

TP 3 – Doppler

Le programme officiel

Notions et contenus	Capacités exigibles Activités expérimentales support de la formation
Effet Doppler. Décalage Doppler.	<i>Exploiter l'expression du décalage Doppler en acoustique pour déterminer une vitesse.</i>

Les compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

Compétences	Quelques exemples de capacités associées
S'approprier	- Rechercher et organiser l'information en lien avec la problématique étudiée.
Analyser / Raisonner	- Proposer une stratégie de résolution. - Planifier des tâches. - Choisir, élaborer, justifier un protocole.
Réaliser	- Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.). - Mettre en oeuvre un protocole expérimental en respectant les règles de sécurité.
Valider	- Faire preuve d'esprit critique, procéder à des tests de vraisemblance. - Identifier des sources d'erreur, estimer une incertitude, comparer à une valeur de référence.
Communiquer	À l'écrit comme à l'oral : - utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ; - échanger entre pairs.

Mesure et incertitudes

NOTIONS ET CONTENUS	Capacités exigibles
Variabilité de la mesure d'une grandeur physique.	Discuter de l'influence de l'instrument de mesure et du protocole.
Écriture du résultat. Valeur de référence.	Écrire, avec un nombre adapté de chiffres significatifs, le résultat d'une mesure.

Capacités expérimentales

- Mettre en œuvre un dispositif permettant de mesurer la période, la longueur d'onde, la célérité d'une onde périodique.
- Mettre en œuvre un dispositif permettant d'étudier l'effet Doppler en acoustique.

TP 3 – Doppler

Matériels

Matériels élèves :

- PC avec regressi ;
- Micro ;
- Diapason ;
- Fichier son : « son voiture arret.wav » ;
- Fichier son : « son voiture mvt.wav » ;
- Banc Doppler avec émetteur et récepteur ;
- Boitier d'acquisition Doppler et son alimentation ;
- Interface PASCO ;
- PC avec Capstone ;
- Un réglet ;
- Un mètre ruban ;
- Un chronomètre.



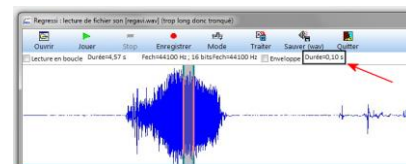
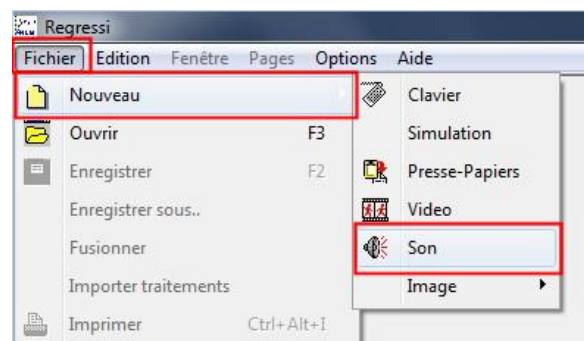
TP 3 – Doppler

1. Rappel de 1^{ère} : étude du son pur du diapason

1.1. Enregistrer un son

A l'aide du logiciel « Regressi » enregistrer le son émis par le diapason. Pour cela suivre les étapes suivantes :

1. Ouvrir **Regressi**
2. Aller dans Fichier/Nouveau/Son
3. Cliquer sur **enregistrer** et jouer votre note de musique puis cliquer sur **stop**.
4. Sélectionner avec les barres à droite et à gauche un échantillon de 0,1s environ.
5. Transférer le fichier sur Regressi avec 



1.2. Caractériser le son

Caractériser un son signifie donner sa hauteur, le timbre, l'intensité, ...

Rappel de cours : **La hauteur d'un son correspond à la fréquence de ce son.**

1. Sur Regressi, aller sur  et zoomer sur le signal  en sélectionnant la zone à agrandir en affichant plusieurs périodes.

2. Mesurer la période du signal. Pour vous aider vous pouvez aller dans le menu  ou

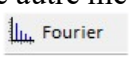
dans le menu  pour choisir un réticule et repérer des coordonnées sur le graphe choisi.

Période mesurée : $T = \dots\dots\dots$

Fréquence calculée : $F = \dots\dots\dots$

La hauteur de ce son est donc de $\dots\dots\dots$

Une autre méthode pour mesurer la hauteur du son est d'utiliser le logiciel directement en allant

sur  pour afficher le spectre de Fourier du signal. Le logiciel analyse le signal et affiche les différentes fréquences mesurées. Le premier pic correspond à la hauteur.

Hauteur mesurée par Regressi : $\dots\dots\dots$

1.3. Valider la mesure

La hauteur théorique du diapason est indiquée sur le diapason. Relever cette valeur :

Hauteur théorique inscrite sur le diapason : $\dots\dots\dots$

La hauteur mesurée est-elle compatible avec la hauteur théorique ?

.....

2. Mesure de la vitesse d'une voiture

Situation étudiée : Joseph Longtarin, agent de police, est réveillé chaque nuit par le klaxon d'une voiture qui passe devant chez lui en klaxonnant et semble rouler à une vitesse excessive. Pour le prouver il a enregistré le son du klaxon. Il demande à son fils, élève de terminale, d'utiliser ses connaissances sur l'effet Doppler pour lui permettre de déterminer la vitesse de la voiture. Il a également enregistré le klaxon d'une voiture identique à l'arrêt.

Pouvez-vous prouver que la vitesse de la voiture est supérieure à la vitesse autorisée en ville ?

2.1. L'écoute

Ouvrir le logiciel REGRESSI puis le fichier voiture à l'arrêt ([son voiture arret.wav](#)), écouter le son et recommencer avec le fichier voiture en mouvement ([son voiture mvt.wav](#)), la voiture s'approche de l'observateur puis s'en éloigne.

A la suite de l'écoute des bandes son, barrer les mentions inutiles dans les affirmations suivantes :

Lorsque la voiture s'approche le son est plus – moins – aigu que lorsque la voiture est à l'arrêt.
Lorsque la voiture s'éloigne le son est – plus – moins – grave – que lorsqu'elle est à l'arrêt

2.2. Les mesures

Pour valider l'écoute précédente, il faut réaliser des mesures. Pour chacun des cas cités plus bas, sélectionner une durée de klaxon d'environ 0,1s à l'aide du logiciel REGRESSI, tracer le spectre par décomposition de Fourier puis relever les fréquences des harmoniques de rang 1 à 5 (se servir de la relation entre les fréquences harmoniques s'il y a un doute sur le pic).

- Voiture à l'arrêt, fréquences notées f_{en}
- Voiture en approche de Longtarin, fréquences notées f_{1n}
- Voiture qui s'éloigne de Longtarin, fréquences notées f_{2n}

Saisir les fréquences mesurées dans un tableur. (Excel)

Conclure.



2.3. La vitesse du véhicule

Doppler a démontré que la vitesse d'un émetteur sonore en mouvement peut être calculée à l'aide de la formule : $v_{voiture} = v_{son} \cdot \left(\frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2} \right)$

Pour chaque couple de valeur (f_1, f_2), calculer la vitesse de la voiture (intégrer une formule dans le fichier Excel), puis faire la moyenne de ces valeurs.

Conclure en précisant si la voiture est en infraction.

3. Mesure de la vitesse d'un chariot



La maquette ci-dessus permet d'étudier l'effet Doppler, elle est constituée d'un rail d'un émetteur US, d'un récepteur US mobile (vitesse constante mais réglable) et d'un boîtier qui permet d'alimenter l'émetteur avec une tension de fréquence proche de 40kHz. Ce boîtier permet également de mesurer la différence $f_r - f_e$ appelé Δf , en effet lorsque le récepteur est en mouvement

par rapport à l'émetteur, la fréquence du signal qu'il produit est différente de celle du signal émis par l'émetteur.

Le constructeur indique que lorsque le récepteur s'approche de l'émetteur immobile, la vitesse de déplacement est calculable par la formule $v = v_{US} \times \frac{\Delta f}{f_E}$

v_{US} étant la célérité des ultra-sons = 340 m.s^{-1} ; f_E la fréquence de l'émetteur et $\Delta f = f_R - f_E$.

- ✓ Relier l'interface PASCO pour acquérir le signal de fréquence Δf .
- ✓ Paramétrer CAPSTONE pour une acquisition à 500 Hz.
- ✓ Réaliser l'enregistrement.

On observe un « *signal analogique de fréquence égale à la différence des fréquences émise et reçue* » (Notice Jeulin).
En déduire une valeur de Δf :

$\Delta f =$

- ✓ Calculer alors la vitesse de déplacement du chariot à l'aide de la formule fournie :

.....
.....
.....

$v =$

- ✓ Proposer un protocole pour valider cette vitesse en réalisant une mesure de la vitesse du chariot par une autre méthode puis appeler le professeur pour valider le protocole avant de le réaliser.

.....
.....
.....
.....
.....
.....

$v =$

- ✓ Sachant que le constructeur indique des vitesses optimales d'utilisation du chariot entre 4 et 14 cm/s, conclure sur la validité des deux mesures réalisées.

.....
.....
.....
.....