

# Activité 6

---

## Effet Doppler et astrophysique

*L'effet Doppler permet d'en apprendre plus sur notre Univers.*

**1** D'où proviennent les raies d'absorption sur le spectre d'une étoile ?

Les raies d'absorption sont dues à l'atmosphère gazeuse de l'étoile.

**2 a.** Rappeler la relation liant longueur d'onde, fréquence et célérité d'une onde.

$$c = \lambda \times f$$

**b.** À partir des formules (1) et (2) de l'activité 5, donner la relation entre  $\lambda_r$  et  $\lambda_e$  dans le cas où l'étoile s'éloigne de la Terre ; puis dans le cas où elle se rapproche de la Terre.

$$f_r/f_e = v/(v + u) \quad (1) \quad \text{ou} \quad f_r/f_e = v/(v - u) \quad (2)$$

**Dans le cas où l'étoile s'éloigne de la Terre**, la fréquence diminue.

On a donc  $f_R < f_E$  : c'est donc la formule (1).

On combine les trois relations suivantes :

$$\frac{f_R}{f_E} = \frac{c}{c+u} \quad (1) \quad f_R = \frac{c}{\lambda_R} \quad \text{et} \quad f_E = \frac{c}{\lambda_E}$$

On obtient :

$$\frac{\frac{c}{\lambda_R}}{\frac{c}{\lambda_E}} = \frac{c}{c+u} \quad \Leftrightarrow \quad \frac{\lambda_E}{\lambda_R} = \frac{c}{c+u}$$

**Si l'étoile se rapproche de la Terre**, la fréquence augmente et à partir de la formule (2), on obtient avec un raisonnement analogue :

$$\frac{\lambda_E}{\lambda_R} = \frac{c}{c-u}$$

c. Interpréter, à l'aide de la question précédente, le décalage de la raie d'absorption dans les cas **b** et **c** de la **figure 1**.

**Dans le cas où l'étoile s'éloigne de la Terre, on a :** 
$$\frac{\lambda_E}{\lambda_R} = \frac{c}{c+u}$$

Donc la longueur d'onde émise est inférieure à la longueur d'onde reçue : la raie se décale vers les longueurs d'onde élevées, donc vers le rouge.  
C'est bien ce qu'on observe sur la fig.c

**Dans le cas où l'étoile se rapproche de la Terre, on a :** 
$$\frac{\lambda_E}{\lambda_R} = \frac{c}{c-u}$$

Donc la longueur d'onde émise est supérieure à la longueur d'onde reçue : la raie se décale vers les longueurs d'onde faibles, donc vers le violet.  
C'est bien ce qu'on observe sur la fig.b

**3** À partir de la question **2.b**, donner l'expression de la vitesse de l'étoile dans la direction d'observation, pour les deux situations, en fonction de  $|\Delta\lambda| = |\lambda_r - \lambda_e|$ ,  $\lambda_e$  et de la vitesse de la lumière  $c$ .

**Dans le cas où l'étoile s'éloigne de la Terre, on a :**

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_E}{\lambda_R} &= \frac{c}{c+u} \Leftrightarrow \lambda_E \times (c+u) = \lambda_R \times c \Leftrightarrow \lambda_E \times u = c \times (\lambda_R - \lambda_E) \\ &\Leftrightarrow u = \frac{c \times (\lambda_R - \lambda_E)}{\lambda_E} \Leftrightarrow u = \frac{c \times |\Delta\lambda|}{\lambda_E} \end{aligned}$$

|□|

**Dans le cas où l'étoile se rapproche de la Terre, on a :**

$$\begin{aligned} \frac{\lambda_E}{\lambda_R} &= \frac{c}{c-u} \Leftrightarrow \lambda_E \times (c-u) = \lambda_R \times c \Leftrightarrow \lambda_E \times u = c \times (\lambda_E - \lambda_R) \\ &\Leftrightarrow u = \frac{c \times (\lambda_E - \lambda_R)}{\lambda_E} \Leftrightarrow u = \frac{c \times |\Delta\lambda|}{\lambda_E} \end{aligned}$$

## Mise en œuvre au laboratoire

- Ouvrir l'animation « Effet Doppler-Fizeau », consultable sur le site [www.bordas-espace.fr/lycee](http://www.bordas-espace.fr/lycee).

### Module « Vitesse radiale des étoiles »

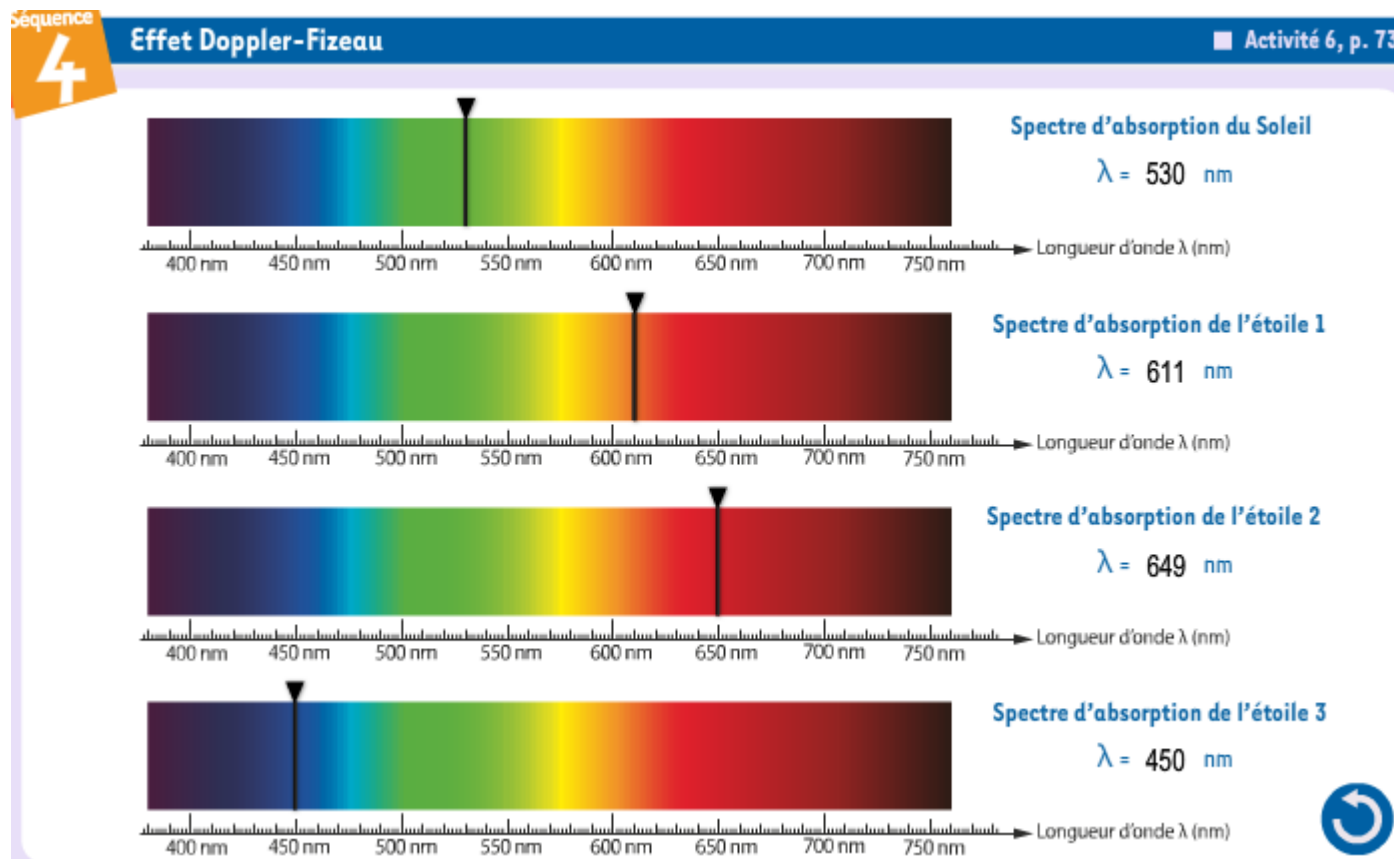
- 4 Pour chaque étoile :
  - a. dire si elle s'approche ou s'éloigne de la Terre ;
  - b. mesurer le décalage en longueur d'onde ;
  - c. déterminer la vitesse de l'étoile par rapport à la Terre dans la direction d'observation.

Etoiles n°1 et n°2 :

Raie décalée vers le rouge : donc ces étoiles s'éloignent.

Etoiles n°3 :

Raie décalée vers le violet: donc cette étoile se rapproche.



Décalages :

$$\text{Étoile n°1 : } \Delta\lambda_1 = 611 - 530 \text{ nm} = 81 \text{ nm}$$

$$\text{Étoile n°2 : } \Delta\lambda_2 = 649 - 530 \text{ nm} = 119 \text{ nm}$$

$$\text{Étoile n°3 : } \Delta\lambda_3 = 530 - 450 \text{ nm} = 80 \text{ nm}$$

$$u = \frac{c \times |\Delta\lambda|}{\lambda_E}$$

$$\text{avec } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m/s} \text{ et } \lambda_E = 530 \text{ nm}$$

Vitesses:

$$\text{Étoile n°1 : } u_1 = 4,6 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\text{Étoile n°2 : } u_2 = 6,7 \times 10^7 \text{ m/s}$$

$$\text{Étoile n°3 : } u_3 = 4,5 \times 10^7 \text{ m/s}$$

Remarque : les valeurs obtenues sont extrêmement élevées et proches de la valeur de  $c$ .  
On se trouve là dans les limites du modèle de l'effet Doppler vu en cours.