

## EXERCICE EFFET DOPPLER-FIZEAU

Un émetteur/récepteur fixe E produit une suite d'impulsions sonores (ou ultrasonores ou électromagnétiques,...) à la fréquence  $f_0$ . Le signal correspondant se propage à la vitesse  $c$ .

Il rencontre un obstacle qui se déplace suivant la même direction à la vitesse  $V$  (dans le même sens ou dans le sens opposé) et se réfléchit sur celui-ci. Il revient alors sur l'émetteur/récepteur.

On cherche l'expression de la fréquence de la suite d'impulsions reçues par l'obstacle, puis celle de la suite d'impulsions réfléchies et recueillies par le récepteur en fonction de  $V$ ,  $c$  et  $f_0$ .

La première impulsion est émise au temps  $t = 0$ .

Supposons qu'à  $t = 0$ , l'obstacle soit à la distance  $d$  de l'E/R

A la date  $t_1$  où l'onde rencontre l'obstacle, la distance Obstacle-E/R est  $d + Vt_1$   
 $t_1$  vérifie :  $ct_1 = (d + Vt_1)$ , soit :  $t_1 = d/(c - V)$

La deuxième impulsion est émise au temps  $1/f_0$  ; à la date  $t_2$  la distance Obstacle-E/R est  $d + Vt_2$  ; l'onde arrive à  $t_2 / c(t_2 - 1/f_0) = d + Vt_2$  soit  
 $t_2 = (d + c/f_0)/(c - V)$

Donc la période de l'onde vue par l'obstacle est  $t_2 - t_1 = (c/f_0)/(c - V)$   
 $t_2 - t_1 = (1/f_0)(1/(1 - V/c))$  : la fréquence de l'onde du point de vue de l'obstacle est :

$$f'_0 = f_0(1 - V/c).$$

Au retour de l'onde vers le récepteur le phénomène se renouvelle mais cette fois-ci :

La première impulsion émise à  $t = 0$  depuis l'obstacle situé en  $d'$  arrive à  $t'_1 = d'/c$ .

La seconde impulsion émise à  $t = 1/f'_0$  depuis la distance  $d' + V/f'_0$  est reçue à la date  $t'_2$  telle que  $c(t'_2 - 1/f'_0) = d' + V/f'_0$ , soit  $T''_0 = (V + c)/f'_0$  ou encore :

$$f''_0 = f'_0/(1 + V/c)$$

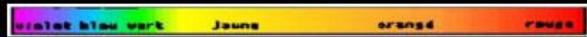
Avec un DL à l'ordre 1 si  $V \ll c$  :  $f''_0 = f_0(1 - 2V/c)$ .

$$\text{Finalement : } \Delta f = - 2f_0V/c$$

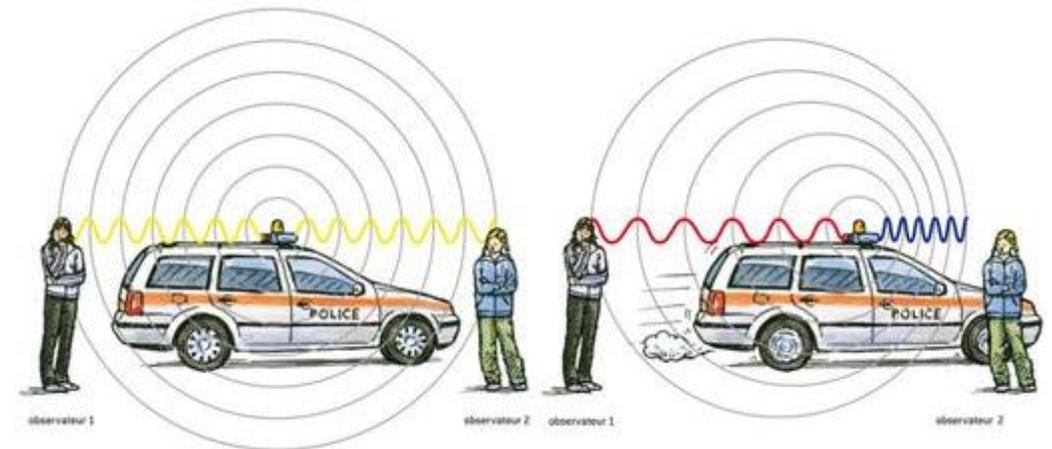
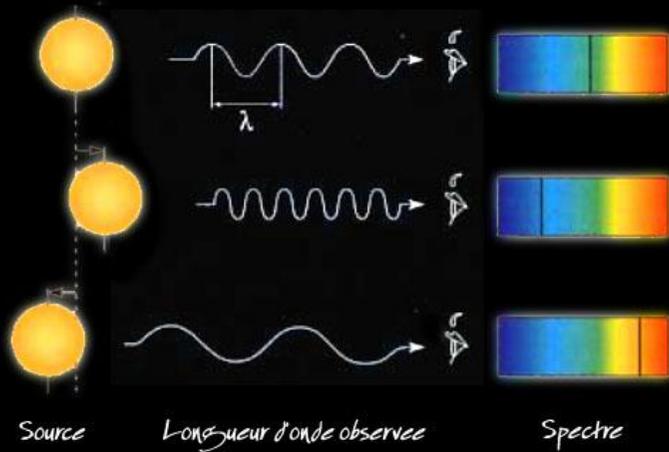
Si  $V > 0$  c'est-à-dire si l'objet s'éloigne de l'E/R la fréquence diminue (son plus bas) et si l'objet s'approche la fréquence augmente : voir les sirènes d'une ambulance ou d'un véhicule de pompiers ou de police et le décalage des longueurs d'onde de la lumière émise par les étoiles ou galaxies en mouvement, cf. illustrations ci-dessous.

## Effet Doppler - Fizeau

- Objet lumineux qui se rapproche de l'observateur : décalage du spectre lumineux vers le bleu.
- Objet lumineux qui s'éloigne de l'observateur : décalage du spectre lumineux vers le rouge.



Le décalage du spectre est proportionnel à la vitesse relative de l'objet lumineux.



Variation de la hauteur du son suivant la position de l'observateur

REDSHIFT : Eloignement des galaxies (HUBBLE)