EXERCICE III – OBSERVER LE SOLEIL EN «H ALPHA» (5 points)

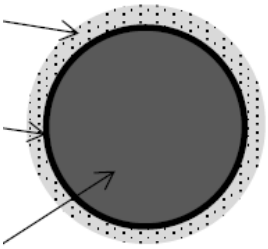
Un filtre solaire « H alpha » est un accessoire pour télescope, permettant notamment d'observer avec beaucoup de précision les détails de la chromosphère, couche peu dense mais très active de l'atmosphère solaire : protubérances, turbulences, filaments, taches...

Vue simplifiée du Soleil en coupe

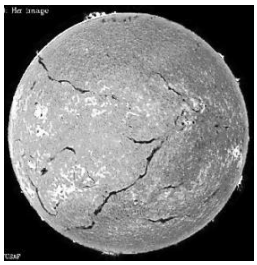
Chromosphère et couronne (gaz sous faible pression)

Photosphère (émettant l'essentiel de la lumière du Soleil)

Gaz très chauds et très denses



Une image de la chromosphère obtenue à l'aide d'un filtre « H alpha »



http://www.spaceweathercenter.org/swop/Gallery/Solar_pics/Halpha.html

La lumière intense émise par la photosphère empêche un observateur terrestre de distinguer la chromosphère. Pour pallier cet inconvénient, on utilise des filtres appropriés à l'observation du Soleil. Les atomes d'hydrogène présents dans la chromosphère absorbent la lumière émise par la photosphère et la réémettent vers l'extérieur. La longueur d'onde, sélectionnée par ces filtres, correspond à une raie du spectre de l'hydrogène appelée H alpha (H_α). La photosphère est alors invisible et seule la chromosphère apparaît.

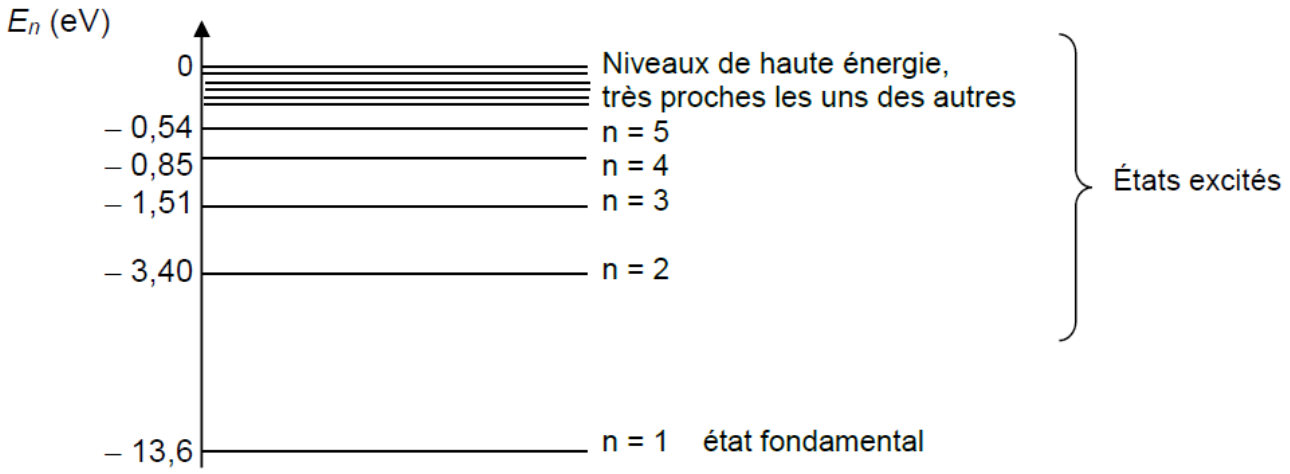
Données

Charge élémentaire : $e = 1{,}602 \times 10^{-19}$ C
Électron-volt : 1 eV = $1{,}602 \times 10^{-19}$ J
Constante de Planck : $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ J.s
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2{,}998 \times 10^{8}$ m.s^{-1}

1. La raie « H alpha »

1.1. La longueur d'onde mesurée dans le vide de la raie H_α est $\lambda_\alpha = 656{,}3$ nm. En déduire la fréquence ν_α d'une telle radiation.

Le diagramme ci-dessous représente les niveaux d'énergie (exprimés en électrons-volts) de l'atome d'hydrogène.



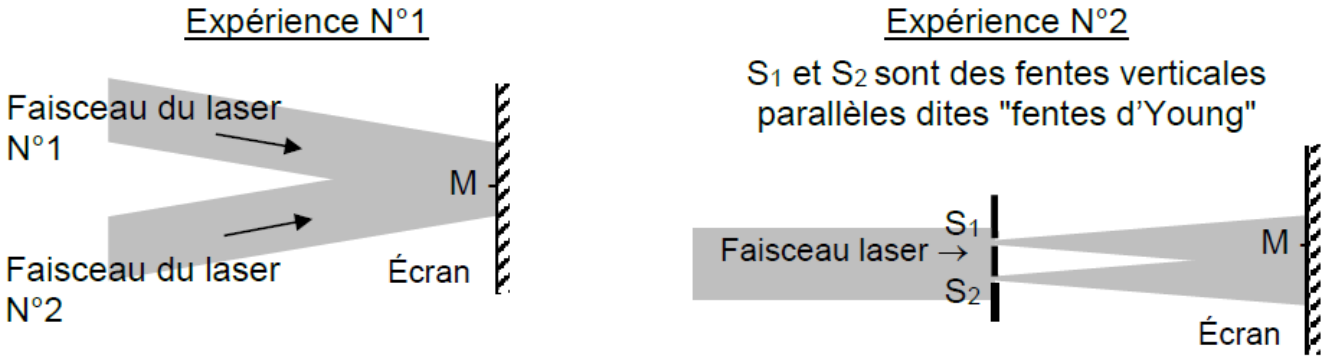
1.2. Identifier la transition qui correspond à l'émission de la raie H_α.

2. Filtre interférentiel

On utilise le principe des interférences constructives et destructives pour « sélectionner » certaines longueurs d'onde au détriment d'autres.

2.1. Obtenir une figure d'interférences

Deux expériences sont proposées pour observer des interférences lumineuses sur un écran :



2.1.1. Quelle expérience permet d'obtenir de façon certaine des interférences ?

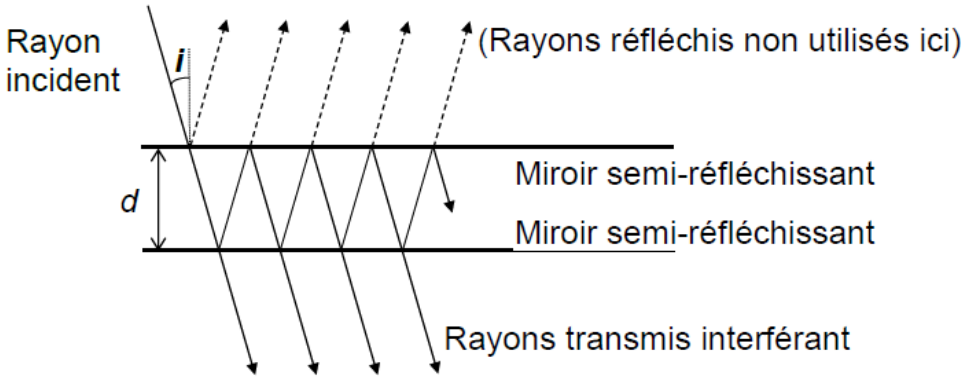
Dans l'expérience N°2, des rayons de lumière monochromatique de période T, provenant d'un faisceau laser, passent à travers deux fentes d'Young S_1 et S_2 et viennent interférer sur l'écran. Soit M un point quelconque de cet écran.

La différence de trajet parcouru par les rayons provenant respectivement de S_1 et S_2 entraîne un retard τ entre les deux ondes au point M.

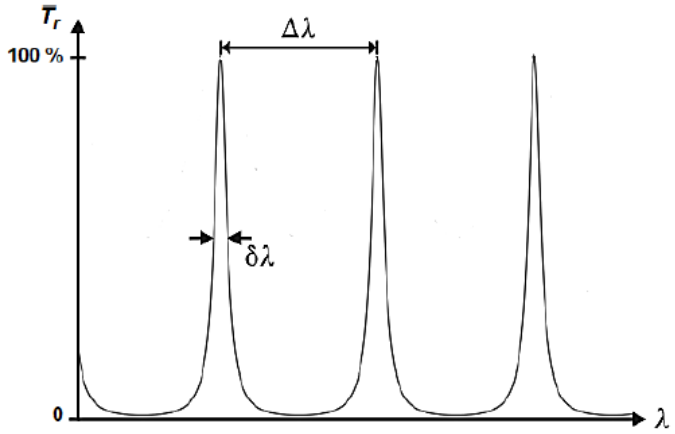
2.1.2. À quelle condition, portant sur τ et T, le point M appartient-il à une frange brillante ? à une frange sombre ?

2.2. L'interféromètre de Fabry-Pérot

L'interféromètre est constitué de deux miroirs parallèles partiellement réfléchissants, séparés d'une distance *d*. En raison des réflexions multiples entre les deux miroirs, des rayons transmis, parallèles entre eux, sortent de la cavité et interfèrent.



En raison de la multiplicité des réflexions, seules les radiations dont les longueurs d'onde vérifient la condition d'interférences constructives seront transmises avec une forte intensité lumineuse. Lorsque les interférences sont destructives, l'intensité transmise est très faible.
La figure ci-dessous représente l'évolution du coefficient de transmission en intensité, T_r, de l'interféromètre en fonction de la longueur d'onde de la radiation incidente.



$\Delta\lambda \approx \frac{\lambda^2}{2d}$ représente l'écart entre deux longueurs d'onde successives vérifiant la condition d'interférences constructives.

$\delta\lambda$ dépend des miroirs : plus ils sont réfléchissants, plus les pics sont fins.

D'après https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fabry-Perot-Transmissionsspektrum.svg

On considère une radiation de longueur d'onde λ qui pénètre dans l'interféromètre sous l'angle d'incidence *i*, comme indiqué sur la figure ci-dessus.
On admet qu'il y aura des interférences constructives si et seulement si la relation suivante est vérifiée :

$$2\,d.\cos(i) = k.\lambda \text{ où } k \text{ est un nombre entier.}$$

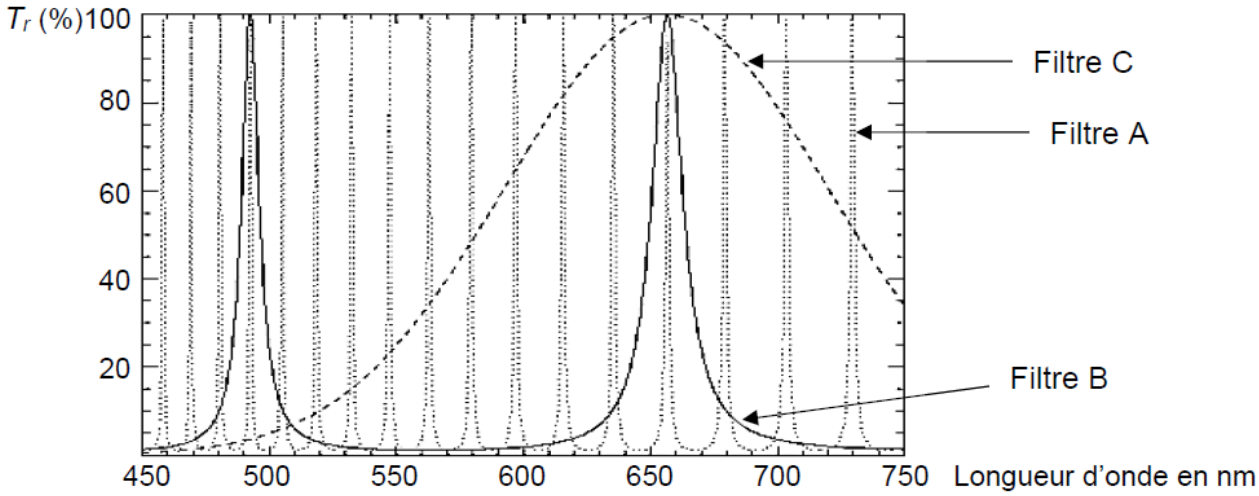
2.2.1. Vérifier que si d = 49,88 µm et i = 0,000°, les interférences sont constructives pour la longueur d'onde λ_α = 656,3 nm. Préciser la valeur de k.

2.2.2. Parmi les longueurs d'ondes qui vérifient la condition d'interférences constructives, déterminer la valeur de la longueur d'onde de la radiation qui précède directement, ou qui succède (au choix), à la radiation de longueur d'onde λ_α.

2.2.3. Calculer alors la valeur de l'écart $\Delta\lambda$ entre deux longueurs d'onde successives et vérifier que $\Delta\lambda \approx \frac{\lambda_\alpha^2}{2d}$.

2.3. Utilisation de l'interféromètre comme filtre

On donne ci-dessous les courbes de transmission (variations du coefficient de transmission T_r en fonction de la longueur d'onde) de trois filtres notés A, B et C, utilisés dans un filtre solaire.



D'après *http://solaire.obspm.fr/pages/obs_amateur/coronado.html*

2.3.1. Déterminer la longueur d'onde de la radiation transmise commune à ces trois filtres. Commenter.

2.3.2. Les filtres A et B sont de type « Fabry-Perot ». Comparer qualitativement leurs paramètres : distance entre les deux miroirs, nature plus ou moins réfléchissante des miroirs.

2.3.3. Expliquer brièvement pourquoi il est nécessaire de superposer plusieurs filtres pour sélectionner correctement la raie H_α.