

# Partie Observer : Ondes et matière

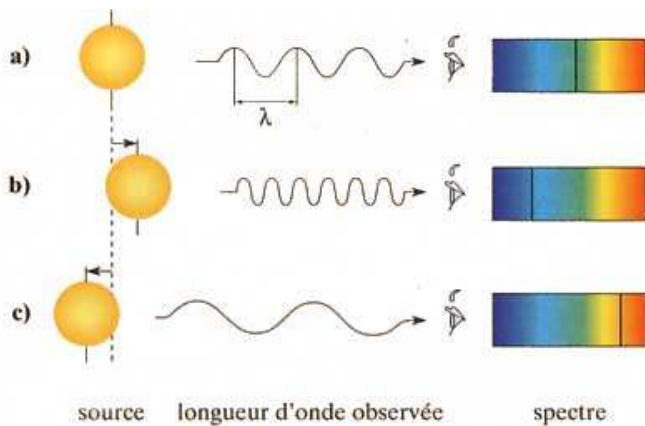
## CHAP 03-ACT EXP L'effet Doppler-Fizeau en astrophysique

### Objectifs :

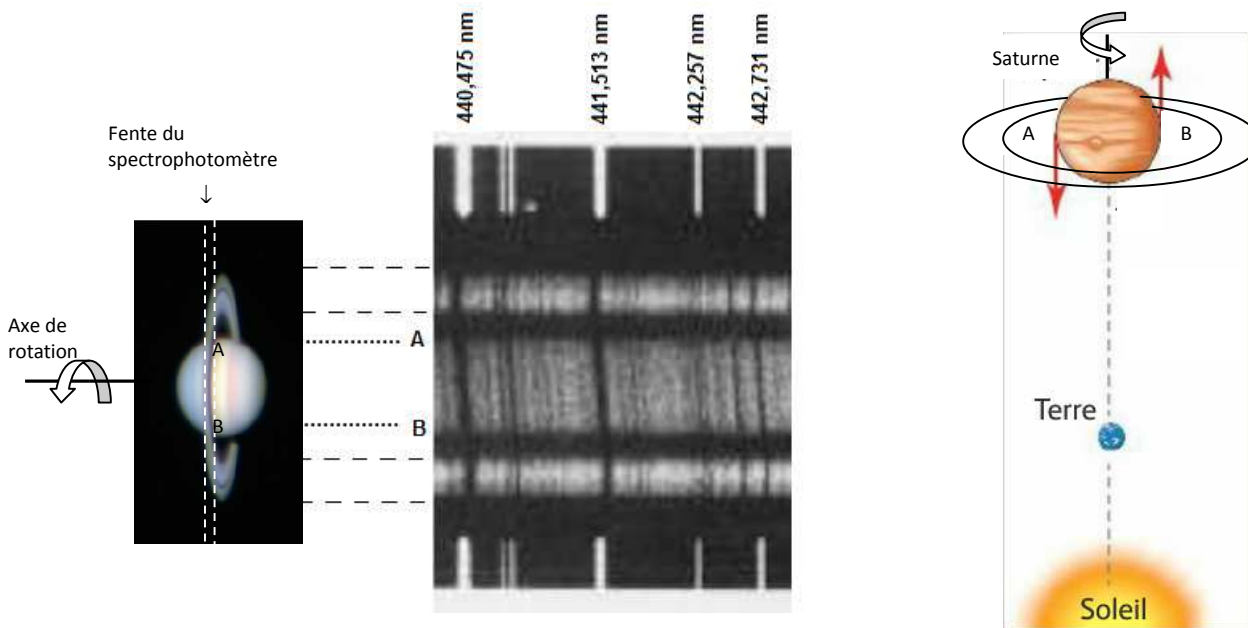
- Utiliser des données spectrales et un logiciel de traitements d'images pour illustrer l'utilisation de l'effet Doppler comme moyen d'investigation en astrophysique.

### 1. Présentation de l'effet Doppler-Fizeau

En appliquant les conséquences des travaux de C. Doppler à la lumière, H. Fizeau a postulé en 1848 que, si une étoile ou une galaxie s'éloigne ou se rapproche de la Terre, on doit pouvoir observer un décalage de ses raies d'absorption. La mesure de ce décalage permettrait ainsi de calculer la vitesse radiale de l'étoile par rapport à la Terre. La précision des instruments de l'époque ne lui a pas permis de vérifier son hypothèse ce qui est aujourd'hui possible avec les télescopes modernes.



La spectre ci-dessous est celui de la lumière du soleil diffusé par Saturne et reçue par la Terre. La fente du spectroscopie est dans le plan équatorial de Jupiter (plan qui contient l'orbite de Jupiter). Dans ce plan, à cause de la rotation de la planète, le point A sur la figure se rapproche du Soleil ou de la Terre, tandis que B s'en éloigne.



La fente du spectrographe permet d'isoler une bande étroite comprenant le centre de Saturne et ses anneaux selon la figure ci-dessus.

De manière à pouvoir effectuer un étalonnage des longueurs d'onde en nm, ce spectre est encadré par le spectre d'émission du fer obtenu dans les mêmes conditions c'est-à-dire avec le même spectrographe.

Ce spectre présente des raies d'absorption dues aux éléments présents dans l'atmosphère du Soleil. C'est l'effet Doppler-Fizeau qui permet d'expliquer l'inclinaison des raies : les raies d'absorption correspondant à la source A (se rapprochant de l'observateur) se décalent vers les courtes longueurs d'onde (partie supérieure du spectre) tandis que celle correspondant au point B (s'éloignant de l'observateur) se décalent vers les grandes longueurs d'onde (partie inférieure du spectre).

La mesure du décalage  $|\Delta\lambda|$  en longueur d'onde entre le bord supérieur et inférieur d'une raie permet de calculer la valeur  $v_r$  de la vitesse radiale du point A (ou B) à la surface de Saturne.

$$|\Delta\lambda| = \frac{4v_r}{c} \times \lambda_0$$

## 2. Détermination de la vitesse radiale et de la période de rotation de Saturne



### 2.1 Etude du spectre de Saturne à l'aide d'un logiciel de traitement d'images

Pour mesurer le plus précisément possible  $\Delta\lambda$ , on utilise le logiciel « SalsaJ » logiciel libre de droit téléchargeable à l'adresse suivante :


[http://www.fr.euhou.net/index.php?option=com\\_content&task=view&id=8&Itemid=10](http://www.fr.euhou.net/index.php?option=com_content&task=view&id=8&Itemid=10)

- Ouvrir le logiciel « SalsaJ »
- Cliquer sur « fichier » puis « ouvrir » et rechercher l'image « spectre de Saturne et de ses anneaux.jpg » se trouvant dans le dossier de la classe.


Une fenêtre avec l'image vient alors d'apparaître sur l'écran


- Grossir l'image, en cliquant en haut à droite de la nouvelle fenêtre sur l'onglet « agrandir ».
- Cliquer sur l'icône sélection rectiligne  , puis, avec la souris, tracer sur l'image, une ligne horizontale passant par les trois raies du fer dont on connaît la longueur d'onde.
- Cliquer sur l'icône « coupe » .

Une nouvelle fenêtre, « tracé d'après spectre », représentant l'intensité lumineuse le long du segment tracé en fonction du nombre de pixels vient d'apparaître sur l'écran.



- Pour faire un zoom avant de cette nouvelle fenêtre, cliquer sur l'icône  puis positionner la souris sur la zone du graphe que l'on étudie. Effectuer un clic gauche jusqu'à obtenir un agrandissement satisfaisant permettant de bien visualiser les trois raies du fer dont les longueurs d'onde sont données. (Remarque un clic droit permet de faire un zoom arrière)
- Avec le curseur, noter le nombre de pixels séparant la raie de longueur d'onde 449,457 nm et celle de longueur d'onde 446,654 nm.

a) Compléter alors la correspondance suivante : **2,803 nm** ↔ ..... pixels

- Fermer la fenêtre « tracé d'après spectre »
- Cliquer, sur l'icône  et placer une ligne horizontale en haut du spectre de Saturne (point A).

- Positionner cette ligne horizontale à l'extrême gauche de l'image avec les flèches de direction du clavier puis allonger cette ligne pour qu'elle puisse balayer l'intégralité du spectre.
- Cliquer sur l'icône coupe .
- On étudie la raie noire, fine et inclinée de Saturne correspondant à la longueur d'onde  $\lambda_0 = 447,602$  nm.

b) Après avoir effectué un zoom avant, noter le pixel,  $p_A$ , correspondant à cette raie.  $p_A = \dots\dots\dots$

- Fermer la fenêtre « tracé d'après spectre »
- Cliquer, sur l'icône , et placer une ligne horizontale en bas du spectre de Saturne (point B).
- Positionner cette ligne horizontale à l'extrême gauche de l'image avec les flèches de direction du clavier puis allonger cette ligne pour qu'elle puisse balayer l'intégralité du spectre.
- Cliquer sur l'icône coupe .
- On étudie toujours la raie noire, fine et inclinée de Saturne correspondant à la longueur d'onde  $\lambda_0 = 447,602$  nm.

c) Après avoir effectué un zoom avant, noter le pixel,  $p_B$ , correspondant à cette raie.  $p_B = \dots\dots\dots$

- Fermer la fenêtre « tracé d'après spectre »

## 2.2 Calcul de la vitesse radiale à la surface de Saturne

a) À l'aide de la différence de pixels  $p_B - p_A$  et de la correspondance précédemment établie, calculer  $\Delta\lambda$ .

$$\Delta\lambda = \dots\dots\dots \text{nm}$$

b) En déduire la vitesse,  $v_r$ , à la surface de Saturne.

$$v_r = \dots\dots\dots \text{m/s}$$

## 2.3 Calcul de la période de rotation de Saturne

*L'observation directe de saturne a permis de mesurer son rayon équatorial,  $R_{SA}$ . On a ainsi obtenu :*

$$R_{SA} = 60,3 \cdot 10^3 \text{ km.}$$

- a) Rappeler la relation liant la vitesse à la surface de la planète, le rayon de la planète et sa période de révolution.
- b) En déduire la période de rotation de Saturne sur elle-même au niveau de l'équateur. Dans les tables, on trouve  $T_{th} = 37 \cdot 10^3$  s. La période de rotation obtenue en étudiant le spectre de Saturne est-elle en accord avec la valeur théorique ?