

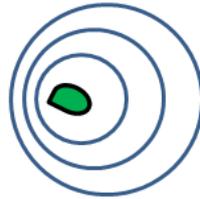
## Effet Doppler

### INTRODUCTION

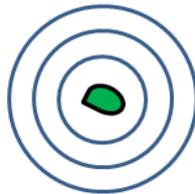
➤ **Situation n°1** : Ecouter la bande son puis répondre à la question :

1. Quelle est la particularité du son perçu par l'observateur immobile sur le bord de la route ou de la piste ?

➤ **Situation n°2** : Coincoin le Canard !



Coincoin nage vers la gauche.



Coincoin est immobile

2. Que peut-on dire de la longueur d'onde des ondes créées à la surface de l'eau dans chacun des cas ?
3. Qu'en sera-t-il de la fréquence des ondes ?
4. Quelle est la caractéristique commune aux situations n°1 et n°2 précédentes (Ondes sonores et ondes à la surface de l'eau) ?

**Le phénomène qui est mis en évidence dans toutes les situations précédentes est l'effet Doppler.**

En 1842, le physicien autrichien Christian Doppler modélise un phénomène caractéristique des ondes émises par des sources en mouvement, et le présente à l'Académie royale des sciences de Bohême. En 1845, le physicien autrichien Christoph Buys-Ballot réalise une expérience pour tester la théorie de Doppler.

→ Comment Ballot a-t-il mis l'effet Doppler en évidence en 1847 ?

## QUELQUES DOCUMENTS

### Document 1 : Abaissement de ton au passage d'un train

#### Capsule vidéo



► Kevin Parrish, *Standard Splendour*, 2008.

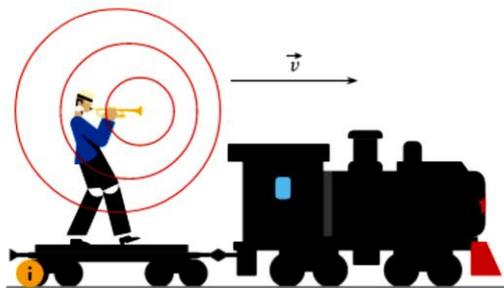
On peut observer, à chaque station de chemin de fer, un effet de ce genre extrêmement instructif, au moment du passage d'un train à grande vitesse. Pendant qu'il approche, les ondes émises par le sifflet sont virtuellement ou équivalentement raccourcies, parce qu'il en arrive un plus grand nombre à l'oreille, dans un temps donné.

Quand il s'éloigne au contraire, les ondes sonores sont virtuellement ou équivalentement rendues plus longues. La conséquence de ce raccourcissement et de cet allongement est que, lorsque le train s'approche, le sifflet rend un son plus aigu, et que lorsqu'il s'éloigne le sifflet rend un son plus grave que lorsque le train est au repos.

On perçoit donc à chaque passage du train un abaissement de ton. Des expériences de ce genre ont été faites sur les chemins de fer hollandais par M. BuysBallot, et plus tard en Angleterre par M. Scott-Russel.

John Tyndall, *Le son : cours expérimental fait à l'Institution Royale*, 1869, p. 83.

### Document 2 : Expérience de Buys Ballot



Le 3 juin 1845, afin de tester les théories de Christian Doppler, Christoph Buys-Ballot place des musiciens sur un train et leur demande de jouer un  $la_3$ .

Il place sur le quai, à intervalles réguliers, des groupes d'autres musiciens capables de distinguer très finement les différences de hauteur de notes. Lorsque le train s'est approché, les musiciens restés à quai ont affirmé avoir entendu un  $si\flat_3$  soit une note plus aiguë d'un demi-ton.

### Document 3 : Effet Doppler

Lorsqu'un émetteur d'onde est en mouvement à une vitesse  $v$  par rapport à un récepteur fixe, la fréquence  $f_{\text{rec}}$  reçue par le récepteur diffère de la fréquence  $f_{\text{em}}$  émise selon les formules suivantes :

- si l'émetteur et le récepteur se rapprochent :

$$f_{\text{rec}} = \frac{f_{\text{em}} \cdot v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v}$$

- si l'émetteur et le récepteur s'éloignent :

$$f_{\text{rec}} = \frac{f_{\text{em}} \cdot v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} + v}$$

$f_{\text{rec}}$  : fréquence reçue par le récepteur (Hz)

$f_{\text{em}}$  : fréquence émise par le récepteur (Hz)

$v_{\text{onde}}$  : vitesse de l'onde ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

$v$  : vitesse de rapprochement ou d'éloignement entre l'émetteur et le récepteur ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )



### Données

- Vitesse du son dans l'air :  $v_{\text{son}} = 340 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

#### Document 4 : Fréquences de quelques notes de musique

Note	$sol_3$	$sol\#_3$	$la_3$	$sib_3$	$si_3$	$do_4$	$do\#_4$ :
Fréquence (Hz)	392	415	440	466	494	523	554

---

#### ANALYSER

---

- D'après les données du Doc 3, expliquer pourquoi les musiciens restés à quai ont entendu une note plus aiguë que celle jouée sur le train.
- Calculer la vitesse à laquelle ce train se déplaçait.
- En déduire la note entendue par les musiciens à quai lorsque le train s'éloignait.
- Exprimer la longueur de l'onde reçue  $\lambda_{reçue}$  par l'observateur en fonction de  $f_{rec}$  et  $v_{onde}$  dans le référentiel terrestre.
- Exprimer les vitesses  $v_1$  et  $v_2$  de l'onde dans le référentiel lié à l'émetteur en fonction de  $v_{onde}$  et  $v$ , respectivement dans le cas d'un éloignement et d'un rapprochement entre l'émetteur et le récepteur.
- En déduire une expression des longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  (respectivement dans le cas d'un éloignement et d'un rapprochement) de l'onde émise dans le référentiel de l'émetteur en fonction de  $f_{em}$ ,  $v_{onde}$  et  $v$ .



## REALISER ET VALIDER

Tonton Robert est parti faire un tour de moto. Sa femme persuadée qu'il roule trop vite enregistre son passage devant la maison et compte sur vous pour estimer sa vitesse.

- ✚ Charger le fichier son **moto.wav** sous Audacity puis l'écouter.
- ✚ Élaborer un protocole permettant de déterminer la vitesse de la moto à partir de cet enregistrement.

**SOS !** N'oubliez pas qu'Audacity vous donne le spectre d'un son.



11. Déterminer la fréquence notée  $f_1$  pendant l'approche de la moto et la fréquence notée  $f_2$  pendant son éloignement. Consignez vos observations et vos résultats.

12. Démontrer la formule reliant la vitesse de la source aux fréquences  $f_1$  et  $f_2$  :

$$v = v_{\text{onde}} \times \frac{f_1 - f_2}{f_1 + f_2}$$

13. En déduire la valeur de la vitesse  $v$  de la moto de Tonton Robert sur cette portion de route.

14. Respectait-il la limitation de vitesse sur cette portion de route limitée à 70 km/h ?