

**Objectif :**

- comprendre ce qu'est l'effet Doppler
- calculer la vitesse d'un véhicule à partir de l'effet Doppler

**I) L'effet Doppler en acoustique**

**I-1 Qu'est-ce que l'effet Doppler?**

Clique sur l'animation [effet Doppler](#)



Régler les paramètres suivants :

Ambulance

vitesse de l'émetteur  $v = 0 \text{ m.s}^{-1}$

Dans le cadre du programme de terminale, **placer l'ambulance et l'oreille sur le même axe**. horizontal (voir figure ci-dessus)

Lancer l'animation.

Le décalage fréquentiel correspond à la différence entre la fréquence  $f_R$  de l'onde reçue par le récepteur (oreille) et celle de l'onde émise par la source (l'ambulance), notée  $f_E$

$$\Delta f = f_R - f_E$$

Sur l'animation, le pourcentage de décalage fréquentiel correspond à la valeur

$$\frac{\Delta f}{f_E} \times 100 = \frac{(f_R - f_E)}{f_E} \times 100$$

**Q1 :** Que vaut le décalage fréquentiel en pourcent lorsque l'émetteur et le récepteur sont fixes ?

Comparer  $f_E$  et  $f_R$ .

**Q2 :** Recommencer l'expérience en replaçant l'ambulance dans sa position initiale et en réglant sa vitesse à  $v = 100 \text{ m.s}^{-1}$  (ce qui n'est bien évidemment pas réalisable dans la réalité, mais permet d'accélérer l'animation !). A l'aide du décalage fréquentiel en pourcentage, comparer les valeurs de  $f_E$  et  $f_R$  lorsque l'émetteur s'approche puis s'éloigne du récepteur.

En approche, le son perçu par le récepteur est-il plus aigu ou plus grave que celui de la source au repos ?

Pourquoi ?

Mêmes questions lorsque la source s'éloigne du récepteur.

**Q3 :** Recommencer l'expérience et comparer les longueurs d'onde de la source au repos,  $\lambda_E$ , et celles des longueurs d'onde en approche,  $\lambda_R$  (approche) et en éloignement,  $\lambda_R$  (éloignement). Les longueurs d'onde correspondent à la distance entre 2 cercles concentriques.

**I-2 définition de l'effet Doppler**

L'effet Doppler correspond au décalage entre la fréquence  $f_R$  perçue par un récepteur et celle émise par un émetteur  $f_E$ . Ce décalage n'est observé que lorsque l'émetteur est en mouvement par rapport au récepteur.

A compléter avec les mots : grave, grande, petite, > (2 fois), < (3 fois), aigu

- Lorsqu'elle s'approche du lieu de réception, une onde mécanique ou électromagnétique de fréquence émettrice  $f_E$  est reçue avec :

- une fréquence  $f_R$  plus \_\_\_\_\_ que  $f_E$   
 et une longueur d'onde  $\lambda_R$  plus \_\_\_\_\_ que  $\lambda_E$

$$\Delta f = f_R - f_E \text{ _____ } 0.$$

$$\Delta \lambda = \lambda_R - \lambda_E \text{ _____}$$

Le son reçu est plus \_\_\_\_\_ que le son émis

Lorsque la source s'éloigne du lieu de réception :

$$f_R \text{ _____ } f_E$$

$$\lambda_R \text{ _____ } \lambda_E$$

$$\Delta f = f_R - f_E \text{ _____ } 0$$

Le son reçu est plus \_\_\_\_\_ que le son émis

**I-3 Expression du décalage en fréquence  $\Delta f$**

Les formules suivantes ne sont pas à connaître mais il faut savoir les démontrer !

Soit un émetteur produisant une onde fréquence  $f_E$  se déplaçant à une vitesse  $v$  sur un axe. La célérité de l'onde sera notée  $v(\text{onde})$ . Un récepteur, fixe sur cet axe reçoit l'onde avec une fréquence  $f_R$ .

- Lorsque l'émetteur se rapproche du récepteur, Le décalage Doppler en fréquence vaut :

$$\begin{aligned} \Delta f = f_R - f_E &= f_E \times \left( \frac{v(\text{onde})}{v(\text{onde}) - v} \right) - f_E \\ &= f_E \times \left( \frac{v}{v(\text{onde}) - v} \right) \end{aligned}$$

- lorsque l'émetteur s'éloigne du récepteur, Le décalage Doppler en fréquence vaut :

$$\Delta f = f_R - f_E = f_E \times \left( \frac{v(\text{onde})}{v(\text{onde}) + v} \right) - f_E$$

$$= -f_E \times \left( \frac{v}{v(\text{onde}) + v} \right)$$

Lorsque la vitesse de l'onde  $v(\text{onde})$  est très supérieure à la vitesse  $v$  de déplacement de l'émetteur ces 2 expressions sont peu différentes de :

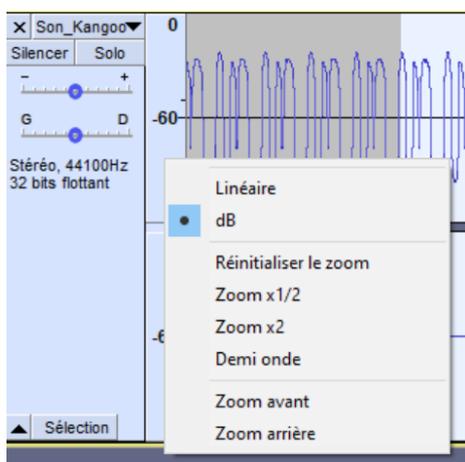
- en approche  $\Delta f = f_R - f_E = f_E \times \left( \frac{v}{v(\text{onde})} \right)$
- en éloignement  $\Delta f = f_R - f_E = -f_E \times \left( \frac{v}{v(\text{onde})} \right)$

**Q4** : redémontrer l'expression du décalage Doppler en approche (à faire en fin d'activité expérimentale si on a le temps).

L'effet Doppler est utilisé, entre autres, dans les radars automatiques pour déterminer les vitesses des véhicules.

## II) application : calcul de la vitesse d'un véhicule

**Votre mission:** déterminer, grâce à l'enregistrement sonore et à la formule ci-dessus, la vitesse du véhicule. En déduire s'il est en infraction!



Ouvrir le logiciel Audacity, cliquer sur fichier, ouvrir aller dans le

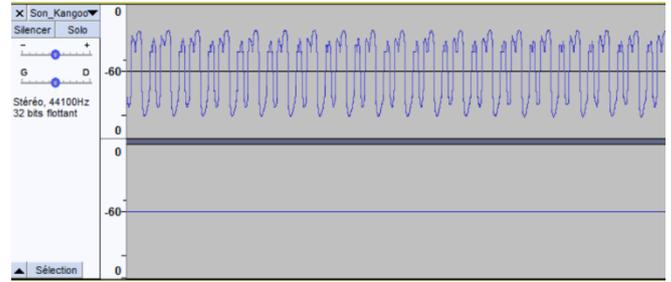
répertoire physique chimie / eleve/ terminale S specialite cliquer sur le fichier

[2020\\_ch17\\_act\\_exp\\_son\\_Kangoo\\_arret\\_voiture\\_MG.aup](#)

Faire un clic droit sur l'axe vertical et choisir **dB** pour zoomer l'enregistrement, appuyer sur le bouton

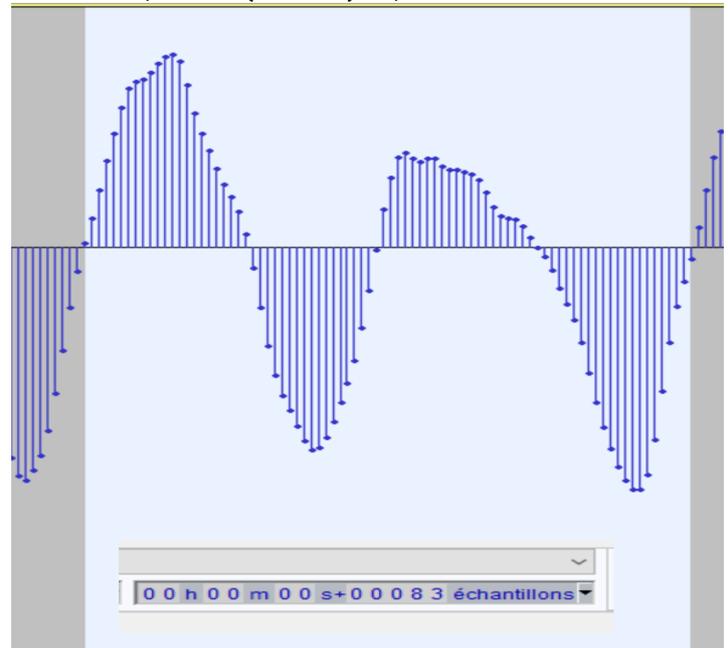
 pour zoomer l'axe horizontal jusqu'à visualiser correctement le signal périodique.

**Q5** : Cliquer sur le début d'une période puis en sélectionner un maximum afin de déterminer, avec le plus de



précision, la période d'émission  $T_E$  du klaxon du véhicule (au moins 40 périodes). On utilisera l'option '**début et durée de la sélection**'. En déduire la valeur de la fréquence d'émission  $f_E$  de la source sonore.

**Remarque** : on pourra utiliser l'option hh :mm :ss + échantillons, puis afficher le nombre d'échantillons correspondant à une période. Le son étant échantillonné sur 44100 Hz, la durée d'un échantillon vaut  $1/44100$ . Par exemple si une période  $T$  correspond à 70 échantillons,  $T = 70 \times (1/44100) = 1,5873 \times 10^{-3}$  s.



**Q6** : Recommencer la manipulation en ouvrant le fichier [2020\\_ch17\\_act\\_exp\\_son\\_Doppler\\_Voiture\\_Kangoo\\_MG\\_en\\_mouvement.aup](#).

Déterminer la période de réception du signal notée  $T_R$  lorsque le véhicule s'approche du récepteur. En déduire la fréquence  $f_R$  en approche.

**Q7** : En considérant que la célérité des ondes sonores  $v(\text{son}) = 340 \text{ m.s}^{-1}$  est très supérieure à celle de déplacement du véhicule, estimer, en  $\text{m.s}^{-1}$  puis en  $\text{km.h}^{-1}$ , la vitesse  $v$  du véhicule.

Pour plus de précision, effectuer une moyenne sur l'ensemble des groupes.

L'automobiliste est-il en infraction sachant qu'il se déplace sur une route nationale dont la limitation de vitesse est fixée à  $80 \text{ km.h}^{-1}$  ?