

Effet Doppler Fizeau

I) RADAR routier

Document 1 RADAR routier

Le cinémomètre Mesta 210© (RADAR routier fixe) mesure la vitesse des véhicules en émettant une onde électromagnétique de fréquence $f=24,125\text{GHz}$. L'onde émise est réfléchiée sur l'avant du véhicule, puis revient vers le RADAR où elle est analysée : c'est donc la plaque avant du véhicule qui sera photographiée.



Document 2 Modélisation en laboratoire

Afin de comprendre le fonctionnement du RADAR, un émetteur et un récepteur ultrasonores sont utilisés pour mesurer la **vitesse V** d'une voiture télécommandée. La voiture est donc lancée à pleine vitesse en direction de l'émetteur d'ultrasons de fréquence $f=40,00\text{MHz}$, sa vitesse est mesurée lorsqu'elle parvient à une **distance d** du récepteur.

- 1) Schématiser la situation expérimentale.
- 2) Quelles différences notez-vous entre le vrai RADAR et sa modélisation expérimentale ?
- 3) Trouver, parmi les quatre formules données ci-dessous, celle permettant de trouver la vitesse du véhicule ("c" est la célérité de l'onde, f_E et f_R respectivement les fréquences émises et reçues). Justifier.

$$a) f_E = f_R \times \left(2V - \frac{V}{c}\right)$$

$$b) f_R = V \times \left(f_E - \frac{2V}{c}\right)$$

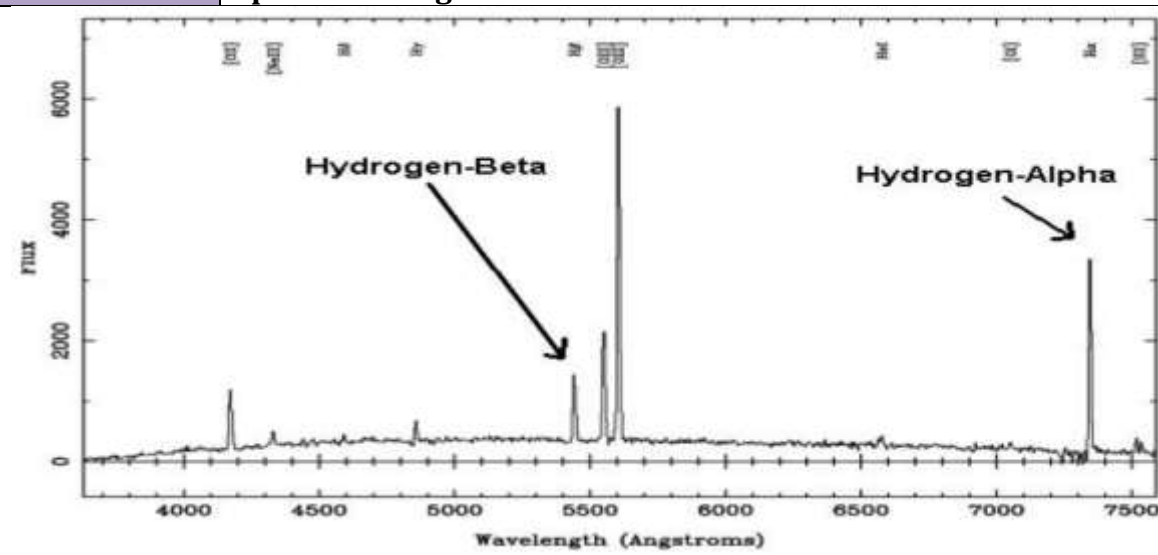
$$c) f_E = f_R \times \left(1 - \frac{2V}{c}\right)$$

$$d) f_E = f_R \times \left(1 + \frac{2V}{c}\right)$$

- 4) La fréquence de l'onde retour vaut $40,28\text{MHz}$. Dessiner la représentation de Fourier des ondes émises et reçues.
- 5) Calculer la vitesse de la voiture télécommandée.

II) Vitesse de la galaxie Q2125-431

Document 1 Spectre et longueur d'onde



Données :

1Angstrom= 10^{-10}m

$$v = c \times \left(\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_0}\right)$$

λ_0 : référence sur Terre de la raie alpha

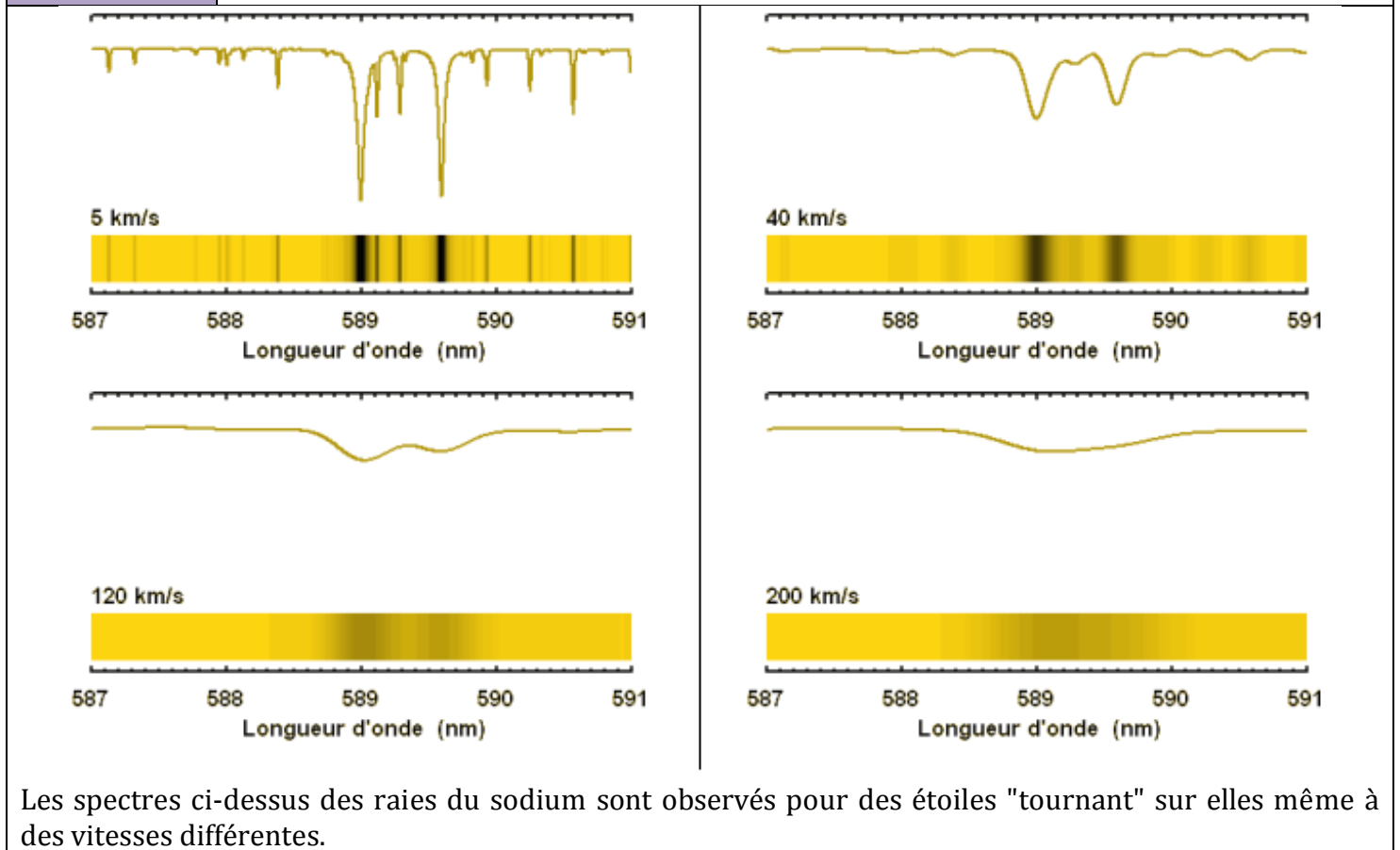
$c=3.10^8\text{m.s}^{-1}$

Mesuré sur Terre, le pic d'absorption de la raie alpha l'hydrogène se trouve à $\lambda_0=656,3\text{nm}$.

- 1) Calculer la longueur d'onde observée de la raie alpha de l'hydrogène.
- 2) Parle-t-on de redshift ou de blueshift ?
- 3) La galaxie s'approche-t-elle ou s'éloigne-t-elle de la Terre ?
- 4) Déterminer la vitesse de la galaxie Q2125-431 par rapport à la Terre.

III) Elargissement de raies spectrales

Document 1 Doublet du sodium et vitesse radiale



Document 2 Elargissement doppler

Quand une étoile tourne sur elle-même, un côté s'éloigne et l'autre se rapproche de nous. Plus la différence de la couleur est importante, plus l'étoile tourne vite. On ne peut bien sûr pas observer séparément les 2 côtés d l'étoile car elles se trouvent trop loin de nous.

Pour nous, l'effet se traduit par un élargissement des raies spectrales (zones lumineuses sur un spectre). L'élargissement des raies spectrales est donc utilisé pour mesurer la vitesse de rotation d'une étoile.

1) Expliquer, à l'aide d'un schéma, quelle information donne l'élargissement des raies spectrales.

IV) Pour aller plus loin...

On souhaite démontrer la formule suivante lorsque l'émetteur E s'approche du récepteur R :

$f_E = f_R \times \left(1 - \frac{v}{c}\right)$ avec f_E et f_R les fréquences d'émission et de réception, v la vitesse de l'objet et c la célérité de l'onde.

- 1) Schématiser la situation où l'émetteur E et le récepteur R sont séparés d'une distance d , l'émetteur se déplaçant vers le récepteur à la vitesse v .
- 2) Calculer, en fonction de d et c , le temps que met l'onde pour aller de E à R.
- 3) Au bout d'un temps T (période du signal émis), l'émetteur s'est déplacé vers R. Il émet alors la fin du signal. Calculer en fonction de d , v , c et T la date à laquelle cette fin de signal parviendra en R.
- 4) En déduire quelle période va percevoir le récepteur en fonction de T , v et c .
- 5) Retrouver alors la formule proposée en début d'exercice.