



Chapitre B4 – L'effet Doppler



Se positionner

- 1 . Si la fréquence d'un son augmente, le son est perçu
 - ① plus aigu
 - ② plus grave
 - ③ plus fort
 - ④ moins fort
- 2 . Si la fréquence d'un son augmente, sa vitesse
 - ① augmente ② diminue ③ ne change pas
- 3 . Si la fréquence d'un son augmente, sa longueur d'onde
 - ① augmente ② diminue ③ ne change pas
- 4 . Une source sonore en mouvement émet un son de vitesse plus grande dans le sens de son déplacement que si elle était immobile.
 - ① VRAI ② FAUX

Activité 1. À propos de la sirène des pompiers

🔊 Écouter l'extrait sonore diffusé dans la salle de classe.

On ne s'intéresse qu'au « pin » du « pin-pon » joué par la sirène des pompiers (c'est le son le plus aigu de la sirène des pompiers).

1. Indiquer comment évolue sa hauteur entre le début et la fin de l'extrait sonore.
2. En utilisant votre expérience personnelle, indiquer la différence entre le mouvement du camion par rapport au micro :
 - au début de l'extrait sonore
 - à la fin de cet extrait
3. Exploiter les deux réponses précédentes pour établir un lien entre la fréquence du son perçu et le mouvement de la source.

👁 Vérification à l'aide de la vidéo...

4. Conclure de façon générale quant au lien entre la fréquence du son perçu et le mouvement de la source.



Vérification avec deux autres situations :

- le professeur fait tourner son smartphone émettant un son autour de sa tête.
- frapper un diapason et lui faire faire des allers et retours au voisinage de votre oreille

Les perceptions sonores confirment-elles la réponse à la question précédente ?

**Activité 2. Trois marins voguent sur les vagues**

Trois marins, sur trois bateaux différents, utilisent leurs téléphones pour discuter de l'état de la mer.

Le premier marin a jeté l'ancre mais pas les deux autres.

Le premier marin dit à ses collègues : « La mer est agitée. Les vagues n'arrêtent pas de taper, on prend une grosse secousse toutes les secondes ! »

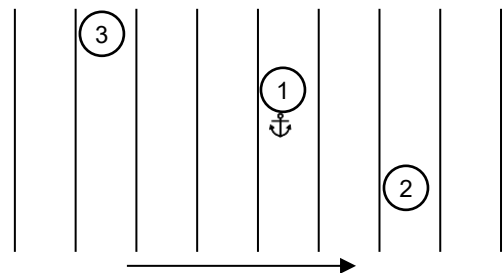
Le deuxième marin lui répond : « Viens par ici car c'est plus tranquille pour moi, on a bien 2 secondes entre chaque secousse ! ».

Le troisième dit : « Moi j'ai le mal de mer... j'aimerais bien qu'il y ait moins de vagues »

Pour comprendre cette conversation, on modélise les vagues comme des ondes mécaniques périodiques.

1. En utilisant les propos d'un des marins, déterminer la fréquence des vagues.

2. Le schéma ci-contre représente les positions des bateaux vues de dessus avec les vagues, à un instant donné. Le bateau du premier marin est lié à une ancre pour indiquer qu'il est immobile par rapport à la terre ferme. Compléter le schéma en indiquant le sens de déplacement des deux bateaux en mouvement.



Sens de déplacement des vagues

3. Proposer une explication à la réponse du deuxième marin, qui fait intervenir le mouvement de son bateau.

4. Reformuler la phrase prononcée par le 3^e marin en utilisant un vocabulaire de la physique, emprunté au modèle des ondes mécaniques périodiques (période, fréquence, longueur d'onde, célérité, etc.)

5. Proposer une solution au 3^e marin, à propos du mouvement de son bateau, pour résoudre son problème.

6. La situation envisagée ici et celle de l'activité précédente présentent des similitudes et des différences. On souhaite les rassembler dans le tableau ci-dessous. Barrer toutes les propositions qui ne conviennent pas.

	situation de l'activité 2 (les trois marins)	situation de l'activité 1 (le camion de pompiers)
Est-ce la source ou le récepteur qui se déplace ?	- Source - Récepteur	- Source - Récepteur
À quelle condition sur le mouvement relatif de la source et du récepteur la fréquence des ondes reçues augmente-t-elle ?	- Source et émetteur se rapprochent - Source et émetteur s'éloignent - Source et émetteur immobiles l'un par rapport à l'autre	- Source et émetteur se rapprochent - Source et émetteur s'éloignent - Source et émetteur immobiles l'un par rapport à l'autre
À quelle condition sur le mouvement relatif de la source et du récepteur la fréquence des ondes reçues diminue-t-elle ?	- Source et émetteur se rapprochent - Source et émetteur s'éloignent - Source et émetteur immobiles l'un par rapport à l'autre	- Source et émetteur se rapprochent - Source et émetteur s'éloignent - Source et émetteur immobiles l'un par rapport à l'autre

Compléter le paragraphe A du modèle

**Activité 3. L'effet Doppler, comment ça marche ?**

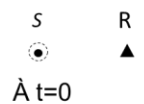
Dans la situation de la sirène des pompiers, on considère une source sonore émettant une onde sonore périodique, de fréquence f , de période T , de longueur d'onde λ et de célérité c . Cette source sonore est en mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v par rapport à un récepteur. La source sonore est en mouvement vers le récepteur.



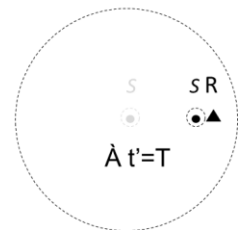
À $t=0$ et à $t'=T$, la source est dans le même état d'émission, comme le montre la figure ci-contre.

Les cercles en pointillés correspondent à des points dans le même état vibratoire.

L'onde vient d'être émise



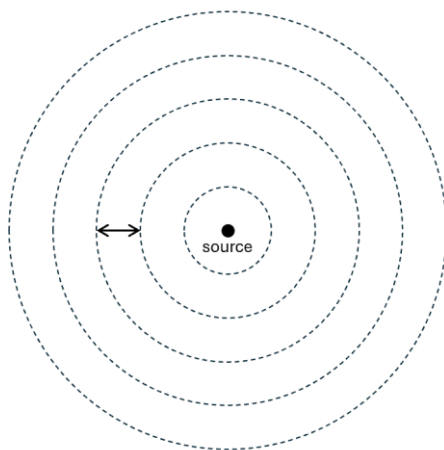
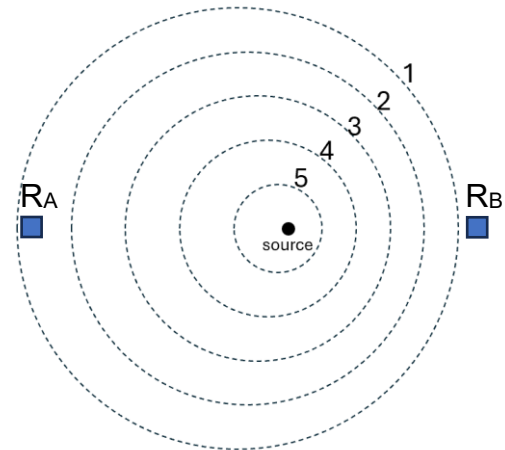
L'onde s'est propagée et la source s'est déplacée

**Partie 1 : Compréhension qualitative du phénomène**

Voici deux illustrations qui permettent de modéliser l'effet Doppler.

La figure 1 représente (en pointillés) les zones où l'on retrouve un maximum de vibration à un instant donné, lorsque la source est immobile.

La figure 2 représente ces zones lorsque la source est en déplacement (vers la droite sur le schéma). Le cercle numéroté 1 est celui qui correspond à l'émission la plus antérieure. Sur cette figure 2, la source est dans une position où elle émet un nouveau maximum de vibration. On a aussi représenté deux récepteurs notés R_A et R_B .

**Figure 1****Figure 2**

1. Identifier la longueur particulière qui est représentée par une double flèche sur la figure 1.
2. Sur la figure 2, représenter par des points S_1 , S_2 , S_3 , S_4 et S_5 les positions successives de la source aux moments où elle a généré les perturbations 1, 2, 3, 4 et 5.
3. Sur la figure 2 sont placés deux récepteurs (R_A et R_B). Indiquer celui qui reçoit le son de plus grande longueur d'onde. Justifier.
4. Indiquer si ce récepteur reçoit un son plus aigu ou plus grave que le son perçu lorsque la source est immobile. Justifier en utilisant ses connaissances sur les ondes.

**Activité 3- Partie 2 : Obtention d'une relation entre les fréquences des ondes émise et reçue** (à savoir refaire !)

5. La longueur d'onde est la distance pendant laquelle *l'onde s'est propagée* pendant une période T de l'onde. Représenter cette longueur d'onde par une flèche double $\leftrightarrow$ sur la figure 2 à proximité du récepteur R_A .
6. a. Exprimer la distance d parcourue *par la source* pendant cette même durée T .
b. La représenter sur la figure 2 par une flèche double $\leftrightarrow$ (si possible d'une autre couleur et également à proximité de R_A).
7. a. La longueur d'onde de l'onde reçue par le récepteur A est notée λ' . La représenter sur la figure 2 par une flèche double $\leftrightarrow$.
b. Établir une relation entre d , λ et λ' puis en déduire que λ' s'exprime par la relation :

$$\lambda' = \lambda + vT$$
8. En déduire que la relation entre la fréquence f' de l'onde reçue et la fréquence f de l'onde émise est : $f' = f \frac{c}{c+v}$
9. Vérifier en comparant les termes c et $c-v$ que cette relation rend bien compte de ce que nous avons entendu précédemment : le son perçu est plus grave lorsque la source s'éloigne du récepteur.
10. Montrer que le décalage Doppler $\Delta f = |f' - f|$ s'exprime grâce à la relation : $\Delta f = f \frac{v}{c+v}$
11. Reprendre les questions 7 à 10 dans le cas du récepteur B (la source se rapproche du récepteur).

Lire le paragraphe B du modèle et le compléter.

Pour aller plus loin...

12. Un camion de pompier qui se déplace à 50 km/h a une vitesse très petite devant la célérité du son. En déduire une expression approchée du décalage Doppler dans le cas d'un rapprochement et d'un éloignement.

Activité 3- Partie 2 : Obtention d'une relation entre les fréquences des ondes émise et reçue (à savoir refaire !)

5. La longueur d'onde est la distance pendant laquelle *l'onde s'est propagée* pendant une période T de l'onde. Représenter cette longueur d'onde par une flèche double $\leftrightarrow$ sur la figure 2 à proximité du récepteur R_A .
6. a. Exprimer la distance d parcourue *par la source* pendant cette même durée T .
b. La représenter sur la figure 2 par une flèche double $\leftrightarrow$ (si possible d'une autre couleur et également à proximité de R_A).
7. a. La longueur d'onde de l'onde reçue par le récepteur A est notée λ' . La représenter sur la figure 2 par une flèche double $\leftrightarrow$.
b. Établir une relation entre d , λ et λ' puis en déduire que λ' s'exprime par la relation :

$$\lambda' = \lambda + vT$$
8. En déduire que la relation entre la fréquence f' de l'onde reçue et la fréquence f de l'onde émise est : $f' = f \frac{c}{c+v}$
9. Vérifier en comparant les termes c et $c-v$ que cette relation rend bien compte de ce que nous avons entendu précédemment : le son perçu est plus grave lorsque la source s'éloigne du récepteur.
10. Montrer que le décalage Doppler $\Delta f = |f' - f|$ s'exprime grâce à la relation : $\Delta f = f \frac{v}{c+v}$
11. Reprendre les questions 7 à 10 dans le cas du récepteur B (la source se rapproche du récepteur).

Lire le paragraphe B du modèle et le compléter.

Pour aller plus loin...

12. Un camion de pompier qui se déplace à 50 km/h a une vitesse très petite devant la célérité du son. En déduire une expression approchée du décalage Doppler dans le cas d'un rapprochement et d'un éloignement.



Activité 4. L'effet Doppler pour connaître la vitesse d'un pendule



L'effet Doppler peut être utilisé pour étudier précisément des phénomènes vibratoires, même à haute fréquence, en envoyant une onde sonore sur une surface vibrante puis en analysant le son réfléchi (la surface vibrant se comportant comme un émetteur).

1. Faire un schéma légendé pour expliquer le phénomène étudié. La légende contiendra entre autres : émetteur, récepteur, onde sonore, surface vibrante, fréquence d'émission, fréquence de réception.

On se propose ici de déterminer les variations de vitesse d'un pendule pesant en simplifiant le dispositif. C'est le pendule lui-même qui émet un son de fréquence bien déterminée (c'est un accordeur d'instrument). Pour mesurer la vitesse du pendule au cours du temps, on utilise l'expérience « **Effet Doppler** » de *Phyphox* :

cette « expérience » enregistre le son, mesure la fréquence puis calcule la vitesse de l'émetteur (*Phyphox* doit donc connaître la fréquence du son émis, dite ici fréquence de référence, et la vitesse du son).

Le smartphone est disposé dans le plan d'oscillation du pendule, « face à l'émetteur ».

2. Faire un schéma légendé du dispositif expérimental.

Régler les paramètres comme indiqué ci-dessus. Prévoir ci-contre l'allure des deux courbes qu'on va probablement obtenir dans l'onglet « Résultats ».

3. Sans faire de mesures avec *Phyphox*, noter vos observations auditives (niveau sonore, aigu/grave) lors du mouvement du pendule.
4. Faire un tracé prédictif sur la figure ci-contre des mesures attendues (fréquences et vitesses).

Après validation par le professeur, faire l'enregistrement.

A l'aide de l'enregistrement obtenu (faire une copie d'écran), répondre aux questions suivantes :

5. La fréquence mesurée par le récepteur :
 - ☐ Est constante
 - ☐ Est supérieure à la fréquence d'émission
 - ☐ Est inférieure à la fréquence d'émission
 - ☐ Est parfois supérieure, parfois inférieure
 - ☐ Varie de manière périodique
6. Les mesures de fréquences sont :
 - ☐ En accord avec mes observations auditives (question 3)
 - ☐ En désaccord avec mes observations auditives (question 3)
7. La vitesse du pendule...
 - ☐ Est constante
 - ☐ Varie de manière périodique
 - ☐ Varie de manière aléatoire
 - ☐ Autre :
8. La vitesse du pendule est ...
 - ☐ Toujours positive
 - ☐ Toujours négative
 - ☐ Change de signe
9. Avec les outils graphiques de *Phyphox*, déterminer :
 - la vitesse maximale du pendule $v_{max} = \dots\dots\dots$
 - la période du pendule $T = \dots\dots\dots$

Effet Doppler

Configuration Résultats

Fréquence de référence 440 Hz

Plage de fréquences 10 Hz

Pas en temps 20 ms

vitesse du son 340 m/s

