



Votre spectroscope en 10 minutes...

Ce document permet la construction très rapide d'un spectroscope pédagogique portatif utilisant un CD-ROM ou un DVD. Ce spectroscope permet de décomposer la lumière et d'observer les spectres lumineux du Soleil ou de lampes variées.

Il est très facile et rapide de fabriquer ce petit spectroscope à la résolution étonnante permettant de voir les raies de Fraunhofer sur le spectre solaire et de faire admirer à vos élèves les magnifiques couleurs des raies spectrales en émission des lampes à fluorescentes éclairant leur classe. Émerveillement garanti!

Il constituera donc un petit appareil intéressant pour appréhender la spectroscopie et en comprendre les principes de base, que ce soit en club, auprès du public ou pour l'enseignement.

On doit sa conception initiale à Arvind Paranjpye (Inter-University Centre for Astronomy and Astrophysics - India), qui l'a gracieusement transmis à l'association GAPPIC (Groupe d'accompagnement pédagogique pour le Pic du Midi).

Nous le mettons à disposition, avec un design légèrement réadapté, sous licence libre Creative Common CC-BY-NC-SA.

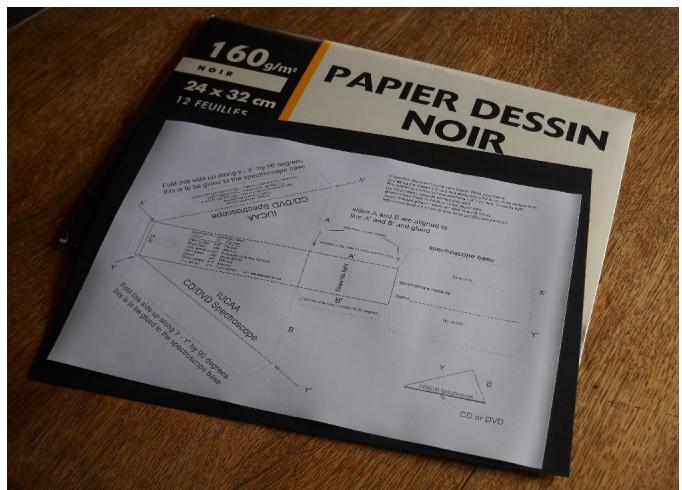
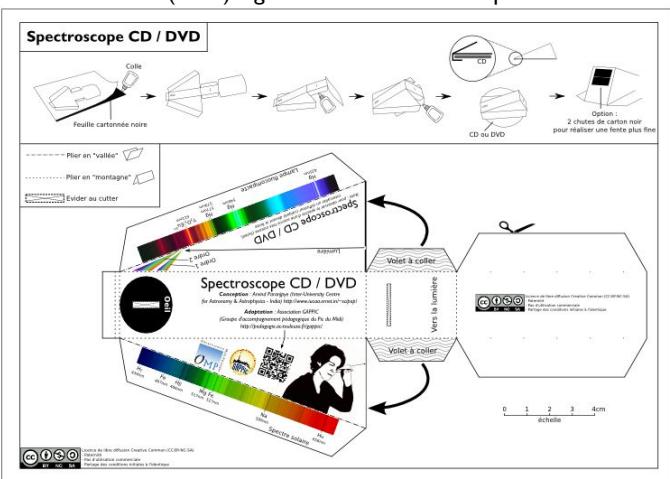
Table

Construction pas à pas.....	1
Premières observations.....	3
Interprétation des observations...5	
Pour aller plus loin	6

Construction pas à pas

- Imprimer au format A4 le patron fourni sur le document joint *spectroscope-CD-DVD.pdf* (source originale Arvind Paranjpye - Inde)

Nouvelle version (2014) légèrement différente des photos ci-contre

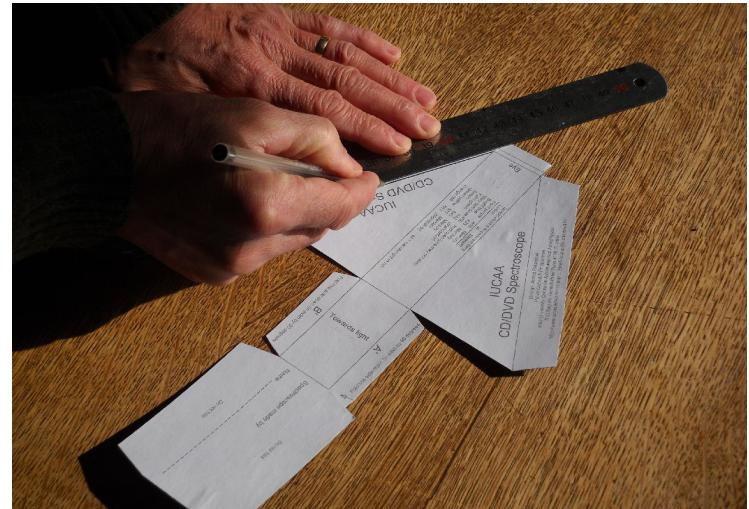


- Coller ce patron sur une feuille de papier dessin noir. Ceci a pour but de rigidifier la feuille A4 et d'obtenir un intérieur du montage absorbant totalement les reflets.

- Découper suivant les pointillés aux ciseaux ou au cutter.



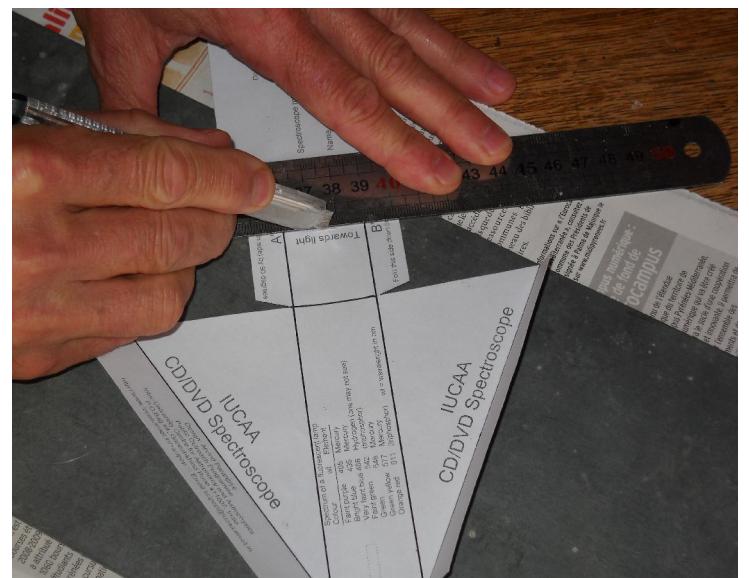
- Avec un stylo à bille repasser en appuyant bien les lignes continues pour mâcher le papier aux endroits de pliage. Les pliages en seront grandement facilités et seront bien nets.



- Découper au cutter la fente d'entrée. Elle doit être bien nette et avoir moins de 1mm de largeur. Il sera toujours possible de la rendre plus nette ou plus étroite en collant de petites bandelettes de papier à dessin noirs aux bords bien rectilignes.



- Découper aussi la fente large indiquant la position de l'œil lors des observations.



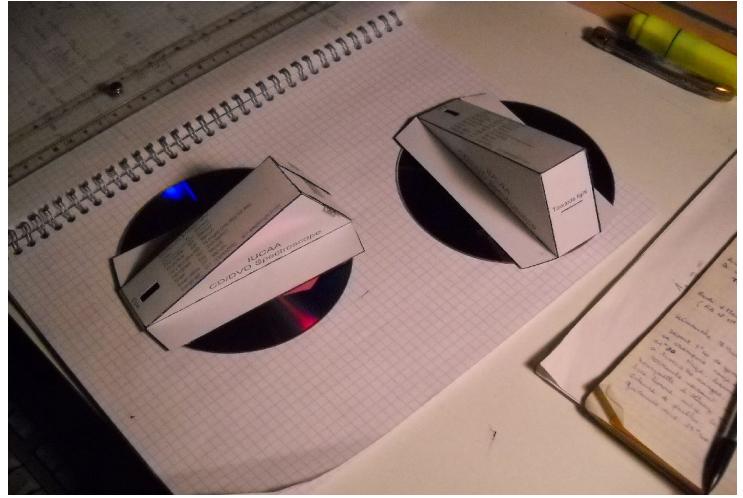
- Plier comme indiqué sur l'image ci-contre.



- Acheter le pliage et coller les onglets pour fermer la boîte.



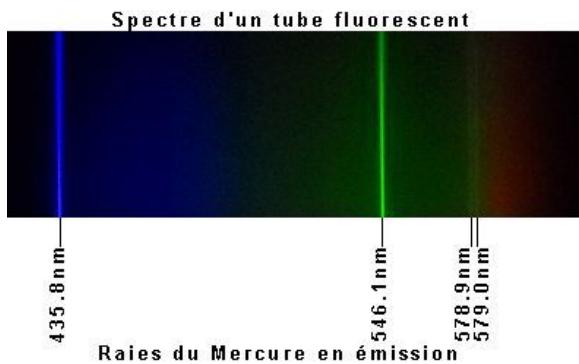
- Il ne reste plus qu'à glisser un CD ou un DVD sous le boîtier que vous venez de terminer, face optique (sans inscriptions) vers le haut.
Il peut être collé définitivement en place en le centrant bien si vous ne voulez pas le récupérer.
On peut aussi le maintenir provisoirement avec deux trombones.
Notez que le CD ou le DVD peuvent être vierges ou enregistrés, c'est totalement indifférent.
- Il peut être utile de noircir au marqueur indélébile noir la zone proche de la fente large où l'on doit placer l'œil. Ceci pour éviter les reflets parasites de la lumière extérieure.



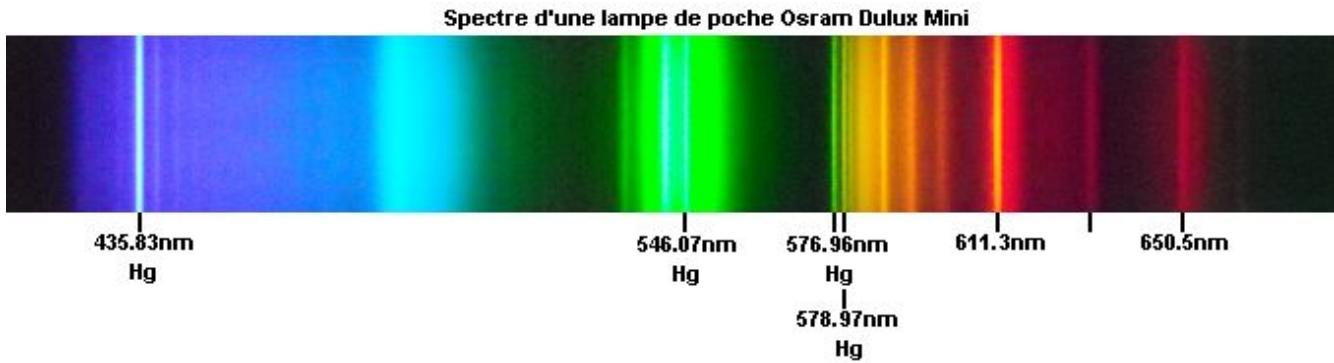
Premières observations

- Spectre d'un tube fluorescent (néon) ou d'une lampe à économie d'énergie.

Approchez assez près d'un tube fluorescent ou d'une lampe à économie d'énergie en présentant la fente du spectroscope vers cette source lumineuse et observez son spectre en plaçant l'œil tout contre la petite lucarne marquée **Oeil** sur le pliage. Vous allez voir une série de traits lumineux horizontaux colorés allant du violet en haut jusqu'au rouge en bas. Pour des raisons de mise en page on a tourné de 90° ces spectres dans la présentation ci-dessous.



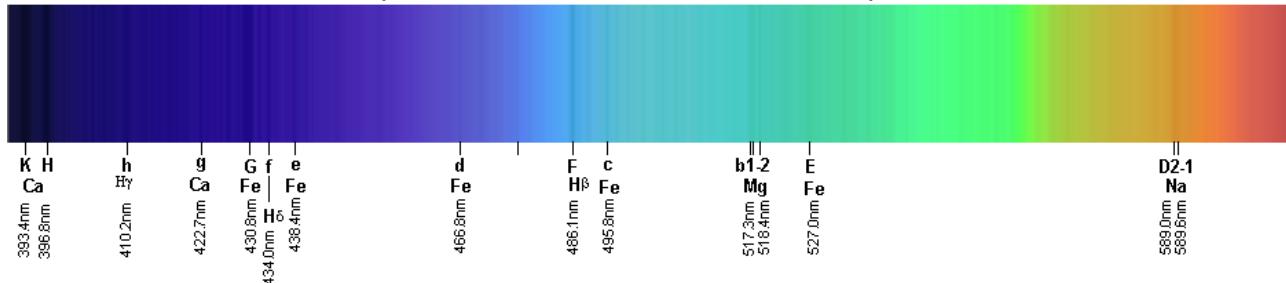
- Spectre d'une lampe de poche à tube fluorescent Osram Dulux Mini.



Ces deux spectres ont été photographiés avec un simple appareil photo numérique Coolpix L20 posé directement sur le spectroscopie de poche décrit plus haut.

- Spectre solaire.

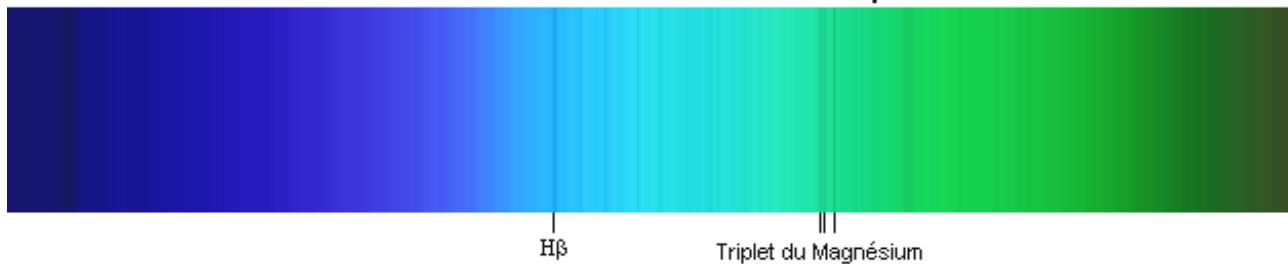
Quelques raies de Fraunhofer du spectre solaire



- Pour aller plus loin avec une résolution supérieure... mais toujours le même spectroscopie on peut utiliser le réseau

dans l'ordre 2 (c'est à dire en observant le spectre visible au dessous d'un spectre principal : il est plus étalé et un peu moins lumineux)

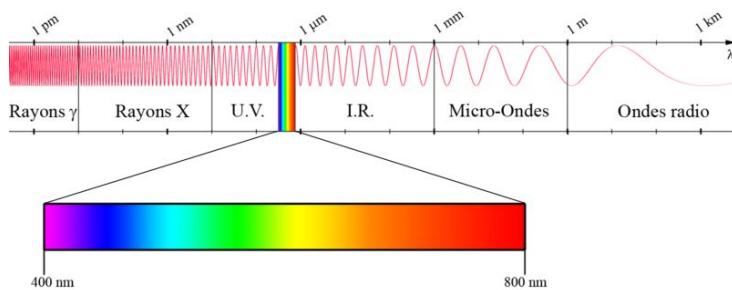
Réseau utilisé dans l'ordre 2 : de nombreuses raies spectrales sont visibles



Interprétation des observations

La lumière est un rayonnement (onde électromagnétique) caractérisé par sa fréquence ou sa longueur d'onde, par son énergie et par son état de polarisation (le sens de vibration).

Selon les caractéristiques des objets célestes observés, le rayonnement émis peut aller des rayons Gamma (très forte énergie) aux ondes radio (basse énergie) en passant par la mince zone de fréquences constituée par la lumière visible, du violet au rouge. La lumière visible par notre œil constitue donc une infime partie des ondes lumineuses : dans cette zone, à chaque longueur d'onde correspond une couleur.



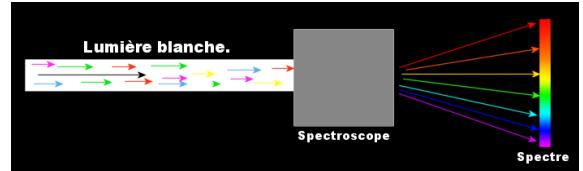
Pour réaliser le spectre lumineux d'un objet, on va utiliser un spectroscope.

En bref, le spectroscope va réaliser un "classement" des longueurs d'ondes d'une lumière. Ainsi, un pinceau de lumière blanche (qui est constitué d'un mélange de toutes les couleurs de l'arc-en-ciel) va se trouver "étalé", chaque couleur à sa place dans l'ordre de sa longueur d'onde.

Un corps chaud, tel qu'une étoile ou une planète (ou une lampe à incandescence, ou même notre propre corps !), va émettre un rayonnement électromagnétique dont la répartition intensité / longueur d'onde dépendra de sa température.

Ainsi, une étoile chaude (comme Véga, à 10 000 °K¹) aura une couleur bleutée tandis qu'une étoile plus froide (comme Antarès, à 3 500 °K) aura une couleur rougeâtre.

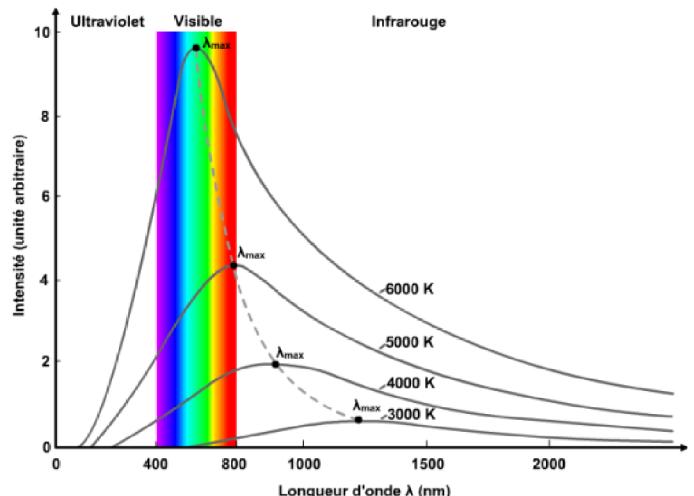
On voit déjà que la lumière des étoiles simplement observée à l'œil nu peut commencer à nous renseigner sur leur composition chimique et sur l'état physique de la matière.



Mais l'analyse ne s'arrête pas là !

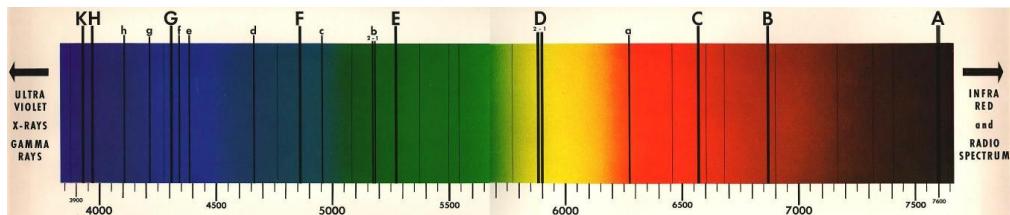
En effet, le spectre de notre plus proche étoile, le Soleil, n'est pas un simple arc-en-ciel : il est strié d'une multitude de raies sombres ! Les principales, référencées par Fraunhofer en 1814, sont reportées sur l'illustration ci-dessous.

Leur présence s'explique par l'absorption de certaines longueurs d'ondes du rayonnement solaire par des éléments chimiques présents dans les couches superficielles du Soleil.



¹°K = degrés Kelvin : unité de mesure de température (0°K = -273.15°C)

Nommées arbitrairement A, B, C, ... par Fraunhofer, chaque raie correspond en fait à un élément chimique présent à la surface du Soleil, dans un état ionisé (c'est à dire ayant perdu un ou plusieurs électrons).



Les raies de Fraunhofer C, F, G' et h correspondent aux raies H α , H β , H γ , H δ de l'Hydrogène (le principal composant du Soleil).

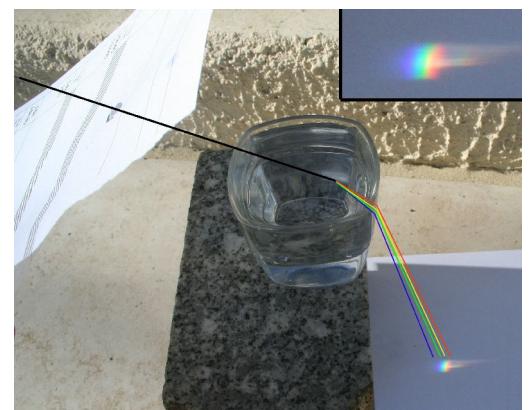
Les raies D₁ et D₂ correspondent au doublet du Sodium (aussi observable dans les lampes au sodium éclairant nos rues).

Les raies de Fraunhofer sont les plus visibles sur le spectre solaire, mais il existe en réalité plusieurs milliers de raies moins intenses tout le long du spectre.

En étudiant le spectre et les raies spectrales du Soleil ou des étoiles (en mesurant l'emplacement précis, la largeur, la déformation des raies spectrales) les astronomes peuvent déduire de nombreuses caractéristiques physiques de l'étoile, comme sa vitesse par rapport à nous, sa vitesse de rotation sur elle-même, sa température, son champ magnétique ...

Le spectre des lampes d'éclairage public ou des tubes à économie d'énergie est différent puisqu'on observe généralement des raies colorées brillantes sur fond noir. Dans une telle lampe, un gaz (de sodium, de mercure, de néon) est excité par un champ électrique et émet de la lumière, dans des longueurs d'ondes bien précises. Il arrive aussi que des bandes lumineuses plus larges soient visibles : il s'agit d'un phénomène de fluorescence de terres rares déposées sur la paroi du tube (éléments chimiques tels que l'yttrium (Y), le cérium (Ce), le terbium (Tb), l'euroeuropium (Eu), le gadolinium (Gd) ...)

Enfin, signalons qu'une autre manière simple d'observer un spectre solaire en classe est d'utiliser un récipient rempli d'eau. La lumière provenant du Soleil sera réfractée, mais l'angle de réfraction variera en fonction de la longueur d'onde de la lumière (c'est à dire de la couleur), donc on observera un "arc-en-ciel".

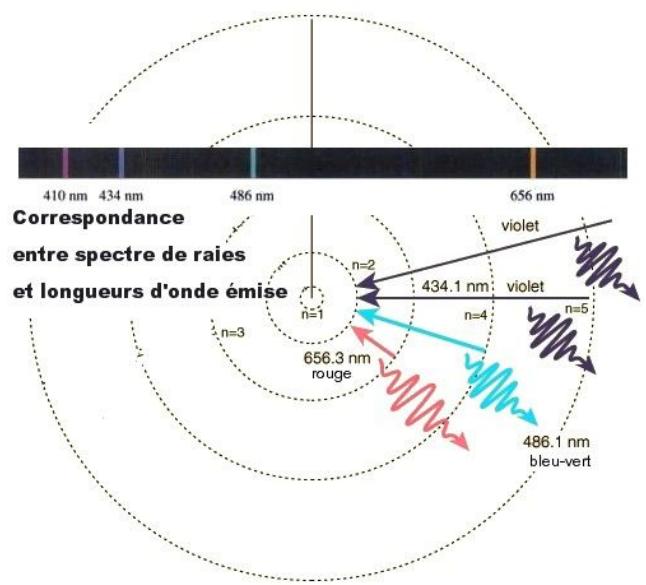


Pour aller plus loin ...

L'émission et l'absorption de lumière sont la manifestation d'un échange d'énergie entre l'atome et le milieu extérieur. Les diverses couleurs de la lumière (auxquelles sont associées des longueurs d'ondes) correspondent à des énergies lumineuses différentes. Les raies spectrales discontinues des spectres que nous venons d'observer prouvent que matière et lumière ne peuvent pas échanger toutes les valeurs d'énergie possibles mais certaines seulement. Ces échanges d'énergie se font par quantas discontinus.

Ce constat a conduit les physiciens, au début du XX^{ème} siècle, à construire une nouvelle théorie décrivant correctement les échanges d'énergie entre matière et lumière : la mécanique quantique.

Ce petit spectroscope nous ouvre donc les portes de l'infiniment petit et nous dévoile un peu du secret des atomes.



Émission d'un atome d'Hydrogène - Source : ENS Cachan