfin, pour des sons aigus de fréquences comprises entre 2000 et 10000 Hz :

$$\boldsymbol{\lambda_{min} = \frac{340}{10000} = 0,034\ m = 3,4\ cm\ , \quad \lambda_{max} = 0,17\ m = 17\ cm}$$

Un **tweeter** est un haut-parleur restituant ce genre de son et a une taille comprise entre 1 et 5 cm