Nom du fichier	12 Vitesse d'un véhicule et effet Doppler.
Titre de l'exercice	**Détermination de la vitesse d'un véhicule par effet Doppler.**
Partie du programme	**OBSERVER - Ondes et matière - Caractéristiques et propriétés des ondes**
Notions et contenus	Longueur d'onde et fréquence d'un son Analyse spectrale d'un son Effet Doppler
Calculatrice	Autorisée

Questions posées	**Réponses possibles**
1- Sur le dessin du document 3, on voit que la longueur d'onde de l'onde sonore perçue : - est plus grande que la longueur d'onde de l'onde émise : ☐ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne - est plus petite que la longueur d'onde de l'onde émise : ☐ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne On en déduit que la fréquence de l'onde sonore perçue : - est plus grande que la fréquence émise : ☐ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne - est plus petite que la fréquence émise : ☐ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne	1- Sur le dessin du document 3, on voit que la longueur d'onde de l'onde sonore perçue : - est plus grande que la longueur d'onde de l'onde émise : ☐ quand la voiture s'approche ☑ quand la voiture s'éloigne - est plus petite que la longueur d'onde de l'onde émise : ☑ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne On en déduit que la fréquence de l'onde sonore perçue : - est plus grande que la fréquence émise : ☑ quand la voiture s'approche ☐ quand la voiture s'éloigne - est plus petite que la fréquence émise : ☐ quand la voiture s'approche ☑ quand la voiture s'éloigne
2- A l'aide des documents, déterminer si la voiture s'approche ou s'éloigne du témoin resté sur le bord de la route et à quelle vitesse (vous donnerez la vitesse en km.h^{-1}). Justifier vos réponses.	La fréquence du son émis, fe, est déterminée grâce au document 1 (Dans le référentiel du marié, la voiture est immobile) : Pour l'harmonique de rang 5, la fréquence est de 2200 Hz, soit **f_e** = 2200 /5 = **440 Hz** La fréquence perçue est déterminée grâce au document 2 (émetteur en mouvement par rapport au témoin) : Pour l'harmonique de rang 6, la fréquence est de 2600 Hz, soit **f_p** = 2600 /6 = **433 Hz** La fréquence perçue est plus petite que la fréquence émise donc la voiture s'éloigne. La vitesse d'éloignement est : **v** = c x $\lvert f_e/f_p - 1\rvert$ = 340 x $\lvert 440/433 - 1\rvert$ = 5,50 m.s^{-1} = **19,8 km.h^{-1}**

Compétences disciplinaires exigibles

Connaître et exploiter la relation entre la fréquence et la longueur d'onde.
(Réaliser) l'analyse spectrale d'un son musical et l'exploiter pour en caractériser la hauteur.
Exploiter l'expression du décalage Doppler de la fréquence dans le cas des faibles vitesses.

Compétences transversales

Extraire et exploiter l'information utile de documents
Mobiliser ses connaissances
Effectuer un calcul simple
Communiquer

Evaluation : proposition d'évaluation par compétences

Les compétences essentiellement évaluées dans cet exercice sont les **compétences ANALYSER et REALISER.**

Attribution de la note pour la compétence ANALYSER (sur 5 points) :

Niveau	A	B	C	D
Note attribuée	5	3 ou 4	1 ou 2	0

Niveau A si l'élève arrive seul ou avec une aide très limitée du professeur (difficultés ou erreurs identifiées par l'élève), à :

<u>Question 1 :</u>

- Identifier sur le doc 3 la longueur d'onde perçue par l'observateur A et celle perçue par l'observateur B.
- Observer que, sur le dessin du document 3, la longueur d'onde perçue par A est plus petite que la longueur d'onde du son perçu par B : Ainsi la longueur d'onde du son perçu est plus petite que celle du son émis quand la voiture s'approche de l'observateur et plus grande quand elle s'éloigne.
- En déduire que la fréquence augmente quand la longueur d'onde λ diminue et vice versa (utilisation qualitative de la relation $f=c/\lambda$)

<u>Question 2 :</u>

- Identifier que le marié est l'observateur immobile par rapport à l'émetteur et que le témoin est l'observateur en mouvement relatif par rapport à l'émetteur.

Les 4 tâches ci-dessus peuvent constituer des aides partielles.

Niveau B si le professeur intervient concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat, sous forme d'une question ouverte, ou en apportant une des 3 aides précédentes, et si l'élève arrive à résoudre l'exercice
Niveau C si deux aides sont apportées par le professeur, et si l'élève arrive à résoudre l'exercice
Niveau D si le candidat a été incapable de réaliser la tâche demandée, malgré les éléments de réponse du professeur.

Attribution de la note pour la compétence REALISER (sur 5 points) : question 2

Niveau	A	B	C	D
Note attribuée	5	3 ou 4	1 ou 2	0

Niveau A si l'élève arrive seul ou avec une aide très limitée du professeur (difficultés ou erreurs identifiées par l'élève), à :

- Déterminer les fréquences du son émis et du son perçu à partir de leur spectre en fréquence :
  - savoir que la fréquence du son est égale à la fréquence du fondamental
  - mesurer la fréquence d'une harmonique de rang supérieur afin d'augmenter la précision de la mesure et savoir que $f_n=nxf_1$.
- Déterminer si la voiture s'éloigne ou s'approche de l'observateur immobile dans le référentiel terrestre (témoin)

- Extraire du document 3, la formule donnant la vitesse v de la source de l'onde et la vitesse c de l'onde afin d'effectuer le calcul de la vitesse de la voiture.
- Exprimer le résultat avec les unités du système international puis faire la conversion.

Les 5 tâches ci-dessus peuvent constituer des aides partielles. (voir d'autres exemples d'aides en fin de document)

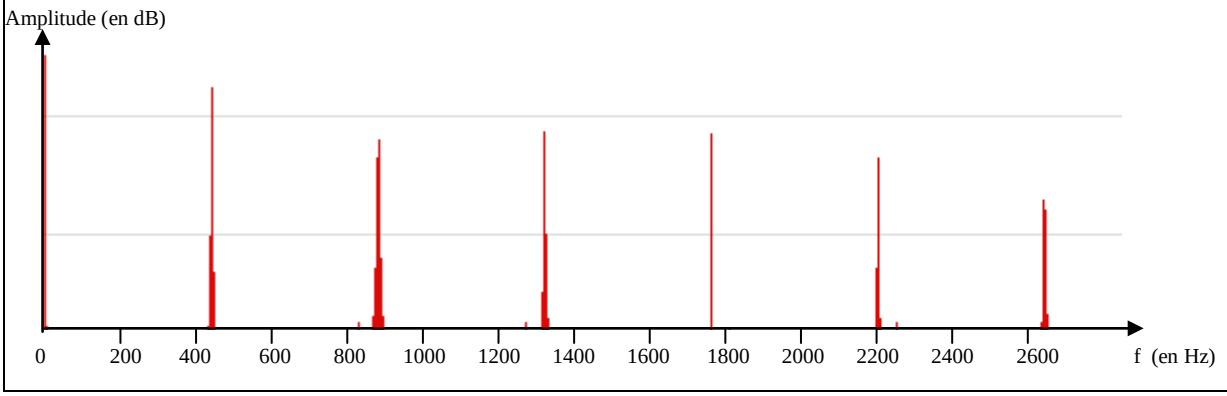
Niveau B si le professeur intervient concernant des difficultés ou erreurs non identifiées par le candidat, sous forme d'une question ouverte, ou en apportant une des 3 aides précédentes, et si l'élève arrive à résoudre l'exercice
Niveau C si deux aides sont apportées par le professeur, et si l'élève arrive à résoudre l'exercice
Niveau D si le candidat a été incapable de réaliser la tâche demandée, malgré les éléments de réponse du professeur.

Total sur 10 points :

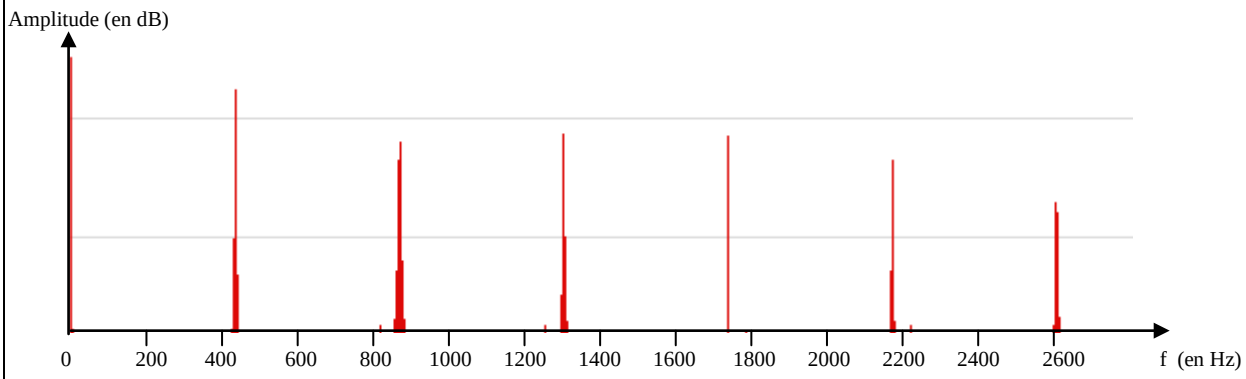
Détermination de la vitesse d'un véhicule par effet Doppler.

En partant de la mairie, la voiture des mariés klaxonne.
La scène est filmée par le marié à bord de la voiture et par son témoin immobile sur le bord de la route. La voiture roule rectilignement à vitesse constante.
En laboratoire, on réalise l'analyse spectrale de chaque son donné dans le document 1 et 2.

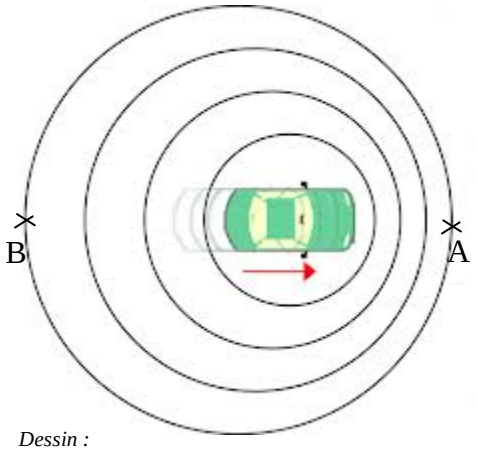
Document 1 : spectre du son enregistré par le marié à bord de la voiture.



Document 2 : spectre du son enregistré par le témoin sur le trottoir



Document 3 : l'effet Doppler



Dessin :
http://www.back-slash.net/leffet-doppler/

Une onde émise avec une fréquence f_e est perçue avec une fréquence f_p différente de f_e si l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre.

Dans la situation de l'exercice, la vitesse v de l'émetteur par rapport au récepteur est liée au rapport des fréquences par la relation :

$$v = c \times |f_e/f_p - 1|$$

c étant la vitesse de l'onde. c = 340 $m.s^{-1}$ dans les conditions de l'exercice.

Questions :

1- Sur le dessin du document 3, on voit que la longueur d'onde de l'onde sonore perçue :

- est plus grande que la longueur d'onde de l'onde émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

- est plus petite que la longueur d'onde de l'onde émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

On en déduit que la fréquence de l'onde sonore perçue :

- est plus grande que la fréquence émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

- est plus petite que la fréquence émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

2- A l'aide des documents, déterminer si la voiture s'approche ou s'éloigne du témoin resté sur le bord de la route et à quelle vitesse (vous donnerez la vitesse en $km.h^{-1}$). Justifier vos réponses.

Question 1 :

Réponse partielle :
Le professeur fait figurer sur le dessin du doc 3 la longueur d'onde du son perçu par l'observateur A et celle perçue par l'observateur B.

Question 2 :

Exemple de questions ouvertes :

- Dans le référentiel du marié, la voiture est-elle immobile ou en mouvement ? Enregistre-t-il le son de fréquence f_e ou f_p ?
  Dans le référentiel du témoin, la voiture est-elle immobile ou en mouvement ? Enregistre-t-il le son de fréquence f_e ou f_p ?
- Déterminer la fréquence du son (=fréquence du fondamentale) dans le référentiel du marié puis celle du son enregistré par le témoin. Comment procéder pour effectuer des mesures précises ?
- Dans le spectre en fréquence d'un son, l'harmonique de rang n a une fréquence f_n telle que : $f_n = n \times f_1$ (f_1 étant la fréquence du fondamental)

Réponses partielles :

- Le professeur donne les fréquences perçues et émises afin que le candidat puisse continuer et être évaluer sur le reste de la question.

CORRECTION

1- Sur le document 4, on voit que la longueur d'onde de l'onde sonore perçue :

- est plus grande que la longueur d'onde de l'onde émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☑ quand la voiture s'éloigne

- est plus petite que la longueur d'onde de l'onde émise :
  - ☑ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

On en déduit que la fréquence de l'onde sonore perçue :

- est plus grande que la fréquence émise :
  - ☑ quand la voiture s'approche
  - ☐ quand la voiture s'éloigne

- est plus petite que la fréquence émise :
  - ☐ quand la voiture s'approche
  - ☑ quand la voiture s'éloigne

2- A l'aide des documents, déterminer si la voiture s'approche ou s'éloigne du témoin resté sur le bord de la route et à quelle vitesse (vous donnerez la vitesse en $km.h^{-1}$). Justifier vos réponses.

La fréquence du son émis, fe, est déterminée grâce au document 1 (Dans le référentiel du marié, la voiture est immobile) :
Pour l'harmonique de rang 5, la fréquence est de 2200 Hz, soit **f_e** = 2200 /5 = **440 Hz**

La fréquence perçue est déterminée grâce au document 2 (émetteur en mouvement par rapport au témoin) :
Pour l'harmonique de rang 6, la fréquence est de 2600 Hz, soit **f_p** = 2600 /6 = **433 Hz**

La fréquence perçue est plus petite que la fréquence émise donc la voiture s'éloigne.

La vitesse d'éloignement est :
v = c x $|f_e/f_p - 1|$ = 340 x |440/433 -1| = 5,50 $m.s^{-1}$ = **19,8 $km.h^{-1}$**