

Effet Doppler avec récepteur en mouvement

On considère deux axes (Ox) et (Ox') confondus. À l'instant initial l'abscisse du point O' est notée $x_{O'} = x_0 > 0$. Pour $t > 0$, l'axe (Ox') se déplace à une vitesse $\vec{v} = v\vec{u}_x$ le long de l'axe (Ox) .

Un haut parleur situé en O émet une onde sinusoïdale de fréquence f se propageant à la célérité c dans la direction des x croissants. Un observateur situé en O' est muni d'un microphone.

- 1) Donner l'expression du signal $s(x, t)$ de l'onde.
- 2) Soit un point d'abscisse x de l'axe (Ox) . Donner l'expression de son abscisse x' de l'axe (Ox') en fonction de x, v et t .
- 3) Déterminer l'expression du signal mesuré par l'observateur en O' .
- 4) En déduire l'expression de la fréquence f_m vue par l'observateur, en fonction de f, v et c .
- 5) À quelle condition sur v la fréquence f_m perçue par le récepteur est plus faible que f ? Plus importante ?



Correction

1) Onde harmonique progressive selon les x croissants (on peut arbitrairement choisir la phase à l'origine nulle) :

$$s(x, t) = S_0 \cos\left(2\pi f \left(t - \frac{x}{c}\right)\right)$$

2) On a :

$$x = x_0 + vt + x' \quad \Rightarrow \quad \boxed{x' = x - x_0 - vt}$$

3) On combine les deux relations précédentes et on utilise le fait que $x'_{O'} = 0$. Ainsi :

$$s(x' = 0, t) = S_0 \cos\left(2\pi f \left(t - \frac{x_0 + vt}{c}\right)\right) = \boxed{S_0 \cos\left(2\pi f \left[1 - \frac{v}{c}\right] t - 2\pi f \frac{x_0}{c}\right)}$$

4) Donc dans le référentiel de l'observateur :

$$\boxed{f_m = f \left[1 - \frac{v}{c}\right]}$$

5) Si $v > 0$ (le récepteur s'éloigne de l'émetteur, on se limite au cas où $v < c$), alors $f_m < f$ le son est plus grave. Si $v < 0$ (le récepteur se rapproche de l'émetteur), alors $f_m > f$ le son est plus aigu.