

# L'effet Doppler

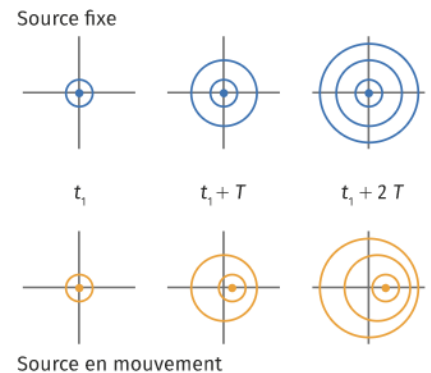
## I. Manifestation de l'effet Doppler

Lorsque la source d'une onde périodique (sonore ou lumineuse) est en mouvement par rapport à l'observateur, la fréquence du signal reçu par l'observateur est différente de celle du signal émis par la source.

ex. : lorsqu'une sirène de camion de pompiers s'approche, on perçoit un son aigu et lorsque la sirène s'éloigne, on perçoit un son grave. Comment imites-tu une moto qui te dépasse ? oooOOOOO AAAAAAR (son aigu, puis grave).



Lorsque la source se déplace (doc. ci-contre), la distance entre les crêtes de l'onde se réduit dans le sens du déplacement (la source s'est rapprochée de la crête émise précédemment durant le temps écoulé entre l'émission des deux crêtes) et augmente dans le sens inverse (la source s'est éloignée de la crête émise précédemment durant le temps écoulé entre l'émission des deux crêtes).



Ainsi, si la source se rapproche, la fréquence reçue est plus élevée que celle émise (le son est donc plus aigu) et inversement si la source s'éloigne. Ce décalage en fréquence est appelé effet Doppler. Il est d'autant plus important que la vitesse est grande.

## II. Fréquence reçue par le récepteur.

Un observateur fixe observe une source se déplaçant à une vitesse  $v_{\text{source}}$  dans sa direction et émettant des bips (ou des flash lumineux) avec une période  $T_{\text{émis}}$ .

Entre l'émission d'un bip et le suivant, le premier bip s'est déplacé d'une distance  $d_1 = v_{\text{onde}} \cdot T_{\text{émis}}$ , mais la source s'est déplacée d'une distance  $d_2 = v_{\text{source}} \cdot T_{\text{émis}}$ . Par conséquent, la longueur d'onde reçue, qui est la distance séparant les deux bips, est :

- $\lambda_{\text{reçue}} = d_1 - d_2 = (v_{\text{onde}} - v_{\text{source}}) \cdot T_{\text{émis}} = \frac{v_{\text{onde}} - v_{\text{source}}}{f_{\text{émis}}}$  si la source se rapproche de l'observateur.
- $\lambda_{\text{reçue}} = d_1 + d_2 = (v_{\text{onde}} + v_{\text{source}}) \cdot T_{\text{émis}} = \frac{v_{\text{onde}} + v_{\text{source}}}{f_{\text{émis}}}$  si la source s'en éloigne.

Comme la fréquence  $f_{\text{émis}}$  de l'onde émise est liée à sa longueur d'onde par la relation :  $f_{\text{reçue}} = \frac{v_{\text{onde}}}{\lambda_{\text{reçue}}}$ , on

en déduit que la fréquence reçue par l'observateur est égale à :

- $f_{\text{reçue}} = f_{\text{émis}} \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v_{\text{source}}} = \frac{f_{\text{émis}}}{1 - \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}}}}$  si la source se rapproche ;
- $f_{\text{reçue}} = f_{\text{émis}} \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} + v_{\text{source}}} = \frac{f_{\text{émis}}}{1 + \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}}}}$  si la source s'éloigne.

### III. Décalage Doppler

Le **décalage Doppler** est la différence  $\Delta f$  entre la fréquence  $f_{\text{reçue}}$  perçue par l'observateur et la fréquence  $f_{\text{émis}}$  émise par la source.

- $\Delta f = f_{\text{reçue}} - f_{\text{émis}}$  soit  $\Delta f = f_{\text{émis}} \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}} - v_{\text{source}}} > 0$  Hz si la source s'approche.
- $\Delta f = f_{\text{reçue}} - f_{\text{émis}}$  soit  $\Delta f = -f_{\text{émis}} \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}} + v_{\text{source}}} < 0$  Hz si la source s'éloigne.

Dans le cas où la vitesse de la source est très faible devant celle de l'onde ( $v_{\text{source}} \ll v_{\text{onde}}$ ), on peut écrire l'approximation :

$$|\Delta f| = \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}}} f_{\text{émis}}$$

$\Delta f$  : décalage Doppler en fréquence (Hz)

$v_{\text{source}}$  : vitesse de la source par rapport au récepteur ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

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

$f_{\text{émis}}$  : fréquence émise par la source (Hz)

Le décalage Doppler peut également s'exprimer en fonction de la longueur d'onde :

$$|\Delta \lambda| = \frac{v_{\text{source}}}{v_{\text{onde}}} \lambda_{\text{émis}}$$

$\Delta \lambda$  et  $\lambda_{\text{émis}}$  en m

$v_{\text{source}}$  : vitesse de la source par rapport au récepteur ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

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

### IV. Applications

L'effet Doppler est caractéristique des ondes. Il se manifeste avec des ondes mécaniques ou électromagnétiques comme la lumière.

**En médecine**, le doppler sanguin permet de mesurer à l'aide des ondes ultrasonore, la valeur de la vitesse du sang et de détecter d'éventuel rétrécissements des veines ou des artères.

**Dans la vie courante**, les radars routiers utilisent les ondes électromagnétiques pour mesurer la valeur de la vitesse des véhicules.

En astrophysique, l'effet doppler a permis de découvrir que l'Univers est en expansion. Il est utilisé pour mesurer la vitesse radiale des étoiles et détecter des exoplanètes.