

L'effet Doppler-Fizeau

En 1842, Christian Doppler montre que la fréquence du son reçu change lorsque l'émetteur s'éloigne (ou s'approche) du récepteur. En 1848, c'est au tour d'Hippolyte Fizeau de mettre en évidence le même phénomène dans le cas de la lumière. On appelle donc ce phénomène l'effet Doppler-Fizeau. Cet effet a de multiples applications : radars de contrôle routier, *météorologie*, *imagerie médicale*, etc.

Partie 1 - Approche d'un camion de pompiers : vitesses de propagation

1. Calcule la vitesse du camion de pompiers en m/s et km/h
2. Quelle durée faudra-t-il au son de la sirène pour atteindre l'observateur ? On considérera que la vitesse de propagation du son dans ces conditions est $v_{\text{son}} = 340 \text{ m/s}$

Les véhicules d'intervention des pompiers sont des véhicules prioritaires. Ils sont munis d'une sirène pour avertir les automobilistes de leur arrivée. Obtenant ainsi la priorité pour leur passage. Ils arrivent plus vite sur les lieux d'intervention.

Doc1 Véhicule d'intervention des pompiers.



Un camion de pompiers se rapproche d'un observateur. Ils sont distants de 1 km. Le camion met 30 s pour l'atteindre.

Aide à la résolution

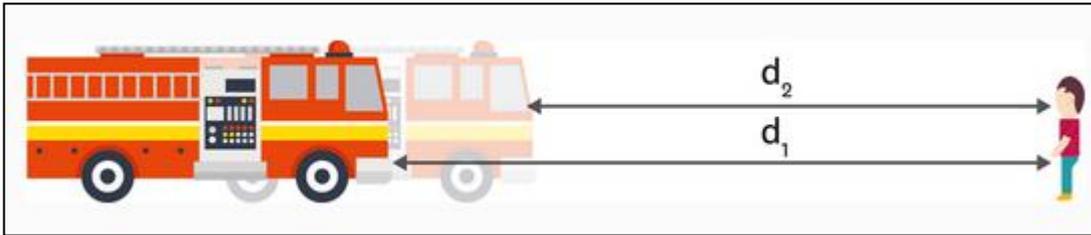
1. Quelle est la relation entre la vitesse, la distance et la durée ? Aide-toi de l'unité de la vitesse.
2. Rappel : 1 h = 60 min = 3 600 s.
3. Attention en utilisant la formule, détermine bien quelle grandeur physique on souhaite calculer.

Partie 2 - Approche du camion de pompiers : effet Doppler-Fizeau

L'effet Doppler-Fizeau peut être observé lorsqu'un camion de pompiers passe à proximité de nous, sirène hurlante.

1. Comment la fréquence d'un son évolue-t-elle lorsqu'un camion de pompiers se rapproche de l'observateur ?
2. Le son perçu est-il plus aigu ou plus grave que le son émis ?
3. Indique la fréquence des sons (1^{er} ton et -2^e ton) perçus par un observateur voyant approcher un camion de pompiers à 120 km/h.
4. Les radars de contrôle routier utilisent des ondes électromagnétiques. Au moment où une onde électromagnétique est réfléchiée par un véhicule, on peut considérer ce dernier comme une source d'onde électromagnétique. Explique sans calculs mais en t'appuyant sur les documents disponibles comment la vitesse du véhicule par rapport au radar peut être connue.

Doc2 L'effet Doppler-Fizeau.

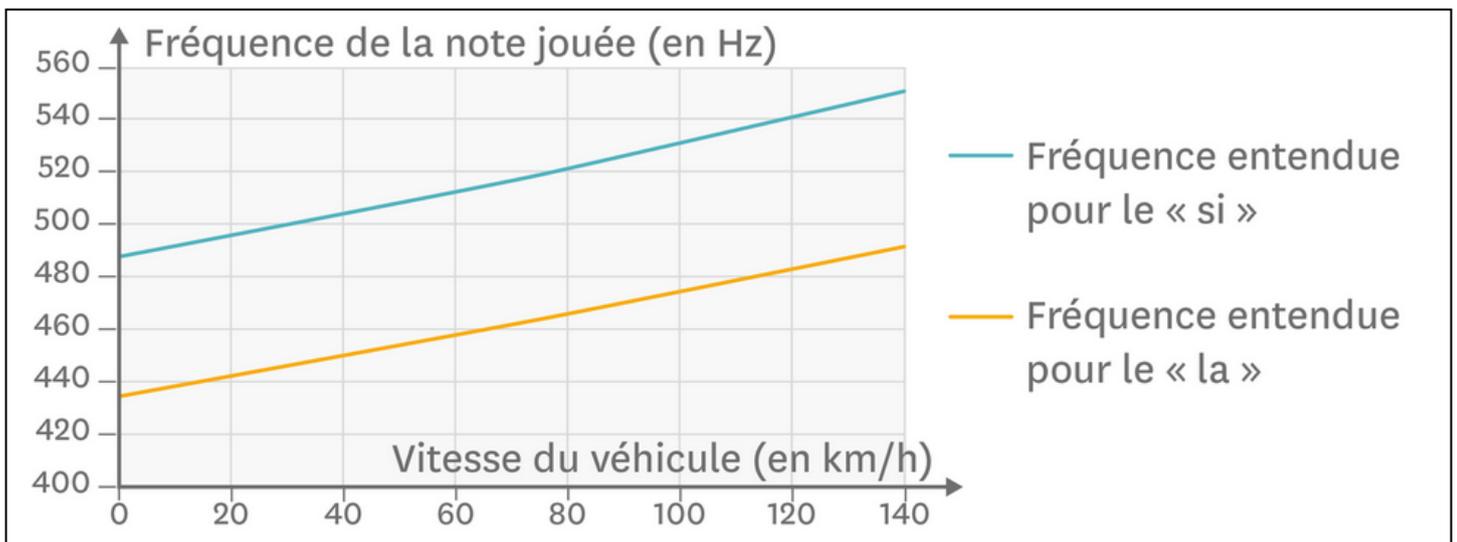


L'effet Doppler-Fizeau se produit lors de l'émission d'un son par un objet en déplacement. Le son perçu aura une fréquence différente du son émis à cause du déplacement de la source. Lorsqu'un camion de pompiers se rapproche d'un observateur, le son de la sirène du camion devra parcourir une distance d_1 pour parvenir à l'observateur. Quelques instants plus tard, le camion se déplaçant, le son de la sirène devra parcourir une distance d_2 plus petite que d_1 . L'effet Doppler a lieu également lorsque le camion de pompiers s'éloigne.

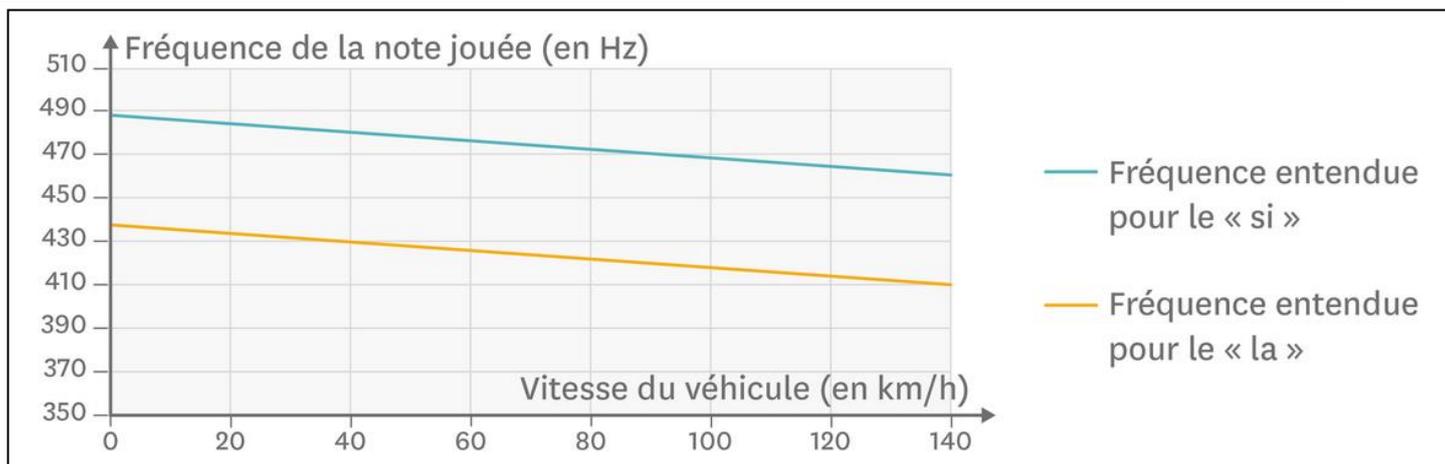
Doc3 Avertisseurs sonores des véhicules d'urgence.

Les sirènes des véhicules prioritaires sont des avertisseurs sonores à deux tons, c'est-à-dire que deux notes de hauteurs différentes sont jouées par la sirène. Les notes varient en fonction du véhicule : police (ré-la), gendarmerie (ré-si), SAMU (fa-la) et les pompiers (si (488 Hz) et la (435 Hz)). La hauteur d'un son correspond à sa fréquence mesurée en hertz. Plus la fréquence du son est grande, plus le son est aigu. Plus elle est petite, plus le son est grave.

Doc4 Evolution de la fréquence perçue de la sirène en fonction de la vitesse du véhicule lorsque le camion de pompiers se rapproche .



Doc5 Evolution de la fréquence perçues de la sirène en fonction de la vitesse du véhicule lorsque le camion de pompiers s'éloigne.



Aide à la résolution

1. Bien lire les documents est essentiel pour choisir la bonne information et ne pas se tromper. Les titres des graphiques sont aussi importants.
2. La lecture des coordonnées d'un point de la courbe permet d'associer la vitesse du véhicule à la fréquence perçue. Il faut bien distinguer le cas de lecture (approche ou éloignement du camion) et travailler avec la courbe correspondante.
3. Dans l'introduction du sujet, il est précisé que les ondes électromagnétiques sont également sujettes à l'effet Doppler-Fizeau. Il existe donc des documents similaires aux doc 4 et 5 pour les ondes électromagnétiques.

Partie 1

Approche d'un camion de pompiers : vitesses de propagation



1. Calcule la vitesse du camion de pompiers en m/s et km/h.
2. Quelle durée faudra-t-il au son de la sirène pour atteindre l'observateur ? On considérera que la vitesse de propagation du son dans ces conditions est $V_{\text{son}} = 340$ m/s.

1. La vitesse du camion de pompiers est :

$$v = \frac{d}{t} = \frac{1\,000}{30} = 33 \text{ m/s}$$

$$v = \frac{d}{t} = \frac{1}{\frac{30}{3\,600}} = \frac{3\,600}{30} = 120 \text{ km/h.}$$

2. La durée qu'il faut au son pour atteindre l'observateur est :

$$t = \frac{d}{v_{\text{son}}} = \frac{1\,000}{340} = 2,9 \text{ s.}$$

Partie 2

Approche du camion de pompiers : effet Doppler-Fizeau



1. Comment la fréquence d'un son évolue-t-elle lorsqu'un camion de pompiers se rapproche de l'observateur ?
2. Le son perçu est-il plus aigu ou plus grave que le son émis ?
3. Indique la fréquence des sons (1^{er} ton et 2^e ton) perçus par un observateur voyant approcher un camion de pompiers à 120 km/h.
4. Les radars de contrôle routier utilisent des ondes électromagnétiques. Au moment où une onde électromagnétique est réfléchiée par un véhicule, on peut considérer ce dernier comme une source d'onde électromagnétique. Explique sans calculs mais en t'appuyant sur les documents disponibles comment la vitesse du véhicule par rapport au radar peut être connue.

1. D'après le Doc. 4, lorsque le camion de pompiers se rapproche de l'observateur, la fréquence du son perçu augmente.
2. D'après le Doc. 3, le son perçu est donc plus aigu.
3. En faisant une lecture graphique sur le Doc. 4, on constate que la fréquence du 1^{er} ton f_1 , est perçue à une fréquence de 540 Hz tandis que celle du 2^e ton f_2 est perçue à 483 Hz.
4. On déduit la vitesse du véhicule contrôlé de la différence entre la fréquence de l'onde du radar et celle de l'onde que le véhicule renvoie, en utilisant des graphiques analogues à ceux des Doc. 4 et Doc. 5.