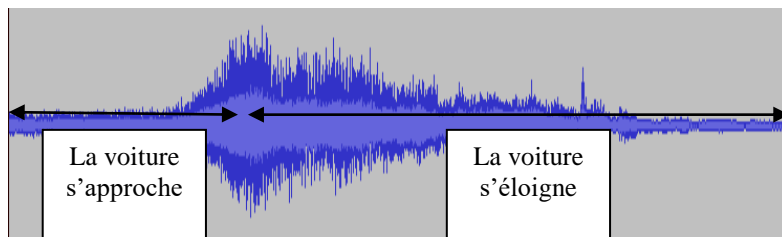


## 1. VITESSE D'UNE VOITURE



Commençons par visionner un [extrait du film Taxi 2](#)

Le fichier son de cette séquence pendant laquelle la voiture se rapproche puis s'éloigne du radar est disponible sur le réseau. Il va falloir déterminer la vitesse de ce véhicule en exploitant cet enregistrement, et vérifier la vitesse de 306 km/h annoncée par le radar des gendarmes.



### Doc.1 Effet Doppler :

Soit une onde de fréquence  $f_e$  (en Hz) et de célérité  $v_{\text{onde}}$  (en m/s) émise par la voiture en mouvement à la vitesse constante  $v_e$  (en m/s) par rapport au récepteur (radar).

La fréquence de l'onde reçue par le récepteur  $f_r$  (en Hz) est telle que :

- Si l'émetteur approche du récepteur : 
$$f_{r1} = f_e \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} - v_{\text{émetteur}}}$$
- Si l'émetteur s'éloigne du récepteur : 
$$f_{r2} = f_e \times \frac{v_{\text{onde}}}{v_{\text{onde}} + v_{\text{émetteur}}}$$

On peut aussi démontrer que la vitesse de l'émetteur peut être calculée par la relation suivante :


$$v_{\text{émetteur}} = v_{\text{onde}} \times \frac{f_{r1} - f_{r2}}{f_{r1} + f_{r2}}$$

Remarque :

- les fréquences  $f_{r1}$  et  $f_{r2}$  sont déterminées par des mesures
- $v_{\text{onde}}$  : vitesse du son est environ égale à 340 m/s

### Questions

#### 1 Etude avec Latis Pro

Ouvrir le fichier taxi son (mes espaces/logiciels reseau/phy/cassiot/sons), à l'aide du logiciel Latis Pro son (fichier/importation/fichiers de type Wav/ouvrir/faire glisser courbe son en ordonnée puis courbe temps en abscisse/Ok/faire glisser la courbe son  sur l'écran) :

- ✓ Déterminer les périodes  $T_{r1}$  et  $T_{r2}$  en utilisant l'outil réticule (voir aide Latis Pro) puis calculer les fréquences  $f_{r1}$  et  $f_{r2}$  des ondes sonores perçues. Comme ce son n'est pas un son musical, il sera prudent de faire une mesure de plusieurs périodes. On écrira ses mesures sur sa copie !!!
- ✓ Après avoir zoomé sur une période, on fera également une décomposition en série de Fourier afin de confirmer vos résultats (voir aide Latis Pro). Faire des copies d'écran de vos spectres en fréquence et les imprimer.

#### 2 Etude avec Audacity

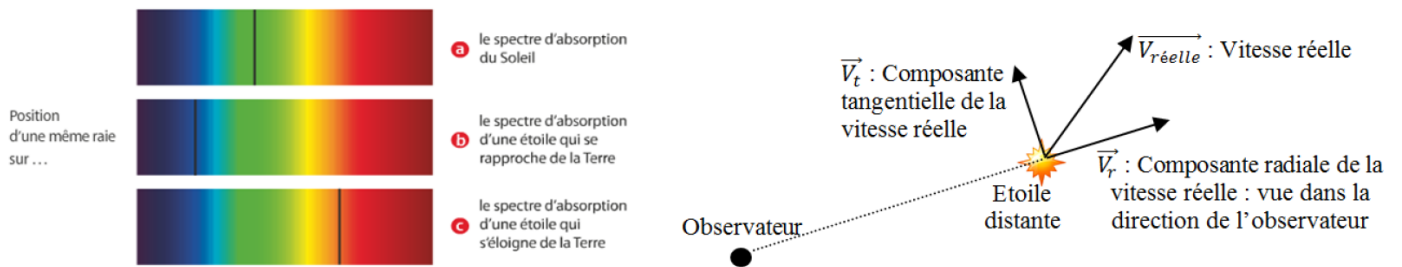
A l'aide du logiciel AUDACITY (ainsi que son tutoriel), déterminer les hauteurs des ondes sonores perçues pendant l'approche et l'éloignement. Faire des copies d'écran de vos spectres en fréquence et les imprimer

#### 3 A l'aide des mesures effectuées avec Latis Pro et Audacity, répondre à la problématique

## 2. DÉTECTION D'UNE EXOPLANÈTE

### Doc. 1 Décalage spectral :

En appliquant l'effet Doppler sonore à la lumière, Christian Doppler (1803-1853), mathématicien et physicien autrichien, suggère que la couleur des étoiles est une conséquence de leur mouvement par rapport à la Terre. Le physicien et astronome français Hippolyte Fizeau (1819-1896) démontre en 1848 que la vitesse des étoiles est trop faible par rapport à celle de la lumière pour que cet effet soit observable. Il conclut cependant que les raies d'absorption d'un élément chimique sur le spectre d'une étoile en mouvement par rapport à la Terre doivent être décalées par rapport à leur position sur le spectre du soleil. La mesure de ce décalage permettrait alors à remonter à la vitesse de l'étoile dans la direction de l'observation : c'est la **vitesse radiale**.



### Questions

#### 1 Mesures :

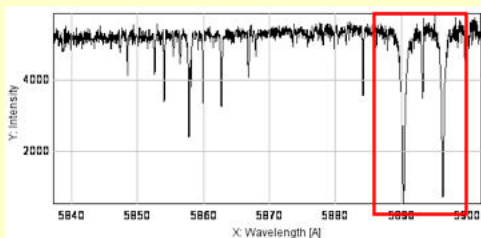
On choisit de mesurer le décalage des **deux raies du sodium**

$$\lambda_1 = 5889,950 \text{ \AA} = 588.9950 \text{ nm} \quad \text{et} \quad \lambda_2 = 5895,924 \text{ \AA} = 589.5924 \text{ nm}$$

Le spectre d'absorption de l'étoile (photo)



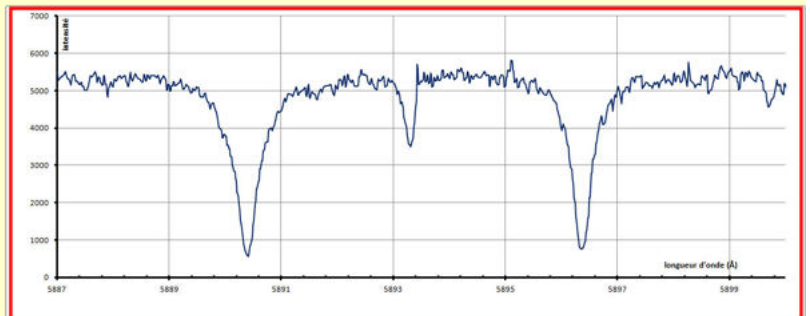
Le spectre d'absorption de l'étoile (courbe de flux lumineux)



zoom sur les deux raies du sodium (photo)



zoom sur les deux raies du sodium (courbe de flux lumineux)



On effectuera 11 mesures (à l'aide de [l'animation suivante](#)) sur une durée d'environ 10 jours et l'on complètera un [tableau Excel](#) en même temps, de manière à déterminer la vitesse radiale de l'étoile avec le décalage Doppler

- ✓ Compléter les colonnes  $\Delta\lambda_1 = \lambda_1(\text{mesuré}) - \lambda_1(\text{référence})$  et  $\Delta\lambda_2 = \lambda_2(\text{mesuré}) - \lambda_2(\text{référence})$
- ✓ Compléter les colonnes  $V_{rad1}$  et  $V_{rad2}$ , puis remplir la colonne moyenne.

#### 2 Analyse des résultats et détermination de la période de l'exoplanète :

Les points de mesures se sont tracés automatiquement sur le graphe  $V_{rad} = f(t)$ . On observe une variation sinusoïdale décalée vers le haut de  $V_0$ . On peut donc modéliser par la fonction suivante :

$$V_{rad} = V_0 + V_{rad \text{ max}} \cdot \cos(2 \cdot \pi \cdot t/T + \varphi) \quad \text{avec :}$$

$V_{rad}$  : valeur de la vitesse radiale à l'instant t

$V_0$  : décalage vertical

T : période de révolution (en jours)

$\varphi$  : déphasage à l'origine

1. Que représente donc ce décalage vertical de vitesse  $V_0$  ?

Modélisation : En utilisant les barres de défilement, fixer  $V_0$ ,  $V_{rad\ max}$ ,  $T$  et le déphasage  $\varphi$  pour que le modèle corresponde le mieux aux points de mesures.

2. En déduire la valeur de la période  $T$  qui représente la période de révolution de la planète géante en orbite autour de l'étoile.

Pour aller plus loin : Trappist 1 est un système planétaire (situé à 40 al) dont l'objet primaire est une étoile naine ultra froide. Cette étoile est entourée d'au moins trois planètes de taille similaire à celle de la Terre. L'étoile et ses planètes ont été découvertes en 2015 à l'aide du télescope belge TRAPPIST, installé à l'Observatoire de La Silla, au Chili

3. Définir une étoile naine ultra froide

4. La méthode des transits a été utilisée pour découvrir ces exoplanètes. Expliquer son principe en quelques lignes. Pour les très curieux, vous pouvez lire [l'article des scientifiques belges](#).

Vous souhaitez entrer en contact avec les potentiels habitants de ces planètes situées à 40 al par deux méthodes :

- en émettant un signal radio depuis la Terre
- en envoyant une sonde dans l'espace se déplaçant à une vitesse de 50000 km/h


5. Sans faire de calculs, déterminer la durée mise par le signal radio pour arriver vers ces exoplanètes

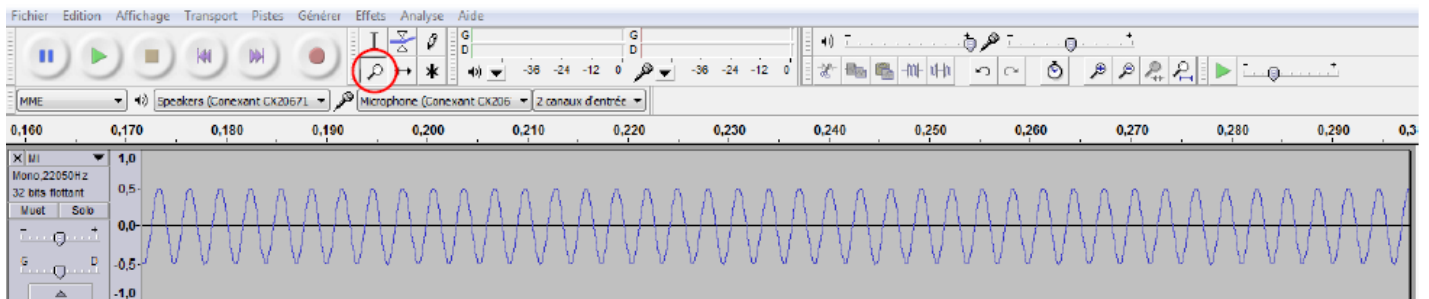
6. Combien de temps mettra la sonde pour arriver à proximité des exoplanètes ? Que pensez-vous de ces deux résultats ?


*Rappel : une année lumière est la distance parcourue par la lumière se déplaçant dans le vide pendant une année.*

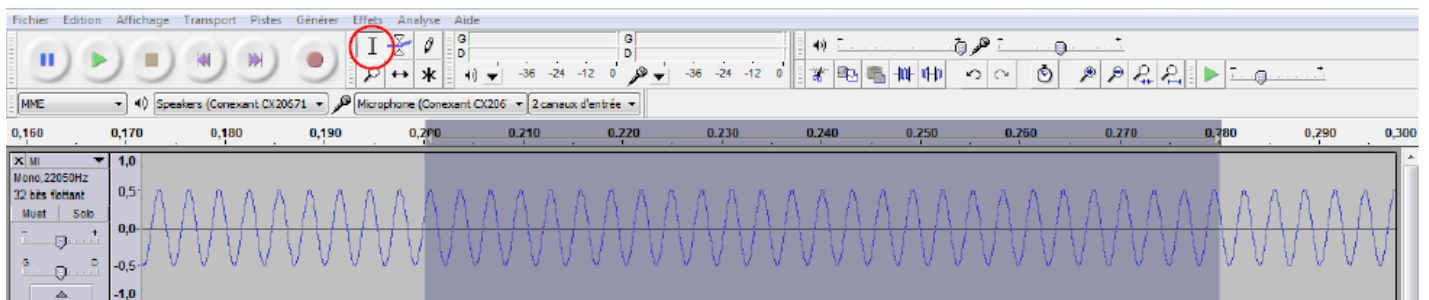
#### AIDE AUDACITY :

**Ouvrir un fichier** : cliquer sur l'onglet *fichier* puis *ouvrir* et sélectionner le fichier souhaité. Le signal sonore apparaît à l'écran avec l'amplitude en ordonnée et le temps en abscisse.

**Modifier l'échelle** : utiliser l'Outil Zoom . En faisant un clic gauche sur l'axe des abscisses, on zoome horizontalement ; en faisant un clic droit on « dézoome ». Même chose avec l'axe des ordonnées.



**Sélectionner une partie du signal** : utiliser l'Outil de Sélection  pour choisir une portion de l'enregistrement (pour avoir des résultats exploitables, il est recommandé de travailler avec des portions de signal d'environ 0,3 seconde).



**Tracer un spectre en fréquences** : cliquer sur l'onglet *Analyse* puis *Tracer le spectre*. Le spectre apparaît à l'écran. Le choix du nombre de points peut améliorer l'allure du spectre (4096 semble un bon compromis) ; si le spectre ne s'affiche pas diminuer le nombre de points. Pour les autres réglages, choisir *Spectre*, *Hanning window* et *Fréquence logarithmique*. La fréquence correspondant à un pic est indiquée par *crête*.

