



INTRODUCTION A LA SPECTROSCOPIE

Table des matières

1) GENERALITES SUR LA LUMIERE	2
1-1 Qu'est-ce que la lumière ?	2
1-2 Les paramètres fondamentaux d'une onde électromagnétique	2
1-3 Le spectre lumineux	2
1-4 La décomposition de la lumière visible par un prisme	2
1-4-1 Réflexion et réfraction	
1-4-2 Indice de réfraction	
1-4-3 Lumières monochromatiques et polychromatiques	
1-5 L'explication de la décomposition de la lumière par un prisme	4
2) SPECTRES D'EMISSION ET SPECTRES D'ABSORPTION.....	5
2-1) Les spectres d'émission	5
2-1-1 Spectres continus émis par les corps chauds solides, liquides ou gazeux à haute pression	
2-1-2 Spectres à raies d'émission produits par les gaz chauds à basse pression	
2-2) Les spectres d'absorption	6
2-2-1 Spectres de bandes d'absorption des filtres ou des solutions colorées	
2-2-2 Spectres de raies d'absorption des gaz à basse pression et à basse température	
3) SPECTROSCOPIE ET ASTRONOMIE	7
3-1) De l'utilité des spectres en astronomie.....	7
3-1-1 Un spectre est un indicateur de température	
3-1-2 Un spectre est un indicateur de composition chimique	
3-1-3 Un spectre est un indicateur de vitesse	
3-2) Les matériels professionnels.....	7
3-3) Les matériels utilisés par les astronomes amateurs	7
3-3-1 SOL'EX	
4) S'INITIER A LA SPECTROSCOPIE.....	8
4-1) L'utilisation d'un prisme comme élément réfracteur	8
4-2) La diffraction - les réseaux	8
5) ANNEXES	
Plans de fabrication d'un spectroscopie artisanal	

1) GENERALITES SUR LA LUMIERE

1-1) Qu'est-ce que la lumière ?

La lumière se comporte à la fois comme une onde et comme un transport d'énergie sans transport de matière. Cette propriété fondamentale de la lumière s'appelle la " dualité onde / corpuscule ". Selon l'aspect que l'on désire étudier, il faut donc recourir :

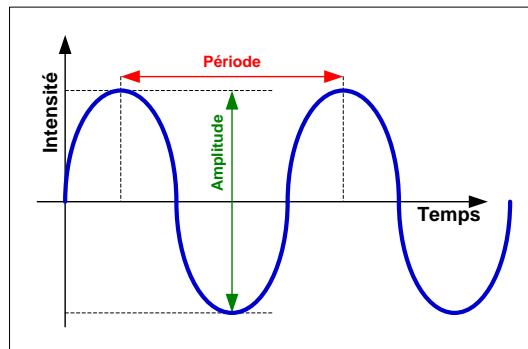
- soit à la théorie électromagnétique qui décrit le comportement de la lumière en tant qu'onde électromagnétique,
- soit à la théorie quantique qui explique le comportement des quanta d'énergies, ces particules sans masse appelés photons.

On ne s'intéressera ici qu'aux propriétés de l'onde. La lumière sera donc considérée comme une onde électromagnétique.

1-2) Les paramètres fondamentaux d'une onde électromagnétique

Toute onde électromagnétique est caractérisée par :

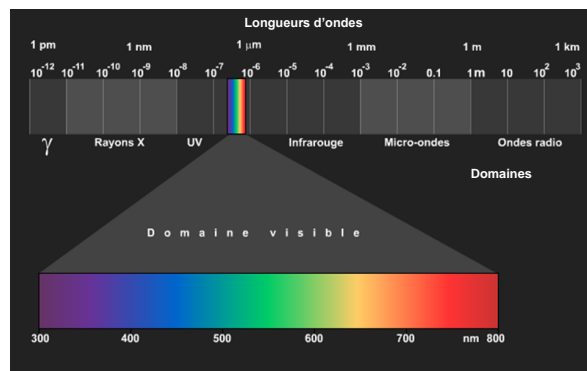
- son **amplitude**, qui est l'expression de l'intensité lumineuse de l'onde
- sa **période**, qui caractérise l'écart temporel qui sépare deux crêtes successives de l'onde



- sa **longueur d'onde λ** , qui est l'écart spatial existant entre deux crêtes successives de l'onde (la distance qui les sépare). Pour les calculs, on l'exprime en mètres mais, dans la pratique, on utilise plutôt le nanomètre ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)
- sa **fréquence F** , déterminée par la formule : $F = 1 / \lambda$. La fréquence s'exprime en Hertz (Hz) lorsque la longueur d'onde est exprimée en mètres
- sa **vitesse de propagation C** dans le vide : 299 792, 45 km/s arrondis à 300 000 km/s

1-3) Le spectre lumineux

La lumière visible ne représente qu'une infime partie du spectre électromagnétique qui s'étend des ondes gamma aux ondes radio et dont voici une représentation graphique :

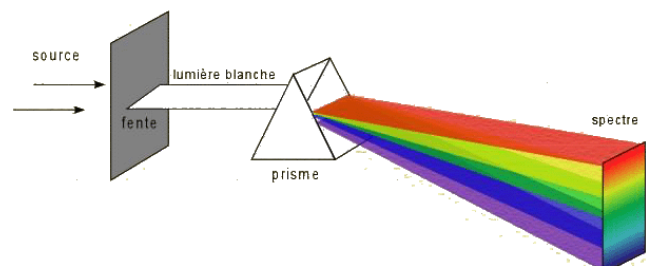


La lumière visible est globalement comprise entre 380 nm (le violet) et 780 nm (le rouge). Les longueurs d'onde inférieures à 380 nm (l'ultraviolet) ou supérieures à 780 nm (l'infrarouge) ne sont pas perceptibles par l'œil humain.

Les rayons les plus énergétiques (les rayons gamma) ont les longueurs d'onde les plus courtes (10^{-12} mètres), tandis que les moins énergétiques (les ondes radio) ont les longueurs d'onde les plus longues (10^3 mètres).

1-4) La décomposition de la lumière visible par un prisme

Le soleil et certaines lampes de type "lumière du jour" produisent une lumière blanche qui est un mélange de toutes les longueurs d'onde du visible, du violet au rouge. Lorsqu'un rayon de lumière blanche passe à travers un prisme, il se décompose en ses différentes composantes chromatiques et, si l'on projette le résultat sur un écran, on voit apparaître un "spectre".



Dans le vide, la lumière se déplace en ligne droite à près de 300 000 km/s, mais ce n'est pas le cas dans d'autres milieux comme l'eau ou le verre. En effet, à l'échelle quantique, les photons d'un rayon de lumière, lorsqu'ils entrent en collision avec les atomes du milieu considéré, sont absorbés par les électrons de ces atomes. Ceux-ci changent d'état et

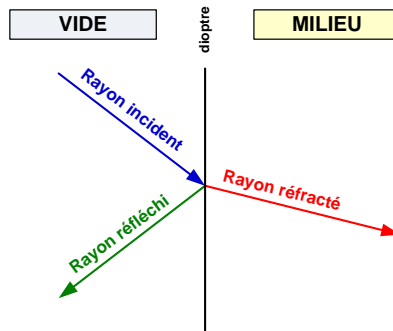
passent à l'état "excité", mais cet état dure pas longtemps, quelques milliardièmes de seconde tout au plus, car tout atome excité a naturellement tendance à se désexciter rapidement. Au bout de ce laps de temps très court, les électrons ayant absorbé des photons les restituent et ces derniers peuvent se propager à nouveau dans le milieu. Ce sont donc les chocs entre les photons et les électrons ainsi que le temps nécessaire aux atomes excités pour revenir à leur état initial qui font que **la lumière se déplace plus lentement dans un milieu donné que dans le vide**.

1-4-1) Réflexion et réfraction

Lorsque la lumière monochromatique pénètre dans un milieu homogène, isotrope et électriquement neutre, elle subit une **dispersion** :

- une partie de la lumière incidente est réfléchi par la paroi du milieu (le dioptre) et repart vers l'extérieur. On dit qu'elle est réfléchi ;
- une autre partie traverse le milieu sans être absorbée mais elle est toutefois déviée. On dit qu'elle est réfractée.

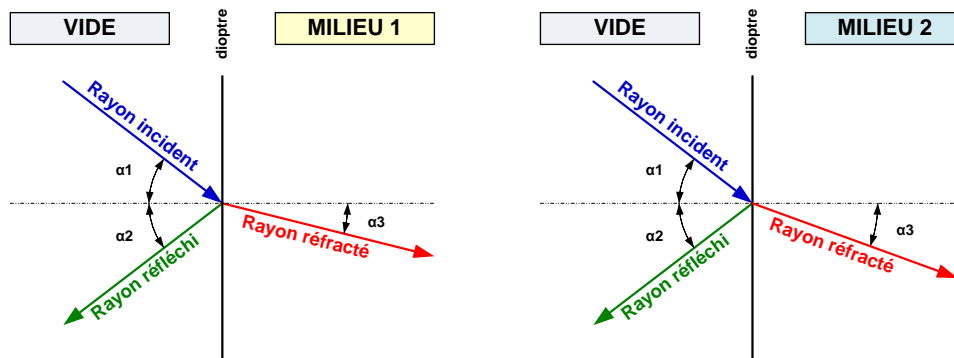
La **réflexion** et de **réfraction** font donc qu'au changement de milieu un rayon incident se divise en un rayon réfléchi et en un rayon réfracté :



1-4-2) Indice de réfraction

Tout milieu est caractérisé par son indice de réfraction qui dépend de la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu considéré. Cet indice est donc directement lié aux propriétés de la matière. Celui du vide, qui a servi d'étalon, se voit attribuer la valeur "1". L'indice d'un milieu différent du vide est donc toujours supérieur à 1. A noter, toutefois, que l'indice de réfraction de l'air ne l'est que très légèrement. On considère donc que l'air et le vide sont des milieux aux propriétés optiques presque équivalentes.

L'indice de réfraction détermine l'angle de réfraction d'un rayon lumineux dans un milieu considéré.

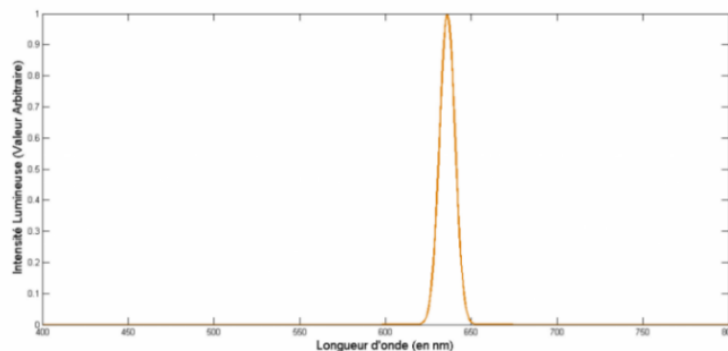


Comme le montrent les schémas ci-dessus, l'angle α_1 que forme le rayon incident avec la normale au dioptre est toujours strictement égal à celui que forme le rayon réfléchi α_2 avec cette même normale => **l'angle de réflexion ne dépend pas du milieu mais uniquement de l'angle d'incidence. L'angle d'incidence est, en outre, toujours supérieur à l'angle de réfraction.**

L'angle de réfraction, lui, varie en fonction du milieu : dans notre exemple, l'angle α_3 est plus petit dans le milieu 1 que dans le milieu 2, alors que l'angle d'incidence est identique dans les deux cas.

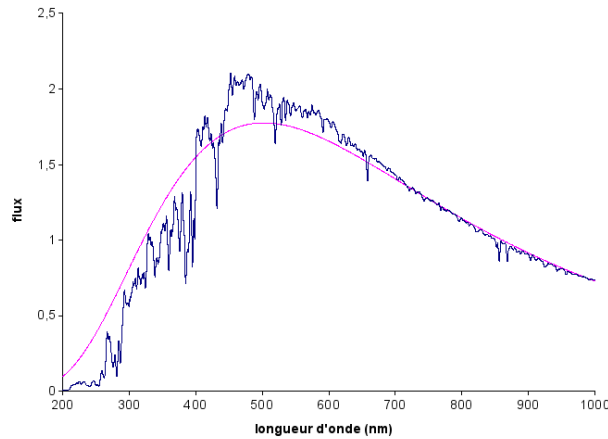
1-4-3) Lumières monochromatiques et polychromatiques

La lumière monochromatique est composée d'une seule longueur d'onde alors que la lumière polychromatique est un mélange de plusieurs longueurs d'onde différentes. La couleur de la lumière polychromatique dépend donc de l'intensité et de la couleur de chacune des lumières monochromatiques qui la composent. En fait, il n'existe aucune source lumineuse qui soit strictement monochromatique. Même la lumière laser, qui s'en approche beaucoup n'est pas une lumière monochromatique mais plutôt une lumière pseudo-monochromatique.



Le spectre d'émission d'un laser He-Ne montre que sa couleur tire vers le rouge et que l'intensité lumineuse maximale se situe autour de 630 nm. Une source lumineuse pseudo-monochromatique est donc toujours concentrée autour d'une très fine bande de fréquences.

Toutes les autres lumières visibles sont donc des mélanges d'une infinité de longueurs d'onde. Il existe donc une infinité de couleurs entre le violet et le rouge, tout comme il existe une infinité de couleurs entre le rouge orangé et le rouge sombre.



Le spectre d'émission du Soleil est très différent de celui d'un laser. Il montre que l'astre "émet" dans une très large gamme de longueurs d'onde entre 200 et plus de 1000 nanomètres. La lumière solaire est donc incontestablement une lumière polychromatique et sa couleur blanche est, en quelque sorte, la "somme" de toutes les longueurs d'onde de son spectre visible.

1-5) L'explication de la décomposition de la lumière par un prisme

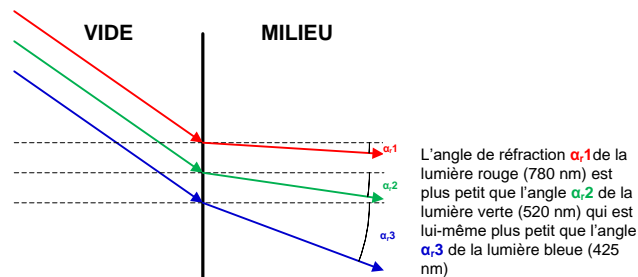
Nous savons donc maintenant :

- que la lumière n'est pas composée d'une seule longueur d'onde mais d'une "somme continue" de longueurs d'onde
- que chaque milieu possède un indice de réfraction qui peut atteindre des valeurs très élevées (milieux opaques)
- que l'indice de réfraction est directement lié à la vitesse de la propagation de la lumière dans le milieu considéré ;

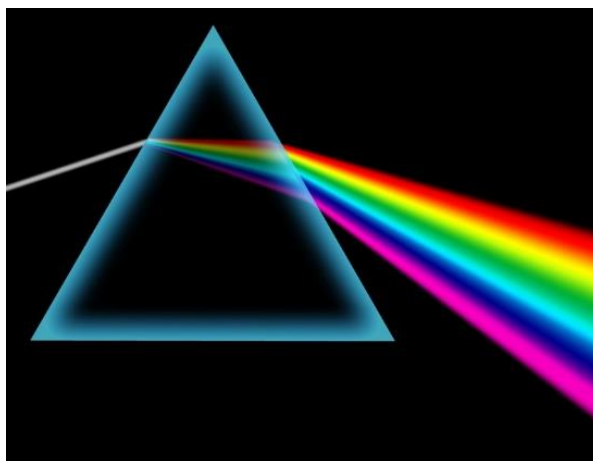
La lumière se déplaçant à 299 997 km/s dans le vide, on peut calculer sa vitesse de propagation dans le verre (indice de réfraction : 1,36) en divisant la vitesse dans le vide par l'indice de réfraction du verre. On obtient : 220 586 km/s.

- que l'indice de réfraction d'un milieu détermine l'angle de réfraction de ce milieu.

Il y a toutefois quelque chose dont nous n'avons pas encore parlé : **l'indice de réfraction d'un milieu varie selon la longueur d'onde de la lumière qui le traverse**. Cette propriété trouve son origine dans le domaine quantique mais il suffit de retenir que, **dans certaines longueurs d'onde, la lumière est plus lente que dans d'autres**, et donc que **l'indice de réfraction d'un milieu est propre à chacune des longueurs d'onde qui le traverse**.



Et comme l'angle de réfraction dépend de l'indice de réfraction qui dépend lui-même de la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu, un rayon de lumière bleue n'est pas dévié de la même façon qu'un rayon de lumière verte ou rouge. L'expérience de la décomposition de la lumière blanche par un prisme devient dès lors compréhensible et très facile à interpréter : chaque longueur d'onde est réfractée selon un angle différent. La lumière blanche, qui est un mélange des couleurs du spectre visible, s'étale donc dans l'espace en prenant l'apparence d'un arc en ciel.

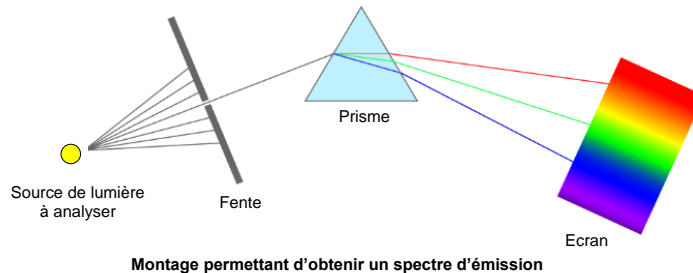


Comme la lumière intervient dans pratiquement tous les phénomènes se produisant dans l'univers, les applications pratiques et potentielles de la décomposition de la lumière sont très nombreuses. C'est ce que nous allons détailler maintenant...

2) SPECTRES D'EMISSION ET SPECTRES D'ABSORPTION

2-1) Les spectres d'émission

Le montage ci-dessous permet d'obtenir ce que l'on appelle un **spectre d'émission** :



Montage permettant d'obtenir un spectre d'émission

2-1-1) Spectres continus émis par les corps chauds solides, liquides ou gazeux à haute pression

Si la source à analyser émet une lumière blanche, le spectre obtenu se présente globalement ainsi :



Ce spectre est complet car toutes les couleurs de l'arc-en-ciel y figurent. La lumière blanche est toutefois un cas à part car c'est un mélange homogène de toutes les nuances de couleurs du visible, à savoir le rouge, l'orange, le jaune, le vert, le bleu, l'indigo et le violet. Lorsque la lumière à analyser n'est pas une lumière blanche, le spectre est incomplet car il ne contient qu'une partie de ces nuances...

Le spectre obtenu avec le montage présenté en 2-1, complet ou non, ne présente aucune discontinuité. On dit alors que c'est un spectre continu.

Un solide, un liquide ou un gaz soumis à haute pression émettent une lumière dont le spectre est continu. Un morceau de charbon, des braises, le filament d'une lampe à incandescence, la lave, une barre de fer émettent tous, lorsqu'ils sont chauffés, des spectres continus. Il en est de même pour le Soleil et les étoiles. Ceci prouve que **la couleur de la lumière émise par un corps chaud ne dépend pas de la composition de ce corps mais de sa température de surface.** Plus celle-ci est élevée, plus le spectre devient lumineux et s'enrichit dans le bleu et le violet.

Prenons l'exemple du filament d'une lampe à incandescence et voyons ce qui se passe lorsque sa température augmente :

- à basse température, la lumière émise par le filament est rouge et son spectre ne contient aucune longueur d'onde qui soit inférieure à 600 nm :



- à température moyenne, la lumière émise par le filament est jaune. De l'orange, du jaune et même un peu de vert apparaissent dans le spectre :

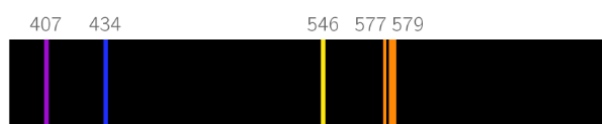


- à haute température, le filament devient blanc et le spectre complet contient alors toutes les longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm :

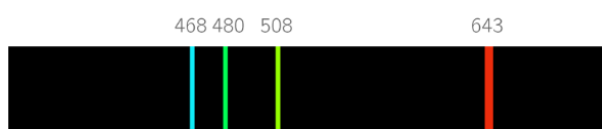


2-1-2) Spectres à raies d'émission produits par les gaz chauds à basse pression

Lorsque la lumière à analyser provient d'un gaz chaud à basse pression, le spectre obtenu est très différent. En effet, un tel gaz n'émet pas un spectre continu mais un **spectre à raies d'émission** sur fond noir. Chaque raie du spectre correspond à une radiation monochromatique spécifique de longueur d'onde bien définie. La détermination précise de toutes ces longueurs d'onde permet donc d'identifier avec certitude le gaz qui les a produites, et même l'état stable ou ionisé dans lequel il se trouve. Un spectre à raies d'émission constitue donc la signature spectrale de l'élément chimique qui l'a produit comme le montrent les exemples ci-dessous :



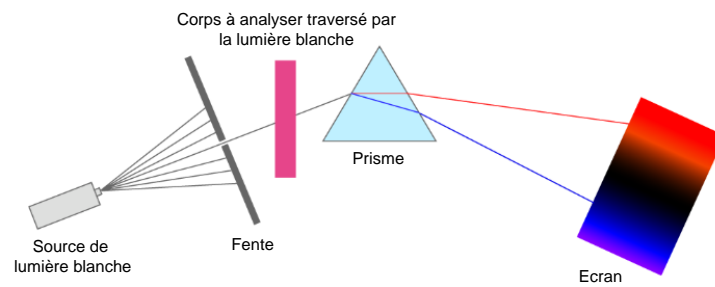
Spectre à raies d'émission de la vapeur de mercure chaude à basse pression



Spectre à raies d'émission de la vapeur de cadmium chaude à basse pression

2-2) Les spectres d'absorption

Le montage qui permet d'obtenir un spectre d'absorption est le suivant :



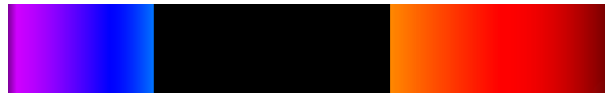
Montage permettant d'obtenir un spectre d'absorption

2-2-1) Spectres de bandes d'absorption des filtres ou des solutions colorées

La lumière blanche produite par la source émet un spectre continu s'étendant dans tout le domaine du visible. Toutefois, un filtre ou un liquide coloré placé sur le parcours de la lumière en absorbe une partie et le spectre résultant laisse apparaître des bandes noires sur le fond coloré de la lumière blanche. Ce type de spectre est un **spectre de bandes d'absorption**. Chaque bande noire correspond aux longueurs d'onde de la lumière blanche qui ont été absorbées par le filtre ou par la solution à analyser.

Un spectre de bandes d'absorption est caractéristique de la substance colorée que contient le produit à analyser. La couleur du filtre ou de la solution est un mélange des couleurs non absorbées.

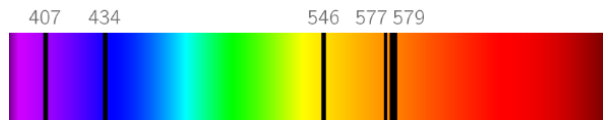
Le spectre d'une solution de permanganate de potassium de couleur magenta, par exemple, ne contient que les longueurs d'onde correspondant au rouge, au bleu et au violet. Les composantes verte et jaune de la lumière blanche émise par la source ont été absorbées par le liquide :



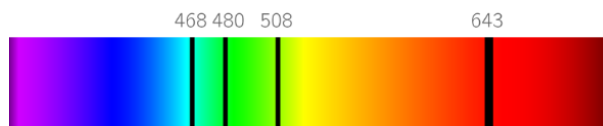
2-2-2) Spectres de raies d'absorption des gaz à basse pression et à basse température

Lorsque le corps à analyser est un gaz à basse pression et à basse température, le spectre résultant présente un ensemble de raies noires qui se détachent sur le fond coloré de la lumière blanche. Ce type de spectre est un **spectre de raies d'absorption**.

Un gaz froid à basse pression absorbe exactement les mêmes longueurs d'onde que celles qu'il émet lorsqu'il est chauffé. Les spectres ci-dessous, à comparer avec ceux du paragraphe 2-1-2, l'attestent :



Spectre à raies d'émission de la vapeur de mercure froide à basse pression



Spectre à raies d'émission de la vapeur de cadmium froide à basse pression

3) SPECTROSCOPIE ET ASTRONOMIE

3-1) De l'utilité des spectres en astronomie

La spectroscopie est née officiellement en 1666 lorsque Newton fit, pour la première fois, passer un rayon de lumière à travers un prisme. Ce n'est toutefois qu'en 1814 que Joseph von Fraunhofer découvrit des raies d'absorption dans le spectre du Soleil et comprit qu'elles étaient causées par la présence de sodium, de calcium et d'autres éléments dans l'atmosphère solaire. Depuis cette époque, la spectroscopie n'a cessé de se développer et son emploi s'est généralisé. L'analyse spectrale est désormais une science et l'astronomie en a tiré d'énormes profits. Voici pourquoi :

3-1-1) Un spectre est un indicateur de température

La couleur de la lumière émise par une étoile révèle sa température de surface. En effet, les étoiles "froides" ont une couleur rougeâtre, alors que les étoiles "chaudes" paraissent bleutées. C'est dû au fait qu'un milieu incandescent émet de la lumière à des longueurs d'onde d'autant plus courtes que sa température est élevée. On peut donc déduire la température d'une étoile en observant son spectre.

3-1-2) Un spectre est un indicateur de composition chimique

Les longueurs d'onde des raies spectrales sont caractéristiques des éléments chimiques qui les ont produites par absorption ou émission. Les bases de données spectroscopiques issues de l'analyse de spectres produits en laboratoire permettent d'identifier ces éléments. C'est ainsi, par exemple, qu'en 1862 Ångström identifia l'hydrogène présent dans l'atmosphère solaire grâce aux raies d'absorption observées par Fraunhofer en 1814. On peut donc déterminer la composition chimique de l'atmosphère d'une étoile rien qu'en analysant les raies caractéristiques de son spectre.

3-1-3) Un spectre est un indicateur de vitesse

Le décalage Doppler des raies spectrales d'un objet permet de déterminer sa vitesse radiale. Un décalage vers le rouge (redshift) indique que l'objet visé s'éloigne de nous, alors qu'un décalage vers le bleu (blueshift) signifie au contraire que l'objet se rapproche. L'analyse des spectres des corps célestes est donc un excellent moyen d'estimer leurs trajectoires dans l'espace.

3-2) Les matériels professionnels

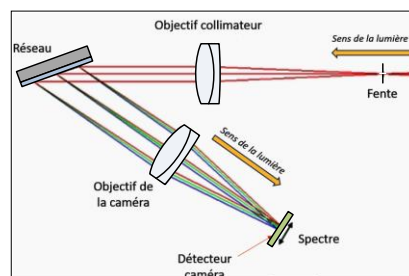
Les astronomes de métier utilisent des spectroscopes d'une grande qualité et d'une grande complexité technique, mais ce conditionne réellement l'efficacité de ces matériels, c'est la richesse des bases de données spectrales auxquelles ils sont connectés. C'est donc la puissance informatique plus que la qualité technique qui permet aux astronomes de réaliser des études très fines et d'exploiter au maximum toutes les données que renferment les spectres des objets qu'ils observent.

Un **spectroscope** n'est, à la base, qu'un appareil destiné à réfracter les rayons lumineux afin d'en observer le spectre. Il n'est donc plus utilisé en tant que tel dans le domaine professionnel. On lui adjoint généralement un enregistreur, souvent numérique, et l'association des deux forme alors un **spectrographe**. Si ce spectrographe, de surcroît, est doté d'un instrument de mesure précis, on obtient un **spectromètre**. De nos jours, tous les grands observatoires sont équipés de spectromètres. La taille de ces appareils n'ayant cessé de diminuer, on peut même en installer dans des satellites, des sondes spatiales ou des robots explorateurs sans impacter outre mesure le devis de poids de ces engins.

3-3) Les matériels utilisés par les astronomes amateurs

La spectroscopie fut longtemps considérée comme une activité de laboratoire réservée aux spécialistes. Ce n'est plus le cas et les astronomes amateurs trouvent désormais sur le marché des spectroscopes pleinement exploitables à monter sur leurs télescopes. La cible privilégiée reste le Soleil, mais on peut aussi capter avec ces instruments les spectres d'étoiles lointaines.

La plupart de ces spectromètres fonctionnent sur le même principe : la lumière issue de l'objet observé passe d'abord par une fente très fine. Elle est ensuite acheminée vers un doublet optique dont le rôle consiste à redresser les rayons lumineux. Ceux-ci illuminent alors la surface striée d'un réseau diffracteur à réflexion qui a pour but de décomposer la lumière en ses différentes composantes. Les spectres ainsi créés sont ensuite dirigés vers l'optique de la caméra où ils sont redressés et focalisés sur le plan du capteur pour qu'on puisse les photographier.

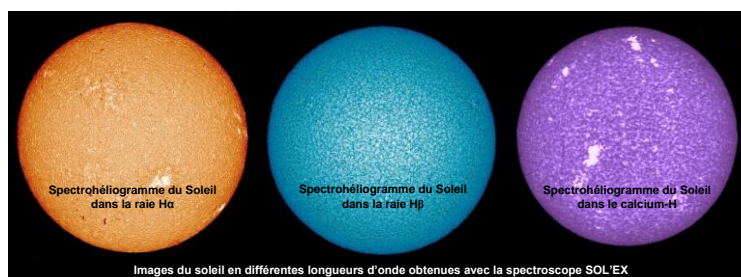


3-3-1) SOL'EX

Le plus connu et sans doute le moins cher des spectrographes du commerce est le SOL'EX, inventé et mis au point par Christian BUIL. Destiné avant tout à l'observation du Soleil, ce matériel tire son originalité dans le fait que la plupart des pièces de structure qui le constituent peuvent être réalisées avec une simple imprimante 3D. A cet effet, les plans sont disponibles gratuitement sur le site de l'auteur. Il faudra tout de même acheter l'ensemble optique commercialisé par la société Shelyak, et investir, le cas échéant, dans une caméra dédiée à l'astronomie.

Le faible coût et la facilité de réalisation ne sont pas les seuls avantages de SOL'EX. Le spectroscopie est, en effet, muni d'une molette qui permet de faire pivoter le réseau autour de son axe vertical. On peut ainsi sélectionner la longueur d'onde dans laquelle on souhaite observer la cible.

L'utilisation du SOL'EX est simple, du moins dans son principe : il suffit de pointer l'appareil vers le Soleil, de sélectionner une longueur d'onde avec la molette et de lancer la caméra. Du fait de la rotation terrestre, le Soleil va "balayer" la surface du capteur qui enregistrera alors une série de "tranches verticales d'astre". Lorsque la prise de vues est terminée, ces tranches sont assemblées par un logiciel spécialisé pour restituer une vue complète du Soleil dans la longueur d'onde voulue. Le logiciel **I-Spec**, écrit par C. BUIL spécialement pour SOL'EX, est téléchargeable gratuitement sur le site de l'auteur.



Images du soleil en différentes longueurs d'onde obtenues avec la spectroscopie SOL'EX

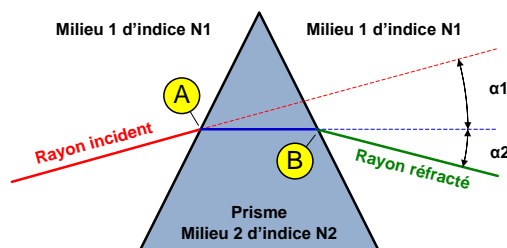
4) S'INITIER A LA SPECTROSCOPIE

4-1) L'utilisation d'un prisme comme élément réfracteur

Il est relativement facile de réaliser l'un des montages présentés en 2-1 et en 2-2, puis de visualiser les spectres d'émission ou d'absorption de différentes sources, objets et substances colorés. Les éléments réfracteurs de ces montages sont des prismes.

Un prisme est un bloc de verre taillé comportant, le plus souvent, trois faces et une base triangulaire. C'est un instrument d'optique couramment utilisé pour réfracter, réfléchir ou disperser la lumière. Un rayon de lumière incident y subit une double réfraction :

- la première se produit au point A, lorsque le rayon lumineux passe du milieu 1 au milieu 2. Le rayon subit alors une déviation matérialisée sur le schéma ci-contre par l'angle α_1
- la seconde se produit au point B, lorsque le rayon lumineux passe de milieu 2 au milieu 1. Le rayon subit alors une seconde déviation selon un angle α_2



Au final, l'angle de réfraction total que subit le rayon incident lors de son passage à travers le prisme après deux changements de milieux est un angle α tel que $\alpha = \alpha_1 + \alpha_2$

Les prismes sont fréquemment utilisés en spectroscopie et dans les applications nécessitant des déviations ou des séparations de faisceaux. Ce sont toutefois des composants assez lourds et surtout très fragiles et c'est la raison pour laquelle les montages à base de prismes sont plus adaptés aux expériences en laboratoire qu'à une utilisation pratique et soutenue sur le terrain.

4-2) La diffraction - les réseaux

Jusqu'ici, il n'a été question que de **réfraction**. La réfraction est la déviation que subit une onde électromagnétique lorsqu'elle franchit la surface de séparation (le dioptre) de deux milieux dans lesquels les vitesses de propagation sont différentes. Les prismes fonctionnent tous selon ce principe.

D'autres éléments optiques utilisés en spectroscopie reposent sur un principe différent : la **diffraction**. **La diffraction est le phénomène par lequel les rayons lumineux issus d'une source ponctuelle sont déviés de leur trajectoire rectiligne lorsqu'ils rasant les bords d'un obstacle opaque**. Comme la réfraction, la diffraction est la conséquence des propriétés ondulatoires de la lumière.

4-2-1) Les réseaux de diffraction

Un réseau de diffraction est un dispositif optique composé d'une série de fentes parallèles (réseau en transmission) ou de rayures réfléchissantes (réseau en réflexion). Ces fentes ou ces traits sont espacés de manière régulière, et la distance qui les sépare constitue ce que l'on appelle le "**pas**" du réseau. Si le pas est du même ordre de grandeur que la longueur de cohérence spatiale de la lumière incidente, le réseau permet d'obtenir des **spectres de diffraction**.

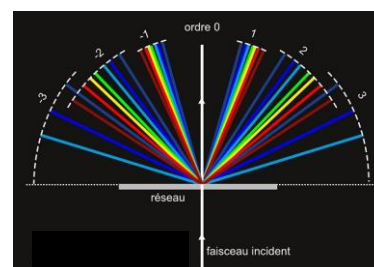
Lorsque la lumière arrive sur le réseau, celui-ci la décompose sous différents angles associés aux différentes longueurs d'onde (couleurs) que comporte le faisceau incident. **Un réseau de diffraction se comporte donc comme un prisme**.

Il existe deux types de réseaux de diffraction : les **réseaux en transmission** et les **réseaux en réflexion**.

4-2-1-1) Réseaux en transmission

Ce type de réseaux est constitué d'une mince plaque opaque dans laquelle ont été découpées de très fines fentes au pas de quelques micromètres seulement. La lumière incidente traverse le réseau en passant par les fentes et les bords de celles-ci se comportent comme autant de minuscules dispositifs diffracteurs. Le faisceau incident est donc dévié dans différentes directions appelés "ordres". De même que le prisme, le réseau en transmission disperse la lumière dans les ordres non nuls. Chacun de ces ordres produit alors un spectre plus ou moins étalé et plus ou moins intense. Il suffit de sélectionner le meilleur (en principe ceux des ordres 1 ou -1) pour obtenir une image spectroscopique de qualité.

Ce qu'il faut surtout retenir, c'est qu'un réseau de transmission doit être traversé par la lumière et que le spectre produit n'est observable que du côté non éclairé.

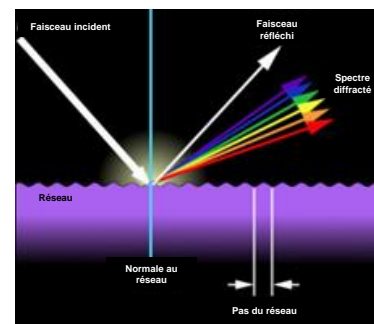


4-2-1-2) Réseaux en réflexion

Un réseau en réflexion est constitué par une surface réfléchissante finement et régulièrement striée. L'écart entre deux stries détermine le pas du réseau. Lorsque le pas est suffisamment petit, chaque strie se comporte comme un minuscule dispositif diffracteur qui décompose et dévie le faisceau incident. On obtient alors un spectre diffracté.

Le réseau à réflexion diffère du réseau en transmission en ce sens que la lumière incidente ne le traverse pas mais qu'elle est réfléchiée par la surface striée, et donc que spectre produit apparaîtra toujours du côté éclairé du réseau.

Les réseaux en réflexion sont utilisés dans des dispositifs scientifiques comme les spectromètres et les monochromateurs. Lorsque la lumière incidente est monochromatique (composée d'une seule longueur d'onde), le réseau réfléchit plusieurs taches. Lorsque la lumière incidente est polychromatique, chaque longueur d'onde produit sa propre tache et l'ensemble forme un spectre. La direction de réflexion de chaque tache dépend du pas du réseau et de la longueur d'onde de la lumière qui la produit. La déviation est d'autant plus grande que la longueur d'onde est grande ou que le pas est petit.

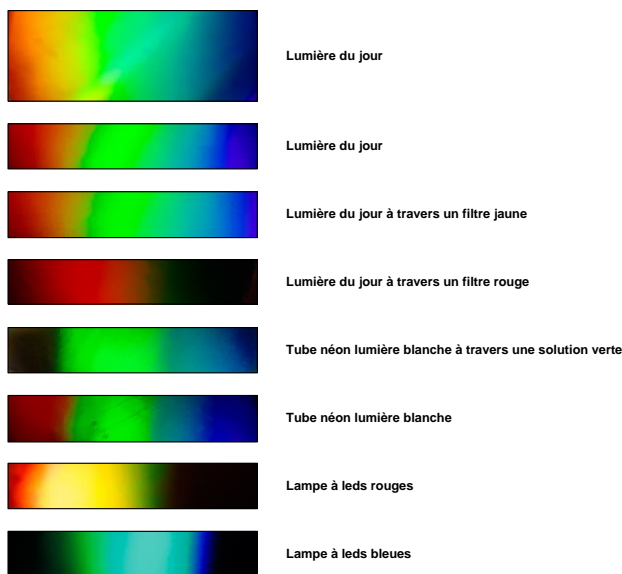


4-2-2) Un réseau pratique et simple d'emploi : le CD-ROM

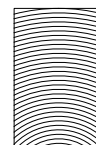
La face utile d'un Compact Disk (CD-ROM) est recouverte d'une multitude de minuscules stries dont le pas est particulièrement adapté aux différentes longueurs d'onde de la lumière visible. On peut donc, à l'œil nu, observer la diffraction de la lumière sur la surface d'un CD-ROM, mais on peut également en utiliser un morceau pour fabriquer un spectroscope rudimentaire.



Rudimentaire ne veut toutefois pas dire inexploitable. En effet, avec le spectroscope artisanal dont les plans figurent en annexe, il est possible de visualiser des spectres et même de les photographier. Voici des photographies de spectres prises à travers l'oculaire d'un spectroscope de ce type :

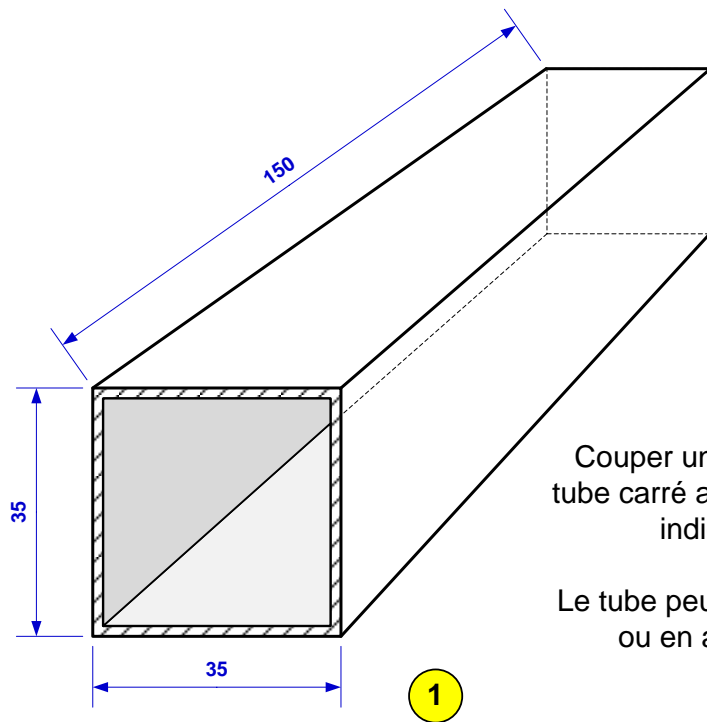


Le principal défaut d'un réseau taillé dans un morceau de CD-ROM réside dans le fait que les stries gravées à la surface du disque ne sont pas droites mais circulaires et concentriques (*ci-contre*). Si le pas du réseau reste constant, la courbure des stries augmente de la circonférence du disque vers le centre et les spectres obtenus présentent des déformations et des défauts de netteté. On remarque d'ailleurs, sur les photos ci-dessus, que les séparations entre les couleurs ne sont pas verticales et que certaines couleurs, l'orange en particulier, ne sont pas correctement représentées.



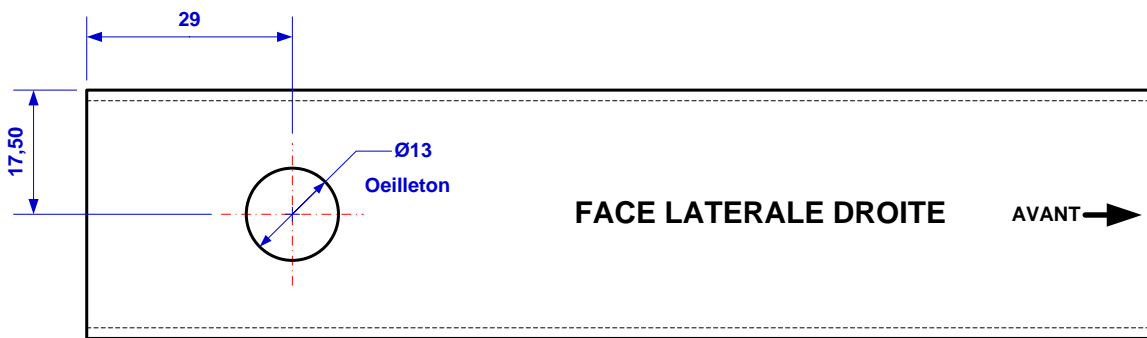
Il reste possible, toutefois, et pour un un prix modique, d'équiper un spectrographe artisanal d'un réseau linéaire de qualité. On en trouve, en effet, de différents pas dans le commerce ou sur internet. La société Pierron, par exemple, implantée à Sarreguemines et spécialisée dans la fourniture d'équipements pédagogiques, commercialise des réseaux de ce type montés dans des cadres de diapositives. Ils se substitueront à merveille à un morceau de CD-ROM...



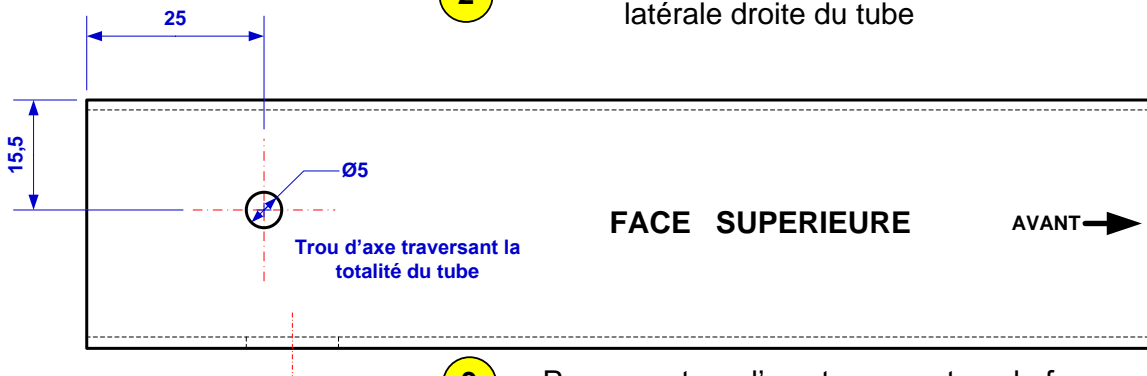


Couper un morceau de tube carré aux dimensions indiquées.

Le tube peut être en acier ou en aluminium



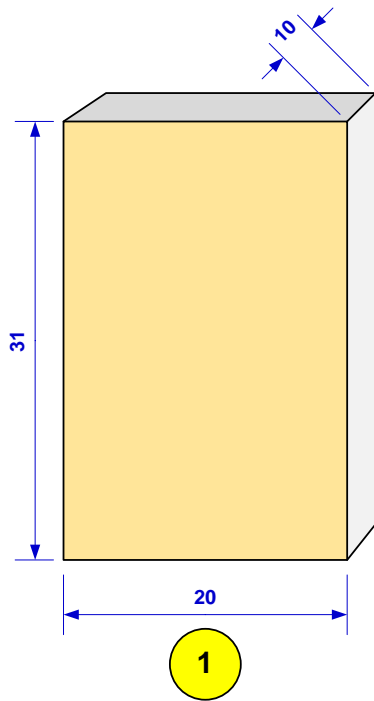
2 Percer le trou de l'œuilleton sur la face latérale droite du tube



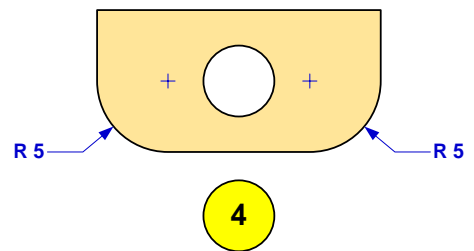
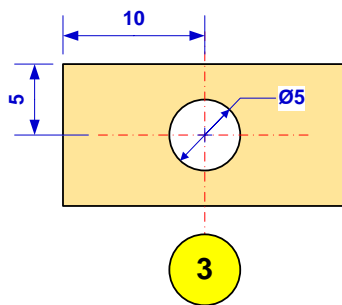
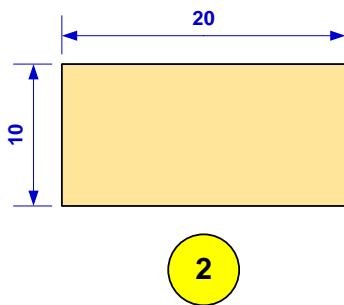
3 Percer un trou d'axe traversant sur la face supérieure du tube. Percer également la face inférieure du tube.

4 Une fois les perçages effectués, il est conseillé de peindre l'intérieur du tube en noir mat pour éviter les reflets parasites.

Spectroscopie à réseau	Spectroscopie			
	Perçages du tube			
Dessiné par : R. KIEFFER	FORMAT A4	N° CODE /	N° DESSIN 001	RÉV 00
Le 20 juin 2022	ÉCHELLE	1:1	FEUILLE	1/4

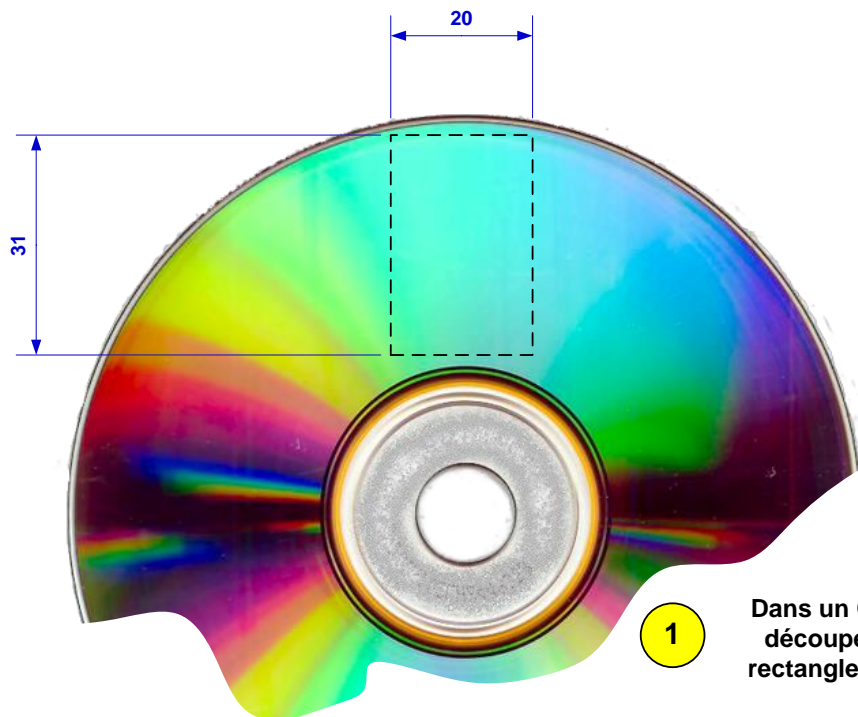


Choisir un morceau de bois dur (pas de contreplaqué ni de medium) de dimensions
HLP : 31 mm x 20 mm x 10 mm



Percer un trou traversant de diamètre 5 mm à l'emplacement indiqué.
Arrondir les angles de la partie arrière du support.

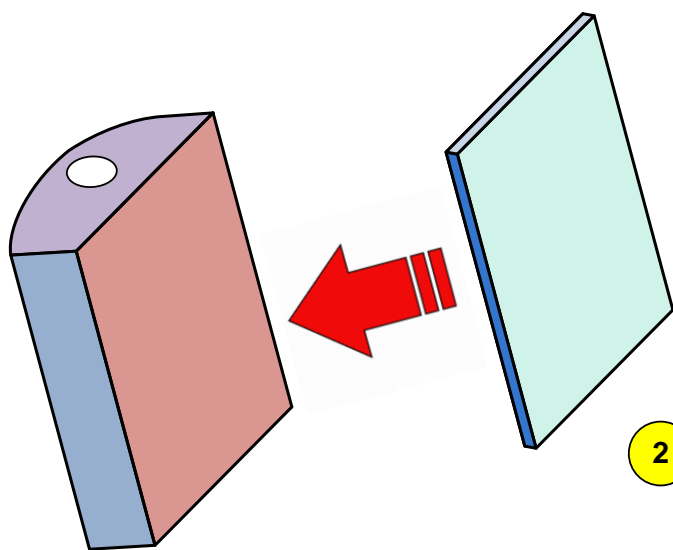
Spectroscope à réseau	Spectroscope			
	Réalisation du support de réseau			
Dessiné par : R. KIEFFER	FORMAT A4	N° CODE /	N° DESSIN 002	RÉV 00
Le 20 juin 2022	ÉCHELLE 2:1		FEUILLE 2/4	



1

Dans un CD Rom usagé,
découper au cutter un
rectangle de 31 x 20 mm.

Attention a ne pas
endommager la face active
qui où est gravé le réseau.



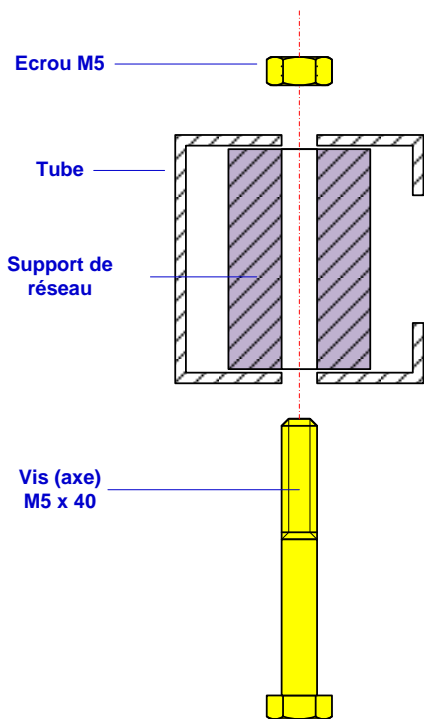
2

Coller ensuite la face imprimée
de la plaquette ainsi découpée
sur le support de réseau.

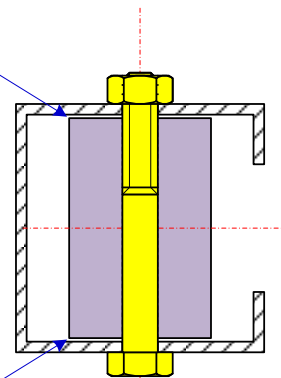
Colle recommandée : colle de
type Super Glu à prise rapide.

Attention a ne pas endommager
la face active qui où est gravé le
réseau.

Spectroscopie à réseau	Spectroscopie			
	Réalisation et montage du réseau de diffraction			
Dessiné par : R. KIEFFER	FORMAT A4	N° CODE /	N° DESSIN 003	RÉV 00
Le 20 juin 2022	ÉCHELLE	sans	FEUILLE	3/4



Jeu fonctionnel d'environ 1 mm

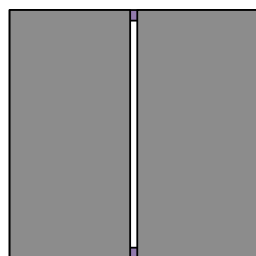


Jeu fonctionnel d'environ 1 mm

1

Ne pas hésiter, le cas échéant, à poncer légèrement le support de réseau pour obtenir les jeux préconisés.

Le support de réseau doit pivoter librement autour de son axe, sans toucher les parois du tube.



2

Coller sur l'ouverture avant du tube deux morceaux de ruban adhésif noir de manière à ménager une toute petite fente.

Largeur conseillée : 1 mm maximum

Spectroscope à réseau	Spectroscope			
	Montage du support de réseau dans le tube			
Dessiné par : R. KIEFFER	FORMAT A4	N° CODE /	N° DESSIN 003	RÉV 00
Le 20 juin 2022	ÉCHELLE	1:1	FEUILLE	4/4