



Activité expérimentale

« Souriez, vous êtes flashé ! »

Nom :

Nom :

Objectif : Mettre en œuvre une démarche expérimentale pour mesurer une vitesse en utilisant l'effet Doppler.

Compétences travaillées (capacités et attitudes) :

- **ANA** : formuler une hypothèse ; proposer un protocole expérimental.
- **REA** : réaliser un dispositif expérimental ; utiliser l'outil informatique de manière adaptée.
- **VAL** : exploiter et interpréter des observations, des mesures.

ANA	REA	VAL	20
-----	-----	-----	----

Contexte :



Les cinémomètres (ou « radars ») installés sur le bord des routes mesurent la vitesse instantanée des véhicules automobiles. Ils fonctionnent par application de l'**effet Doppler** dans le domaine des ondes électromagnétiques (micro-ondes).

L'objectif de cette activité est de comprendre et de mettre en œuvre ce principe, mais dans le domaine des ondes mécaniques, ici des ultrasons.

DOCUMENTS MIS A DISPOSITION

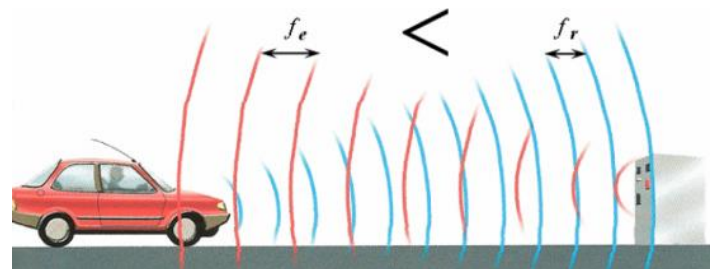
Document 1 -Principe de l'effet Doppler (ondes sonores)

A pied sur le bord de la route, avez-vous jamais entendu le son d'un klaxon ou de la sirène d'un véhicule qui passe ? Ce son est légèrement différent selon que le véhicule soit immobile, s'approche ou s'éloigne de vous : c'est l'**effet Doppler**.

Pour illustrer cela, deux fichiers sonores sont disponibles sur le site capneuronal. « Klaxon immobile » et « Klaxon_voiture_mouvement » ... Ecoutez-les !

Document 2 - Effet Doppler en réflexion (radar routier)

Les « radars routiers » utilisent le principe de l'effet Doppler pour mesurer la vitesse. Ils émettent une onde entretenue (ou continue) qui est réfléchiée par toute cible se trouvant dans la direction pointée. Par effet Doppler, cette onde réfléchiée possède une fréquence légèrement différente de celle émise : plus grande fréquence pour les véhicules s'approchant du radar et plus petite pour ceux s'éloignant.



Le radar émet un signal de fréquence f_e émise, ce signal est réfléchi par le véhicule, puis revient au niveau du récepteur à la fréquence f_r reçu.

Un système électronique permet ensuite au radar de déterminer la différence $|\Delta f| = |f_r - f_e|$ entre les deux fréquences.

Pour mesurer $|\Delta f|$: la sortie sous Générïs (voir fiche d'utilisation) permet d'obtenir un signal sinusoïdal dont la fréquence est égale à $|\Delta f|$. Il suffit donc de déterminer la période T puis la fréquence du signal enregistré.

La mesure de $|\Delta f|$ permet de calculer la vitesse du v véhicule grâce à la formule :

$$|\Delta f| = |f_r - f_e| = 2 \times \frac{v}{v_{\text{onde}}} \times f_e$$

Document 3 - Le boîtier de commande du « banc mécanique Doppler »

Ce boîtier a plusieurs fonctionnalités :

- Il permet tout d'abord, une fois alimenté, de commander la vitesse et le sens du mouvement sur le « banc mécanique Doppler ».
- Il permet d'obtenir un signal de fréquence $|\Delta f| = |f_r - f_e|$ lorsque l'émetteur (fréquence f_e) et le récepteur (fréquence f_r) d'ultrasons y sont reliés correctement.



Document 4 - Vitesse du son

La vitesse de propagation des ondes sonores (et ultrasonores) dans la salle de classe est :

$$v_{\text{son}} = (3,40 \pm 0,02) \times 10^2 \text{ m.s}^{-1}$$

Document 5 - Incertitudes

Incertitude absolue

Soit x_{MESURE} la valeur mesurée d'une grandeur et $U(x)$ l'incertitude absolue (de l'anglais « Uncertainty ») liée à cette mesure, alors la valeur vraie x_{VRAIE} est telle que :

$$x_{\text{VRAIE}} = x_{\text{MESURE}} \pm U(x) \Leftrightarrow x_{\text{MESURE}} - U(x) \leq x_{\text{VRAIE}} \leq x_{\text{MESURE}} + U(x)$$

MATERIEL MIS A DISPOSITION

- 1 « banc Doppler » avec son boîtier de commande
- 1 réflecteur pour le « banc mécanique Doppler »
- 1 émetteur ultrasons (= récepteur alimenté par un GBF)
- 1 GBF (Générateur basse fréquence)
- 1 récepteur ultrasons
- 1 Interface d'acquisition
- Fils
- d'un chronomètre
- 1 Ordinateur avec le logiciel d'acquisition de tension : Génériss

TRAVAIL A REALISER

1. Etude préliminaire (Compétence APP, durée conseillée 15 mn)

1.1. En s'aidant du doc 1. et des fichiers sonores, répondre aux questions suivantes :

- lorsque un véhicule s'éloigne ou s'approche d'un piéton, le son est-il perçu plus grave ou plus aigu ?

- Comment évolue la fréquence d'un son lorsque la source s'éloigne ou se rapproche du récepteur ?

1.2. D'après le document 2, compléter le schéma du « banc Doppler » ci-dessous en indiquant les emplacements de l'émetteur (E), du récepteur (R) et du réflecteur.



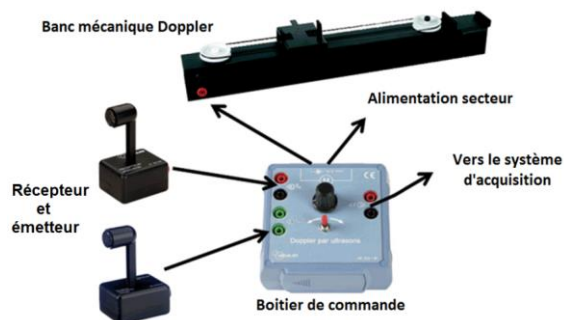
1.3. Préciser quel(s) élément(s) joue(nt) le rôle de la voiture et quel(s) élément(s) joue(nt) le rôle du « radar ».

2. Mesure de vitesse en utilisant l'effet Doppler (Compétence REA et ANA, durée conseillée 30 mn)

2.1. Voici un extrait de la notice d'utilisation du banc Doppler :

Doppler :

L'émetteur devant être relié au GBF, réaliser le montage ainsi que les branchements nécessaires pour modéliser la situation du doc. 2.



APPEL N°2	Appeler le professeur pour vérification du montage
-----------	--

2.2. Proposer un protocole utilisant le montage précédent et permettant de déterminer la vitesse v du mobile sur le banc Doppler.

--	--

APPEL N°3	Appeler le professeur pour vérification du protocole
-----------	--

2.3. Exprimer la vitesse v du déflecteur (voiture) en fonction de $|\Delta f|$, f_e et v_{onde}

--

2.4. Exprimer la vitesse v du réflecteur (voiture) en fonction de f_r , f_e et v_{onde} . *Il faut se « débarrasser » de la valeur absolue*

Lorsque le véhicule est en approche,

Le son est plus aigu ou plus grave : Plus

donc, quel est le signe de $f_r - f_e$?

$f_r - f_e < \text{ou} > 0$ donc $|\Delta f| = |f_r - f_e| = \dots\dots\dots$

Expression de v

Lorsque le véhicule s'éloigne,

Le son est plus aigu ou plus grave : Plus

donc, quel est le signe de $f_r - f_e$?

$f_r - f_e < \text{ou} > 0$ donc $|\Delta f| = |f_r - f_e| = \dots\dots\dots$

Expression de v

2.3. Régler la fréquence du GBF à $f_e = 40 \text{ kHz}$ environ, amplitude (« Level ») au maximum et signal sinusoïdal, puis réaliser le protocole proposé.

Déterminer la vitesse v du réflecteur sur le banc régler à la vitesse minimale et à la vitesse maximale.

(Boutons vitesse et sens du mouvement)

Régler le boîtier à la vitesse minimale	Régler le boîtier à la vitesse maximale
---	---

3. Incertitude sur la mesure de la vitesse (Compétence VAL, durée 15 mn)

On donne :

$$\bullet \left(\frac{U(v)}{v} \right)^2 = \left(\frac{U(v_{\text{son}})}{v_{\text{son}}} \right)^2 + \left(\frac{U(\Delta f)}{\Delta f} \right)^2 + \left(\frac{U(f_e)}{f_e} \right)^2$$

• $U(\Delta f) = 0,5 \text{ Hz}$

• L'incertitude $U(f_e)$ sur la valeur mesurée de f_e est égale au plus petit écart lisible entre deux valeurs mesurables sur le GBF, soit $U(f_e) = \dots\dots\dots$

Calculer l'incertitude absolue $U(v)$ sur la vitesse v calculée.

Exprimer la valeur de la vitesse sous la forme : $v_{\text{vraie}} = v_{\text{mesurée}} \pm U(v)$

4. Muni d'un chronomètre, déterminer la vitesse v_{chrono1} (vitesse min) et v_{chrono2} (vitesse max) comparer là à la vitesse v

Protocole simple	Calcul de v_{chrono1}	Calcul de v_{chrono2}
-		

5. Proposez un autre protocole afin de déterminer la vitesse du récepteur

Protocole :

- ...