

Des ondes pour observer et mesurer	EXERCICES : L'EFFET DOPPLER-FIZEAU
CH IV ONDES ELECTROMAGNETIQUES	

EXERCICE 1:

Un radar de contrôle routier utilise l'effet Doppler pour déterminer la vitesse d'une automobile. Il envoie pour cela une onde à une fréquence connue et capte le signal réfléchi sur le véhicule pour en extraire la fréquence modifiée.

Fréquence de l'onde émise : 50 kHz ;

Fréquence de l'onde reçue : 55,5 kHz

Donnée : vitesse de propagation de l'onde : $v = 340 \text{ m.s}^{-1}$

1. Explique l'effet Doppler.
2. La voiture avance-t-elle vers le radar ou s'en éloigne-t-elle ?
3. Déterminer la vitesse du véhicule en m.s^{-1} puis en km.h^{-1} .

EXERCICE 2 :

Un récepteur d'ondes sonores est placé à proximité d'une portion droite de voie de chemin de fer. Un TGV se déplaçant à une vitesse $v = 300 \text{ km.h}^{-1}$ passe devant le récepteur. Sur cette portion de voie, le conducteur actionne la sirène qui émet un son de fréquence $f_{\text{son}} = 400 \text{ Hz}$. On rappelle que la célérité du son est égale à $f_{\text{son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Quelle est la fréquence du son perçu par le récepteur lorsque le TGV se rapproche du récepteur ?
2. Quelle est la fréquence du son perçu par le récepteur lorsque le TGV s'éloigne du récepteur ?
3. Un train Corail passe sur cette même voie, avec la sirène actionnée (la fréquence de la sirène d'un train Corail est différent de celle d'un TGV). Quand le train se rapproche, la fréquence perçue par le récepteur est égale à $f_1 = 440 \text{ Hz}$ tandis que, quand il s'éloigne, la fréquence perçue par le récepteur est égale à $f_2 = 360 \text{ Hz}$. Calculer la vitesse v du train Corail.

EXERCICE 3 : Effet Doppler et astronomie :

A l'exception de la grande galaxie d'Andromède et de quelques galaxies naines proches, toutes les galaxies s'éloignent de nous. L'astronome américain Edwin Hubble a constaté dès la première moitié du 20^{ème} siècle que la vitesse d'éloignement des galaxies est proportionnelle à la distance qui nous en sépare. Ce constat, confirmé par de nombreuses observations faites jusqu'à aujourd'hui, semble montrer l'expansion de l'Univers. Pour arriver à cette conclusion, il a fallu parvenir à déterminer la vitesse des galaxies.

À l'aide des documents ci-dessous et en utilisant vos connaissances, rédiger, en 30 lignes maximum, une synthèse argumentée répondant à la problématique suivante:

« Comment déterminer la vitesse des galaxies par spectroscopie ? »

On répondra à cette question en s'appuyant sur l'exemple de la galaxie NGC 4151.

Après avoir indiqué comment les spectres des sources lumineuses sont obtenus, on expliquera quelle propriété des ondes est exploitée pour déterminer leur vitesse. Le spectre de la galaxie NGC 4151 sera rapidement décrit et interprété (domaine du spectre électromagnétique présenté, informations déduites par une simple lecture et sans calculs), puis exploité rigoureusement pour vérifier que cette dernière s'éloigne.

On conclura, en calculant la valeur de la vitesse d'éloignement de la galaxie et en précisant comment une exploitation plus complète du spectre aurait permis une évaluation plus précise de cette vitesse.

Document 1 : Spectroscopie et astrophysique :

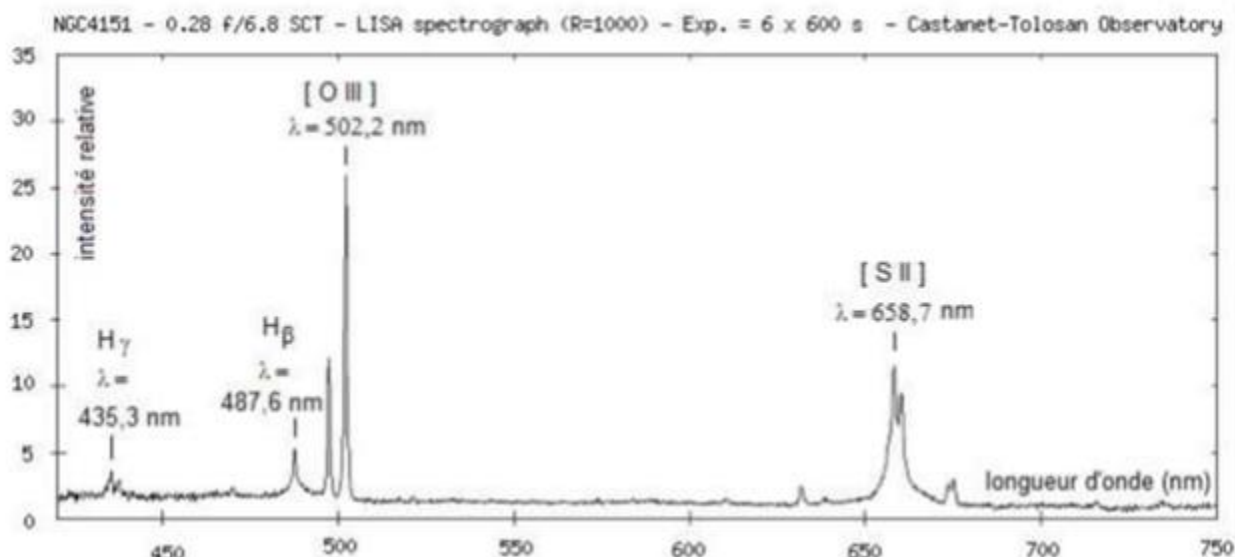
La spectroscopie est l'étude des différentes longueurs d'onde des radiations qui composent une lumière. Ces différentes longueurs d'onde portent la trace, ou l'empreinte, des éléments chimiques traversés par la lumière ou qui émettent celle-ci. La plupart des observatoires professionnels possèdent des spectrographes. Ces appareils permettent de décomposer la lumière reçue et de réaliser le spectre des objets célestes étudiés. Les spectres observés présentent en général, un fond continu sur lequel se superpose une série de raies sombres ou brillantes.

Les raies sombres, dites raies d'absorption, sont produites lorsqu'un gaz froid se trouve entre l'observateur et la source de lumière. Les atomes de ce gaz absorbent certaines radiations de longueurs d'onde particulières et gagnent de l'énergie. Les radiations absorbées se traduisent alors par des raies sombres dans le spectre.

Quant aux raies brillantes, dites raies d'émission, elles se produisent lorsqu'un gaz émet de la lumière par fluorescence. Dans ce cas, ses atomes perdent de l'énergie en émettant des radiations correspondant à certaines longueurs d'onde bien précises. Cette lumière est à l'origine des raies brillantes dans le spectre de l'objet étudié.

Les longueurs d'onde des raies d'émissions ou d'absorption sont spécifiques des éléments chimiques qui sont à l'origine des raies. Ces entités peuvent donc être identifiées à partir du spectre.

D'après le site : <http://www.astro-caaq.org> (Club des astronomes amateur du Québec)

Document 3 : Spectre de la galaxie NGC 4151 – Certaines raies sont identifiées.

Source : D'après <http://www.astrosurf.com/buil/galaxies/spectra.html>

Document 4 : L'effet Doppler-Fizeau

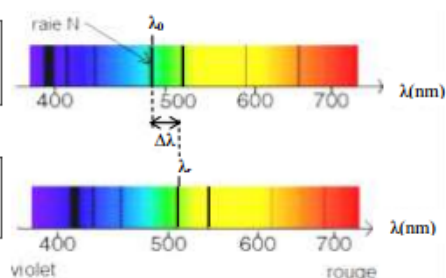
L'effet Doppler-Fizeau se traduit par un décalage des raies dans le spectre d'un objet céleste en raison de la vitesse radiale de l'astre observé. Si l'objet à l'origine des raies s'approche de l'observateur, les raies (d'émission ou d'absorption) présentes dans le spectre sont décalées vers les courtes longueurs d'onde (blueshift). Si au contraire, il s'éloigne les raies sont décalées vers les grandes longueurs d'onde (redshift)

- ce décalage spectral relatif s'évalue à l'aide de la grandeur z :

$$z = \frac{(\lambda_r - \lambda_0)}{\lambda_0} = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$$

λ_0 : longueur d'onde de la raie dans le spectre de la source lumineuse immobile
 λ_r : longueur d'onde de la raie dans le spectre de la source lumineuse en mouvement

Source lumineuse immobile par rapport à l'observateur.
 Une des raies (raie N) a une longueur d'onde λ_0 .



Source lumineuse identique s'éloignant de l'observateur :
 La raie N a une longueur d'onde λ_r .

La vitesse radiale v d'éloignement ou de rapprochement d'un objet céleste lorsque $v \ll c$ est telle que :

$$v = z \times c$$

z : décalage spectral relatif

$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$: célérité de la lumière dans le vide.