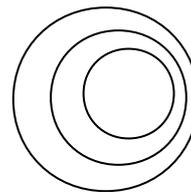


Mesurer des vitesses par effet Doppler

I Comment évaluer la vitesse d'une voiture ?

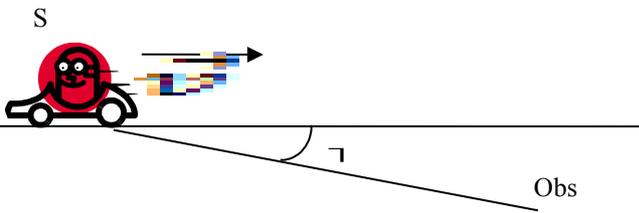
- **Problématique.** Lorsqu'une voiture passe devant nous, le son évolue : c'est l'effet Doppler. Comment exploiter ce phénomène pour mesurer la vitesse d'une voiture ?



Informations complémentaires.

La voiture se déplace à la vitesse v , le son se propage à la célérité c . γ est l'angle entre la direction de la voiture et la direction de propagation des ondes reçues par l'observateur Obs.

La voiture émet un son de fréquence f_e . L'observateur perçoit un son de fréquence f_r ou f'_r suivant que la voiture s'approche ou s'éloigne de lui.



(1) $f_r = \frac{1}{1 - \frac{v}{c} \cos(\theta)} \times f_e$ quand la voiture s'approche.

(2) $f'_r = \frac{1}{1 + \frac{v}{c} \cos(\theta)} \times f_e$ quand la voiture s'éloigne.

Si γ est suffisamment petit les relations deviennent :

(3) $f_r = \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} \times f_e$ et

(4) $f'_r = \frac{1}{1 + \frac{v}{c}} \times f_e$

- **Matériel :** un PC avec un logiciel d'analyse ragavi et de traitement regressi du son fichier son extrait

Travail demandé

1. *Ecouter le fichier son doppler.wav avec le logiciel regavi. La première partie correspond à l'enregistrement du son émis par la voiture par un observateur fixe au bord de la route. La deuxième partie correspond à l'enregistrement du son de la voiture par un observateur à son bord.*
2. *Proposer un protocole afin de répondre à la problématique. On considère que γ est suffisamment petit pour pouvoir le négliger. Mettre en œuvre votre protocole.*

3. *A partir des relations (3) et (4), montrer que si γ est petit alors $v = c \times \frac{f_r - f'_r}{f_r + f'_r}$ (5).*

Refaire les mesures

II. Application à l'astrophysique (Etude documentaire)

Doc. 1 : Notions sur les quasars

Un Quasar, « source de rayonnement quasi-stellaire », (*quasi-stellar radio source* en anglais) est une galaxie très énergétique avec un noyau galactique actif. Les quasars sont les entités les plus lumineuses de l'univers.

Bien qu'il y ait d'abord eu une certaine controverse sur la nature de ces objets jusqu'au début des années 1980, il existe maintenant un consensus scientifique selon lequel un quasar est la région compacte entourant un trou noir super massif au centre d'une galaxie massive.

Doc. 2 : Effet Doppler-Fizeau

L'effet Doppler-Fizeau est le décalage entre la fréquence de l'onde électromagnétique émise et celle de l'onde reçue lorsque l'émetteur et le récepteur sont en mouvement l'un par rapport à l'autre. Dans le cas d'un émetteur s'éloignant

d'un récepteur fixe, la vitesse v de l'émetteur peut se calculer par : $v = \frac{(f_e - f_r)}{f_r} \times c$

f_e : fréquence de l'onde émise, f_r : fréquence de l'onde reçue, c : célérité de l'onde

Doc. 3 : Expansion de l'Univers

Notre connaissance des quasars provient pour l'essentiel de l'observation de leur spectre, du reste, un dénominateur commun pour la plupart des objets du ciel. C'est en observant le spectre des galaxies puis, celui des quasars, qu'a été établie l'expansion de l'univers. Leur spectre montre en effet un déplacement systématique des raies spectrales vers le rouge, pour peu que l'objet soit distant. Ce décalage des raies trahit une vitesse d'éloignement de l'objet, et plus cette vitesse est grande, plus l'objet est éloigné. C'est la fameuse loi de Hubble : la vitesse d'éloignement des galaxies est proportionnelle à leur distance.

La vitesse de récession d'une galaxie (ou d'un quasar) est décrite par le paramètre z , calculé à partir de l'observation du spectre :

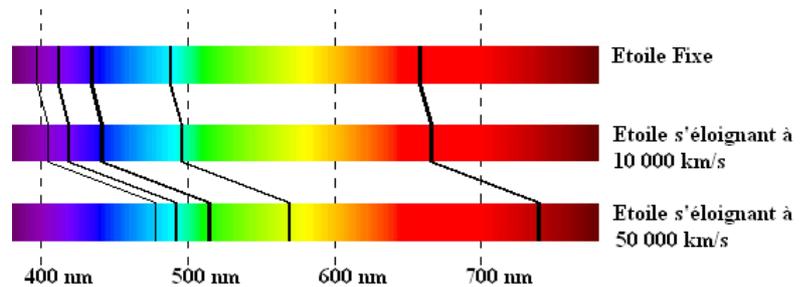
$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{réel}}} = \frac{\lambda_{\text{observé}}}{\lambda_{\text{réel}}} - 1$$

Doc. 4 : Raies de l'élément Hydrogène

Longueur d'onde de référence en angström (Å), correspondant à 0,1 nm des raies de l'élément hydrogène présent dans l'atmosphère d'une étoile :

H γ §562,808	H δ §4861,342
H ϵ §340,475	H γ §1101,748
H δ §970	H β §889
H γ §885	H α §647

Doc. 5 : Redshift



Doc. 6 : Profil spectral du quasar 3C273

Questions

1. En quoi l'étude des quasars a permis aux astrophysiciens d'avancer dans leurs connaissances ?
2. Quel phénomène physique utilise-t-on pour calculer la vitesse d'un quasar ?
3. Quel type de spectre figure sur le doc. 5 ? Identifier les raies noires. Que peut-on conclure de l'étude de ce document ?
4. Montrer que la vitesse d'une galaxie ou d'un quasar peut s'exprimer sous la forme : $v = z \times c$
5. Calculer la vitesse du quasar 3C273. On donne la célérité des ondes électromagnétiques dans le vide : $c = 3,00.10^5 \text{ km.s}^{-1}$.

