

PHYSIQUE



Jeux de lumières

Décomposition de la lumière blanche - Prisme et réseau
Synthèse de lumières colorées - Disque de Newton - Disque de Maxwell
Voir les objets autrement - Lumières colorées
Triage de boules - Lumières colorées
Les écrans - Lumières colorées au quotidien
Etrange la lumière - Diffraction - Interférences
Les photons - Vitesse de la lumière

Messages de la lumière

Identifier des éléments chimiques - Lampes spectrales
Les couleurs de l'Univers - Classification des étoiles - Composition des étoiles - Les nébuleuses

A faire soi-même - Fabrication d'un spectroscopie - Gabarit

Electrostatique

Faire dévier un filet d'eau sans contact - Electrostatique
Le carillon électrostatique - Machine de Wimshurt
Les soucoupes volantes - Van de Graaff
Ca décoiffe - Dresser les cheveux sur la tête - Van de Graaff
Allumer une lampe sans contact - Atelier Tesla 1
Musique avec des éclairs - Atelier Tesla 2
A faire soi-même - Expériences d'électrostatique et décharges électrique

Les ondes sonores

A quelle vitesse se déplace le son - Vitesse du son
Faire léviter des petits objets par le son - Lévitacac acoustique
Voir le son - Plaques de Chladni
Voir les ondes sonores - Tube de Kundt

Poids d'un objet sur les différentes planètes - Force et gravitation
Pression de l'air - Hémisphères de Magdebourg
Eclate ou pas : Le ballon en brochette 1 2

Blanche ou colorée?

Un arc en ciel au laboratoire

Décomposition de la lumière blanche

Comprendre la décomposition de la lumière blanche par un prisme ou un réseau.

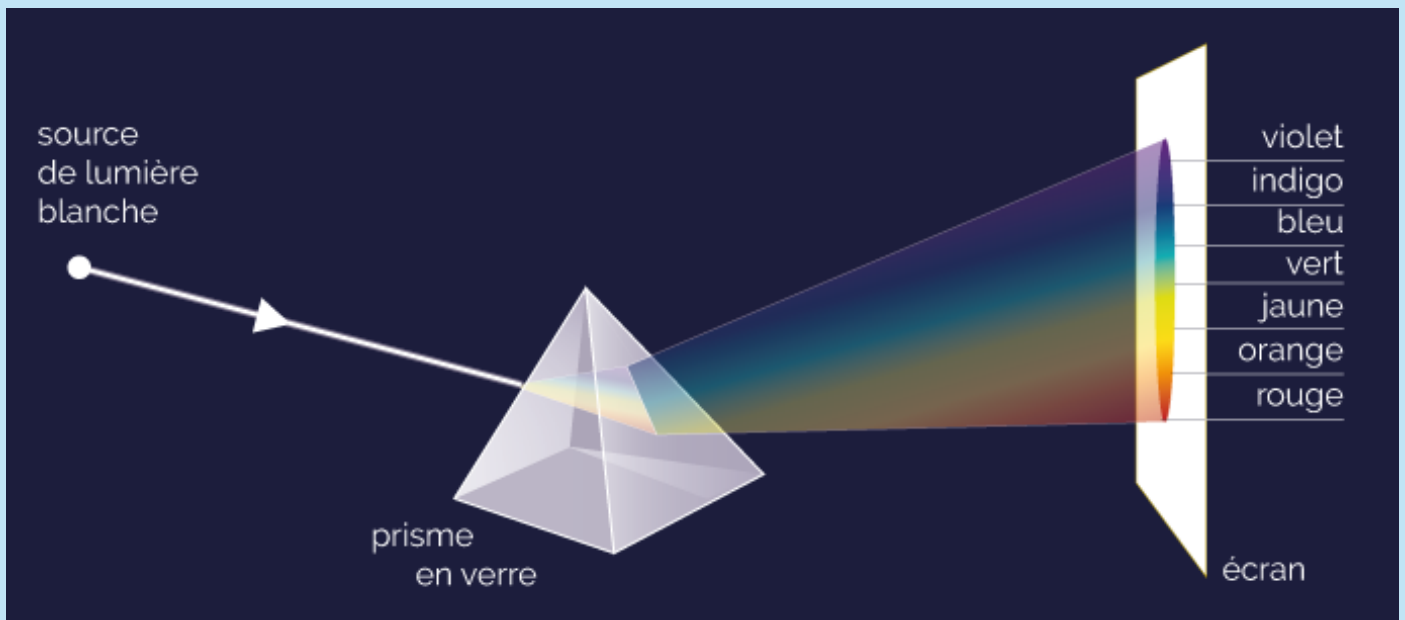
- La décomposition de la lumière blanche par un prisme est due à l'indice optique, lequel dépend de la longueur d'onde de la radiation. Le milieu est dit dispersif.
- La radiation violette est plus déviée que la radiation rouge par le prisme, alors que c'est l'inverse pour le réseau.

La dispersion de la lumière blanche

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche traverse un prisme ou un réseau, il est décomposé en une infinité de radiations, car la lumière blanche est une lumière polychromatique. Ce phénomène s'appelle la dispersion.

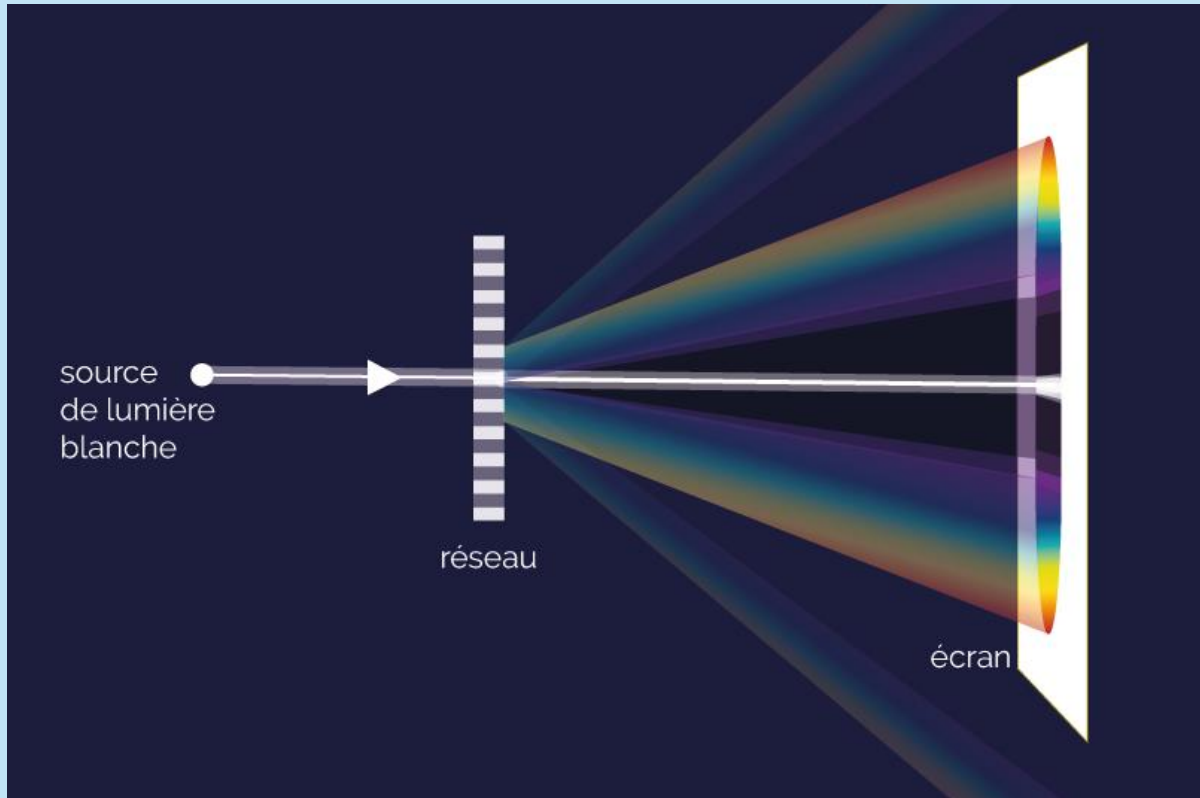
Dispersion par un prisme

- Un prisme est un solide géométrique en matière transparente qui a la propriété de dévier et de décomposer la lumière.
- Le prisme dévie davantage les radiations de courte longueur d'onde (violet, vers 400 nm) que les radiations de longue longueur d'onde (rouge, vers 800 nm).



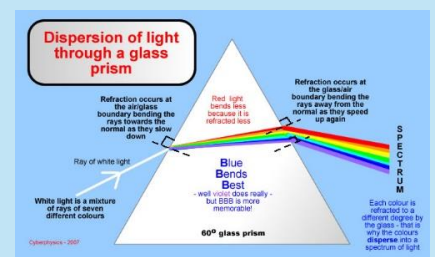
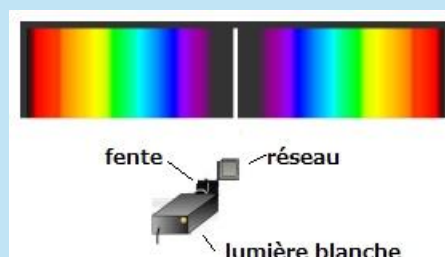
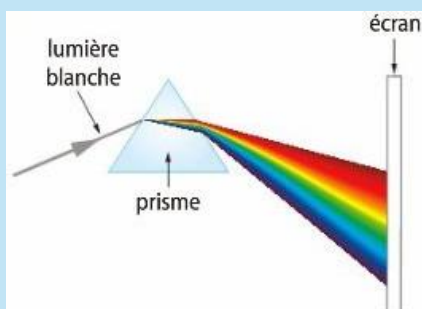
Dispersion par un réseau

- Un réseau est un objet optique composé d'une série de fentes parallèles. Ces fentes sont espacées de manière régulière. Un réseau a la propriété de disperser la lumière.
- Le réseau dévie davantage les radiations de longue longueur d'onde (rouge, vers 800 nm) que les radiations de courte longueur d'onde (violet, vers 400 nm).



A faire lors de la séance

La lumière "blanche" peut être décomposée, à l'aide d'un prisme ou d'un réseau, en une infinité de lumières (ou radiations) colorées que l'on voit apparaître sur une figure qu'on appelle spectre de la lumière blanche.



Pour le prisme, le phénomène de décomposition de la lumière est dû à celui de la réfraction de la lumière.

Pour le réseau, le phénomène de décomposition de la lumière est dû à celui de la diffraction de la lumière.

Le phénomène de décomposition de la lumière s'appelle la dispersion. La figure obtenue s'appelle le spectre lumineux de la lumière blanche.



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Colorée ou blanche? Synthèse de la lumière

Le disque de Newton est un disque sur lequel on trouve sept segments colorés selon les couleurs de l'arc-en-ciel et qui porte le nom de son inventeur : Isaac Newton. En le faisant tourner, le disque mélange la lumière réfléchiée par les différentes couleurs, reflétant une lumière blanchâtre.

Cela crée l'illusion que les couleurs ont tendance à devenir uniformes et blanches. C'est l'une des expériences qui a permis à Newton d'expliquer que la lumière apparemment blanche est en fait une combinaison des sept couleurs de l'arc-en-ciel.

Caractéristiques du disque de Newton

Lorsque vous fixez une source lumineuse, l'image transmise sur la rétine (la partie de l'œil sensible à la lumière) y reste pendant un certain temps, même après avoir détourné le regard de la source. On appelle cela : la persistance rétinienne. **Dans le cas du disque de Newton**, chaque couleur est captée par la rétine et le stimulus persiste même après que la couleur qui l'a produit a été remplacée par une autre.

Le résultat est la fusion de toutes les couleurs du disque sur la rétine. Le cerveau interprète les informations reçues comme étant celles produites par la somme des "couleurs" de toutes celles qui composent la lumière du soleil et, par conséquent, **le disque semble blanc**, même s'il ne l'est évidemment pas. Le cinéma (mais pas seulement) exploite le phénomène de la persistance de l'image rétinienne, en effet, la continuité apparente des images est due à cette propriété.

Disque de Newton : comment bien le dessiner?

Bien sûr, c'est vraiment très difficile de comprendre la théorie du disque de Newton uniquement avec des mots,... il faudrait une expérience ! Êtes-vous prêt à vous mettre dans la peau d'un petit scientifique à la recherche de la magie de la roue de Newton ?

Alors trouvez-vous un crayon, une règle, un rapporteur, une gomme (si nécessaire), des crayons de couleur, des CDs imprimables, un petit moteur 2 électrique 2 ou 3 volts (alimentation sur pile)

Alors comment procéder pour dessiner et fabriquer un disque de Newton ? Avec un crayon et un rapporteur, tracez les différents segments de notre roue magique : **61° en rouge**, **34° en orange**, **54,5° en jaune**, **61° en vert**, **54,4° bleu**, **34° indigo** et **61° pour le violet**.



Après avoir dessiné les coins pour diviser les différents segments, avec la règle et le crayon, coloriez-les -les entièrement du centre vers l'extérieur.

Dessinez les différents segments selon la légende avec des crayons de couleur. Vous aurez obtenu un cercle chromatique magique comme celui d'Isaac Newton. Ace stade, il ne reste plus qu'à préparer l'expérience : fixez le cd sur un petit moteur de **2 ou 3 volts et activez -le.!**

Magie ! les couleurs, si claires et nettes, alors que le CD tourne à toute vitesse dans le lecteur, s'estompent et... de ce tourbillon jaillit la lumière blanche ! Le CD est blanc ! Où sont passées nos couleurs ? En fait, lorsque le CD ralentira sa rotation, elles réapparaîtront et vous pourrez les voir dans toute leur splendeur ! Qu'en pensez-vous, stupéfiant, non ?

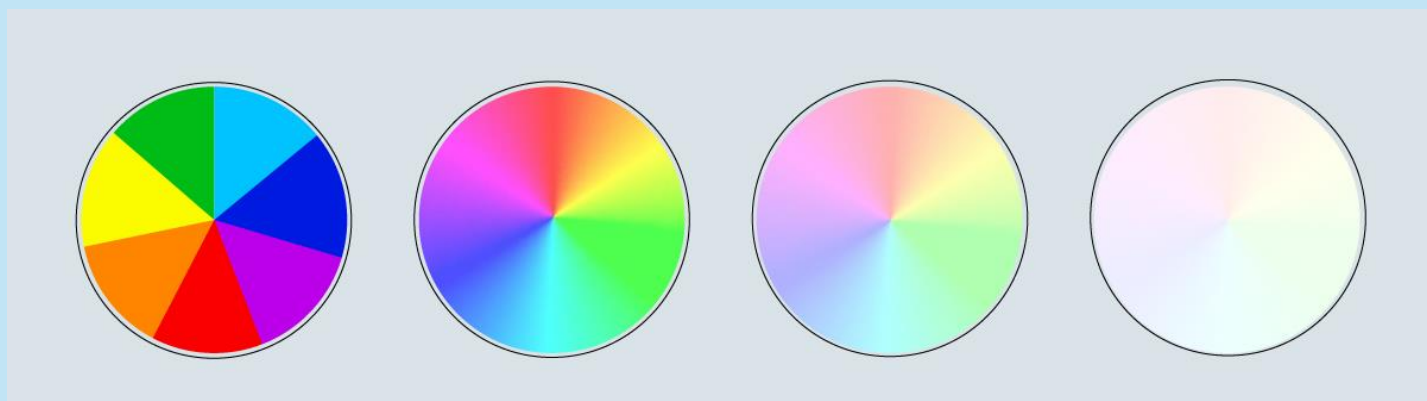
Pourquoi l'expérience du disque de Newton est précieuse pour la science ?

À l'aide d'un prisme en verre, Newton a donc décomposé la lumière du soleil (lumière blanche) en un spectre où les couleurs se dégradent du rouge à l'orange, de l'orange au jaune, puis du vert et du bleu à l'indigo et au violet. Cela explique le mystère de l'arc-en-ciel. Newton a expliqué la formation du spectre en admettant que toutes les couleurs étaient déjà présentes dans la lumière "blanche" du soleil avant sa décomposition.

Et pour confirmer son hypothèse, Newton a conçu une expérience inverse de la précédente qui a produit la "recomposition" des couleurs. Newton a d'abord réalisé la décomposition de la lumière, puis à l'aide d'une grande lentille convergente, il a fait converger toutes les couleurs en un seul point. Les couleurs ont disparu et on obtient à nouveau un rayon de lumière blanche.

Newton est parvenu à la conclusion que la couleur des objets qui nous entourent est liée à la façon dont les surfaces réagissent à la lumière. Un objet rouge a cette couleur car il conserve toutes les autres couleurs et ne nous renvoie que du rouge. Il a complètement exclu la possibilité que les couleurs puissent exister dans l'obscurité, car les couleurs sont indissociablement liées à la présence de la lumière.

La théorie des couleurs de Newton est restée la base des développements ultérieurs de la recherche scientifique sur les phénomènes optiques et liés à la lumière. L'hypothèse corpusculaire domine encore la physique d'aujourd'hui !



A quoi sert le disque Newton ?

Soutenu par une longue série d'expériences, Newton est arrivé à la théorie corpusculaire. Pour Newton, les corps lumineux émettaient des corpuscules immatériels. Il tente également d'expliquer les couleurs en admettant que la lumière "blanche" est un mélange d'autant d'espèces de corpuscules qu'il y a de couleurs différentes. En lumière blanche, tous les corpuscules formant un rayon traversent l'air à l'unisson.

En revanche, lorsque le rayon traverse un prisme de verre, les corpuscules lumineux sont influencés par les forces des particules de matière. C'est toute notre manière de voir le monde qui est finalement résumée dans l'expérience du disque de Newton!

Colorimétrie avec les Disques de Maxwell

Ces disques, dérivés du modèle de Newton, sont divisés en trois secteurs de couleurs primaires (rouge, vert, bleu) sur fond noir. En ajustant la taille des secteurs, on peut reproduire différentes teintes.



Cette méthode illustre le principe de la synthèse additive. Les disques de Maxwell permettent d'expérimenter avec le gamut colorimétrique, démontrant les limites et capacités de notre perception des couleurs.

A faire lors de la séance

Le disque de Newton présent au bureau est constitué de sept secteurs colorés.

- On fait tourner à grande vitesse le disque de Newton.
- Que peut-on observer?
- On fait tourner le disque à une vitesse plus lente?
- Que peut-on observer?
- Expliquer le phénomène.

En 1807, le physicien anglais Thomas Young montre qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter toutes les lumières colorées du spectre pour former de la lumière blanche, mais que trois d'entre elles suffisent.

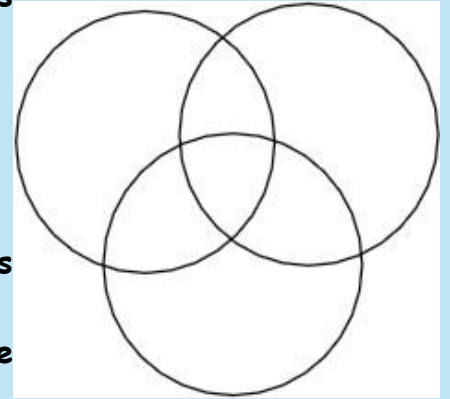


Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

La synthèse additive des lumières colorées

- Placer les filtres Rouge, Vert et Bleu sur la lanterne, chacun sur un côté de la lanterne.
- Faire pivoter les miroirs de façon à observer sur l'écran le résultat de la superposition de deux lumières colorées, puis des trois lumières colorées.
- Quelle est la couleur de la lumière observée quand les trois lumières colorées se superposent?
- Quelle couleur observe t-on lorsque l'on superpose les couleurs suivante:
 - Rouge + Vert = _____
 - Rouge + Bleu = _____
 - Vert + Bleu = _____
 - Rouge + Vert + Bleu = _____
- Compléter la figure ci-contre en notant le nom des couleurs et en coloriant.
- Pourquoi cette synthèse est-elle appelée synthèse "additive"?



Une lumière colorée est complémentaire d'une deuxième lumière colorée si, en les superposant, on retrouve la lumière blanche.

- Utiliser la figure des cercles colorés obtenue pour répondre aux questions suivantes;
 - Quelle est la couleur de la lumière complémentaire de la lumière Rouge?
 - Quelle est la couleur de la lumière complémentaire de la lumière Verte?
 - Quelle est la couleur de la lumière complémentaire de la lumière Bleue?
- Vérifier expérimentalement que ces trois couples de couleurs sont bien complémentaires.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Voir les objets autrement - La couleur des objets

Les objets colorés voient parfois leur couleur changer selon la lumière qui les éclaire. Pour en comprendre le mécanisme, nous allons travailler à partir d'une animation, puis vérifier les résultats par l'expérience.

- Ouvrir l'animation et exécuter l'animation intitulée "[CouleurDesObjets.html](#)".

On peut sélectionner l'objet en cliquant sur les rectangles en bas de l'écran.

On peut choisir la couleur du filtre (ou pas de filtre du tout) sur la droite.

Utiliser cette animation afin de compléter le tableau suivant.

Couleur de l'objet en lumière blanche							
Couleur de l'objet en lumière rouge							
Couleur de l'objet en lumière verte							
Couleur de l'objet en lumière bleue							
Couleur de l'objet en lumière cyan							
Couleur de l'objet en lumière magenta							
Couleur de l'objet en lumière jaune							

- A l'aide de la lanterne et des filtres à disposition, éclairer des objets colorés (balles) ou un objet coloré (Rubik's Cube) à l'aide de différentes lumières colorées.
- colorés avec la lumière colorée correspondant aux différents cas.
- Les observations sont différentes de celles observées avec la simulation?

Les objets colorés se comportent comme des filtres colorés, ils ne diffusent que la lumière correspondant à leur propre couleur et absorbent les autres.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Tirage de boules colorées - La couleur des objets

Les objets colorés voient parfois leur couleur changer selon la lumière qui les éclaire.

On dispose de plusieurs boules de couleur Rouge, Verte , Bleue et Jaune.

On éclaire les objets à l'aide de lumières colorées.

Le but est de trier les boules de couleurs identiques.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Quelles sont les couleurs de nos écrans?

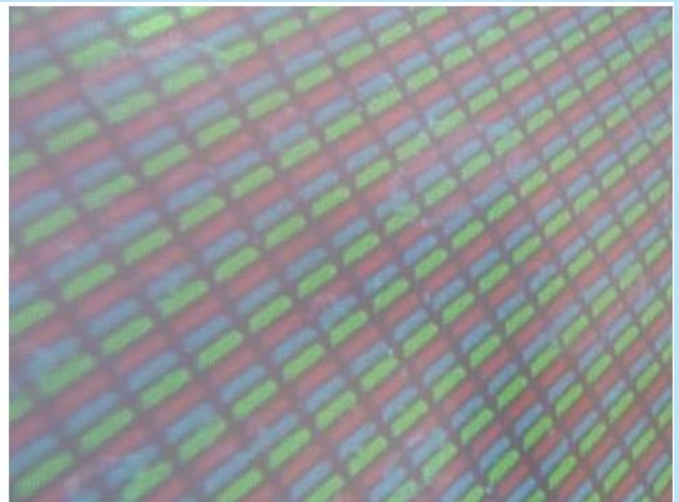
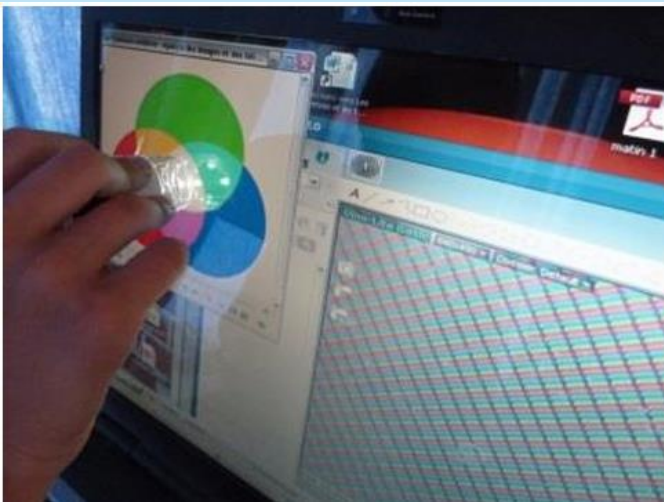
Comment les écrans d'ordinateur ou de télévision reproduisent-ils toutes les couleurs

Matériel

- Un ordinateur avec son écran
- Codage des couleurs: [Convertisseur de code couleur en ligne - HEX, RGB, CMYK, HSL et HSV](#)
- Loupe électronique connectée au PC avec le programme camera du PC.
- Logiciel : [Restitution des couleurs par un écran](#)

Expérience

- Cette expérience est réalisée par le professeur (manipulation délicate de la loupe électronique).
- Sur l'écran on observe la composition de chacune des couleurs.
- Grâce à la loupe, on ne voit que 3 couleurs au maximum : rouge, vert et bleu



- Les ordinateurs et les téléviseurs n'utilisent que de « petites sources de lumière » appelées pixels, vertes, rouges et bleues, plus ou moins lumineuses, pour restituer toutes les couleurs que nous voyons sur l'écran.
- La perception des couleurs est due ici à la synthèse additive des couleurs, à partir des trois couleurs primaires lumière (rouge/vert/bleu).

A faire lors de la séance

La synthèse additive est utilisée afin de reproduire les couleurs sur un écran de smartphone.

Placer votre smartphone allumé sous le microscope du bureau et régler la mise au point.



- Quelles sont les trois seules couleurs réellement présentes sur l'écran du téléphone?
- Faire un schéma en couleur du motif qui se répète sur tout l'écran.
- L'intensité lumineuse de chacune des trois DEL d'un pixel peut varier de 0 à 100 %.
- Proposer une valeur pour chacune des trois DEL pour obtenir un pixel Rouge, un pixel Cyan, un pixel Jaune puis un pixel Blanc.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)
- [Vidéo 4](#)

Les filtres colorés

- Ouvrir l'animation intitulée "[SuperFiltres.swf](#)".
- En cliquant sur les différentes couleurs de filtre, remplir le tableau ci-dessous en notant la couleur ou les couleurs de la lumière transmise par le filtre choisi.
- Vérifier ces prédictions expérimentalement en utilisant un rayon de lumière de la lanterne, puis en mettant sur le trajet de la lumière un filtre.
- Les observations sont différentes?

Couleur du filtre	Couleur (s) transmise (s)
Rouge	
Vert	
Bleu	
Magenta	
Jaune	
Cyan	

Remarque: L'animation ne se trompe pas et les différences sont dues à la mauvaise qualité des filtres utilisés.

Liens et Vidéos

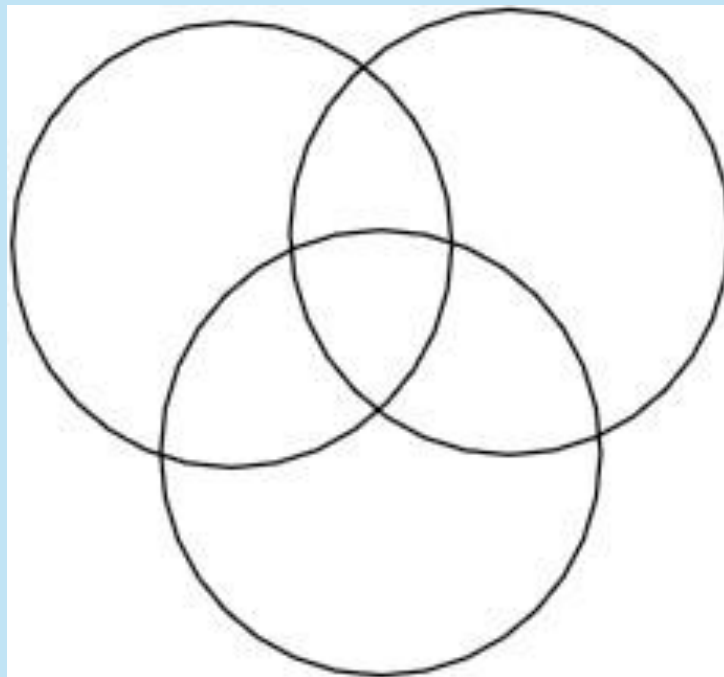
- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)

La synthèse soustractive par superposition de filtres colorés

- Prendre la lanterne et fermer les deux miroirs.
- Devant la lanterne placer dans l'ordre les filtres Jaune et Cyan.
- Observer la couleur transmise.
- Faire de même avec les autres filtres et remplir le tableau ci-dessous en notant la couleur de la lumière transmise après traversée des deux ou trois filtres.

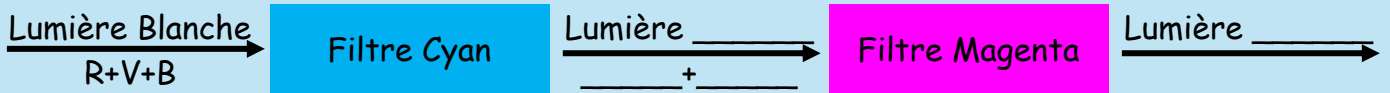
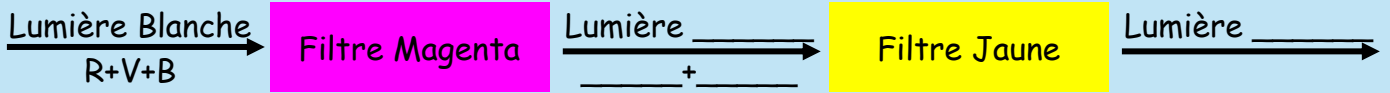
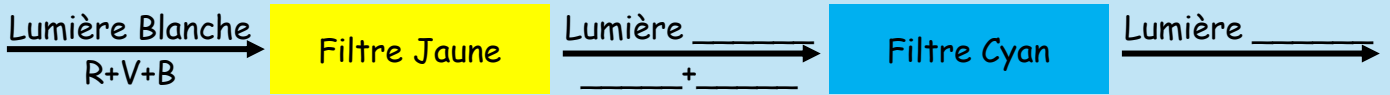
Couleur des filtres superposés	Couleur de la lumière transmise
Jaune et Cyan	
Jaune et Magenta	
Cyan et Magenta	
Jaune, Cyan et Magenta	

- L'ordre de superposition des filtres a-t-il une importance? Le vérifier expérimentalement.
- Compléter la figure ci-dessous en notant le nom des couleurs et en coloriant.



- Pour expliquer ces observations, considérons le premier cas (filtres Jaunes et Cyan superposés):
 - Quelles sont les deux couleurs de radiations transmises par un filtre jaune (hormis le Jaune)?
 - Quelles sont les deux couleurs de radiations transmises par un filtre cyan (hormis le Cyan, et le Magenta)?

- Compléter les schémas ci-dessous permettant d'expliquer la couleur obtenue après la traversée des deux filtres.



- Pourquoi cette synthèse est-elle appelée synthèse "soustractive"?

Liens et Vidéos

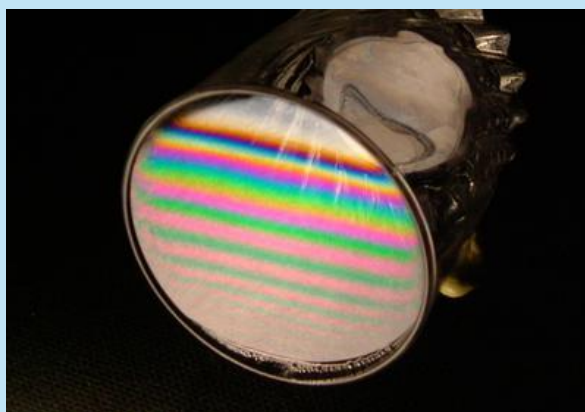
- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Etrange la lumière - Diffraction - Interférences

Irisations d'un film de savon

Les films de savon sont irisés et montrent des couleurs vives et changeantes.

Lorsqu'un rayon de lumière traverse un film de savon, il rencontre deux interfaces: air-liquide à l'entrée dans le film, et liquide-air en sortant du film. Or, les interfaces sont partiellement réfléchissantes: on peut par exemple voir des reflets du monde dans une flaque d'eau. Le faisceau incident se réfléchit donc en deux faisceaux parallèles. Ces deux faisceaux interfèrent, c'est-à-dire que leur somme ne donne pas toujours de la lumière. La condition déterminant si la somme donne de la lumière ou non dépend de manière très sensible de l'épaisseur du film. Comme l'épaisseur n'est pas constante sur toute la surface du film et qu'elle varie au cours du temps (par évaporation et écoulement du liquide vers le bas), les irisations peuvent avoir des motifs très fins, et fluctuent rapidement dans le temps. La condition sur la somme dépend aussi de la longueur d'onde (couleur) du faisceau, et les irisations sont donc colorées, même si le film est éclairé par une lumière blanche.



Une couche d'huile ou d'essence sur une flaque d'eau montre parfois des irisations pour la même raison que dans le film de savon.

Verser quelques gouttes d'essence sur une flaque d'eau forme un film très fin d'essence et donne également lieu à des irisations.

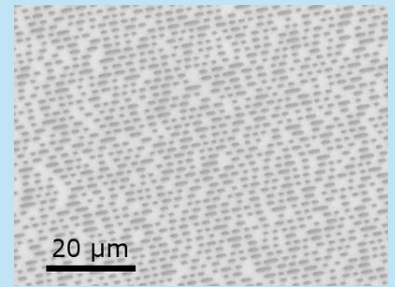


Arc-en-ciel à la surface d'un CD

Les CD, DVD et BluRay arborent des motifs aux couleurs de l'arc-en-ciel. Ces disques ont à leur surface des petits motifs gravés qui ressemblent à du code morse et contiennent l'information du média (musique, film...). Le code est écrit le long d'une spirale qui va de l'intérieur vers l'extérieur du disque (image ci-contre). La taille des motifs est de l'ordre de la longueur d'onde de la lumière qui est donc diffractée par la surface du disque (voir [cette page](#) pour une introduction sur la diffraction). Autrement dit, un disque ne va pas réfléchir la lumière comme un simple miroir. Comme



les motifs de diffraction dépendent du rapport de taille entre l'objet diffractant (en particulier l'espacement entre les pistes) et la longueur d'onde de la lumière, éclairer un disque donne lieu à des faisceaux réfléchis à la surface dans des directions qui dépendent des couleurs du faisceau de départ. Lorsque la lumière de départ est blanche, elle contient toutes les couleurs et la réflexion sur le CD sépare ces couleurs en un "arc-en-ciel".



CD vu au microscope optique (grossissement x60). La longueur et l'espacement des petites taches codent l'information contenue dans le média.

Diffraction à travers un rideau

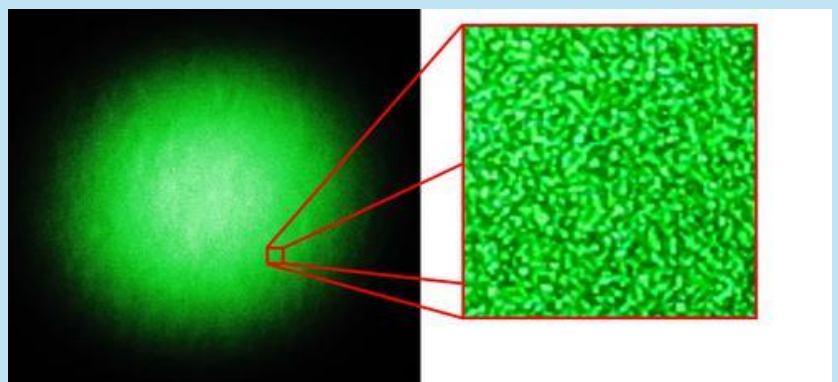
Certains rideaux très fins laissent passer la lumière. En regardant une lampe lointaine à travers le rideau, un motif de croix colorée apparaît.

Cette configuration est presque la même que dans l'expérience avec les deux stylos. Le rideau agit comme une grille aux motifs très rapprochés et fonctionne comme un ensemble de fentes à la fois verticales et horizontales. On voit donc des franges colorées dans les deux directions, ce qui forme une croix.



Speckle d'un faisceau laser

Prends un pointeur laser et projette le faisceau sur un mur en plaçant une loupe devant le laser. Le but de la loupe est simplement d'agrandir la tache du laser sur le mur. Regarde la tache. En bougeant légèrement la tête, elle devrait scintiller. La tache apparaît en fait comme plein de petits points lumineux proches de petits points noirs dont la position change en bougeant les yeux. En prenant une photo de la tache et en l'agrandissant, on voit que les points sont en fait de petites zones sombres ou claires:



Ce scintillement est appelé *speckle* et a ici pour origine l'appareil utilisé pour l'observer: ton œil (ou l'appareil photo pour l'image ci-dessus). La pupille de l'œil est un trou laissant passer la lumière. Il la diffracte aussi. Comme la pupille a une taille de quelques millimètres, ce qui est relativement grand devant la longueur d'onde du laser, le motif de diffraction est très fin, en comparaison avec les expériences avec les stylos ou le rideau.

Mais si le *speckle* vient de l'œil, pourquoi ne le voit-on pas sur tous les objets que l'on regarde? Pour voir de la diffraction sur une grande surface, il vaut mieux que la lumière émise par la surface soit très pure (une seule longueur d'onde), et ordonnée sur toute la surface (on parle de cohérence spatiale). Les lampes courantes et le soleil émettent un spectre de lumière contenant de nombreuses longueurs d'onde. Au contraire, la plupart des lasers sont des sources qui arrivent à amplifier une longueur d'onde en particulier. De plus, les atomes dans un laser émettent la lumière en phase. C'est la cohérence. Une analogie est une chorale dont les chanteurs chantent tous en même temps les mêmes paroles (laser) et une chorale dont les chanteurs ne chantent pas le même texte et ne se synchronisent pas entre eux (lampe à incandescence). Dans les deux cas il en résulte un son (pour les lasers et les lampes: de la lumière), mais l'un sera très ordonné, et l'autre un brouhaha. Les deux propriétés de pureté et de cohérence des lasers font que du *speckle* est facilement visible avec ceux-ci.

Diffraction sur une toile d'araignée

Une toile d'araignée éclairée par le soleil montre des motifs colorés complexes. Certains sont dus à la diffraction de la lumière sur les fils de la toile. Une expérience possible est de se placer près d'une toile d'araignée éclairée et de regarder à travers la toile des objets lointains. Dans ces conditions, la toile apparaît floue car l'œil ne fait pas le focus sur celle-ci. A certains endroits de la toile, des motifs colorés peuvent apparaître, comme sur l'image ci-dessous. Ce phénomène, qui a pour origine des lois d'optique connues, n'est cependant toujours pas bien compris.



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- Vidéo 3

La lumière c'est rapide - Vitesse de la lumière

Il est parfois incroyable de voir quelles capacités disposent aujourd'hui certains capteurs. Le capteur VL53L0X est un capteur dit TOF (temps de vol), qui détermine le temps de parcours de la lumière laser jusqu'à l'objet puis le retour au capteur, et calcule la distance de l'objet à partir de celui-ci.

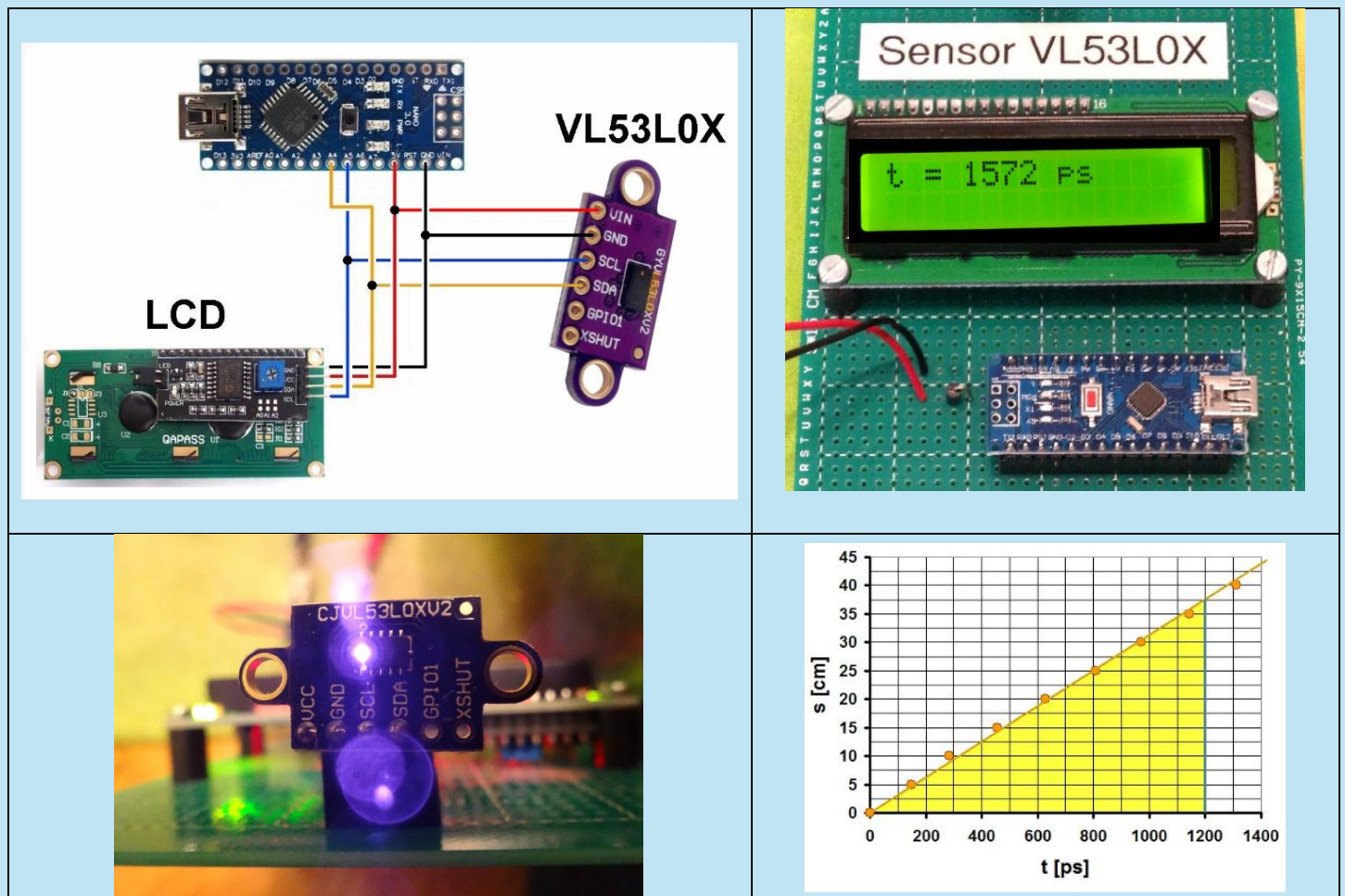
Dans ce cas, cependant, je n'utilise pas sa fonction de détermination de distance, mais j'utilise Arduino pour afficher le temps d'exécution t à l'objet. La distance connue/mesurée d et le temps de transit t donnent la vitesse de la lumière $c = d/t$.

La lumière n'a besoin que de 1 ns pour 30 cm de distance de course, soit seulement 3,33 ns par mètre. En conséquence, les valeurs affichées sont dans la plage finale pico (1 ps = 10^{-12} s).

S'il n'y a pas d'air entre le capteur et l'objet, mais un autre milieu (par exemple l'eau), une vitesse de lumière significativement réduite est mesurée. Cela dépend de l'indice de réfraction n du milieu concerné.

L'eau a un indice de réfraction d'environ $n = 4/3$. Selon cela, la vitesse de la lumière dans l'eau est « seulement » $c_{\text{Eau}} = c_{\text{Vide}} / n = 300000 \text{ km/s} / (4/3) = 225000 \text{ km/s}$.

Pour ce projet, il suffit d'un Arduino, encore une fois d'un écran I2C 16 x 2 et du capteur VL53L0X.



Vidéo du dispositif sur YouTube - [Vidéo](#)
Le code Arduino sur www.prof-tc.fr

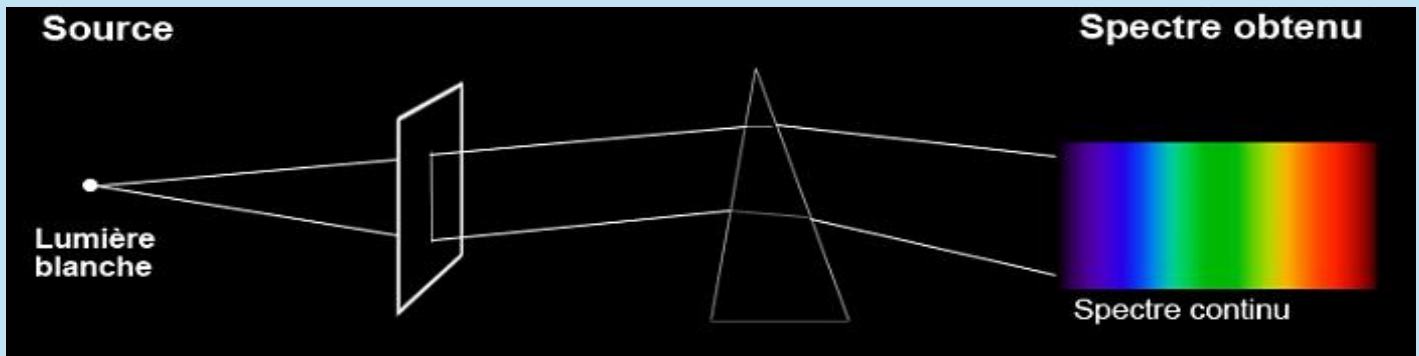
Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)
- [Vidéo 4](#)
- Vidéo - Histoire des mesures de la vitesse de la lumière - [1/5](#) - [2/5](#) - [3/5](#) - [4/5](#) - [5/5](#)

Messages de la lumière - Identifier des éléments chimiques

Kirchhoff a étudié les émissions de lumière, et en a déduit des lois:

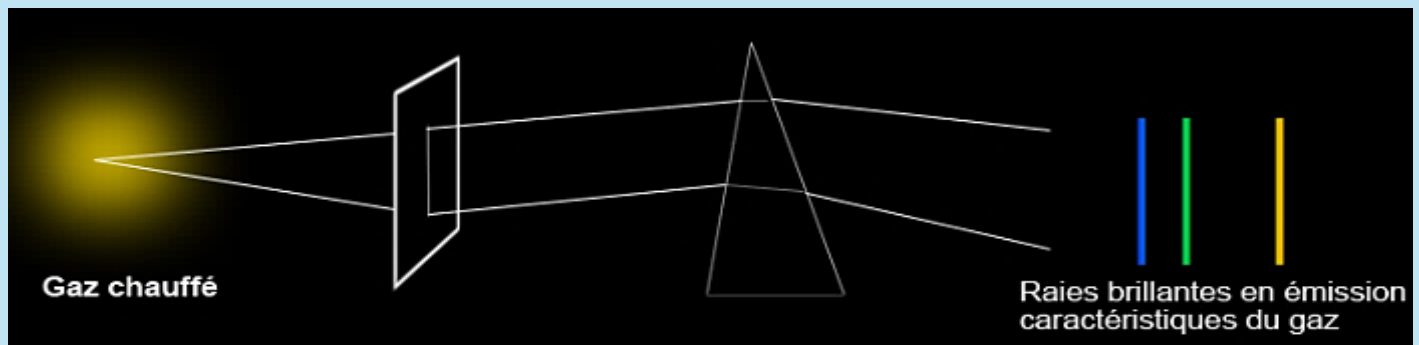
Tout corps chaud émet un rayonnement continu, qui contient toutes les couleurs (spectre continu: on passe continûment d'une couleur à une autre); ce rayonnement ne dépend pas de l'élément considéré.



Le spectre de la lumière émise par un gaz, sous faible pression, n'est pas continu, mais présente seulement quelques raies brillantes, sur un fond sombre (sans lumière).

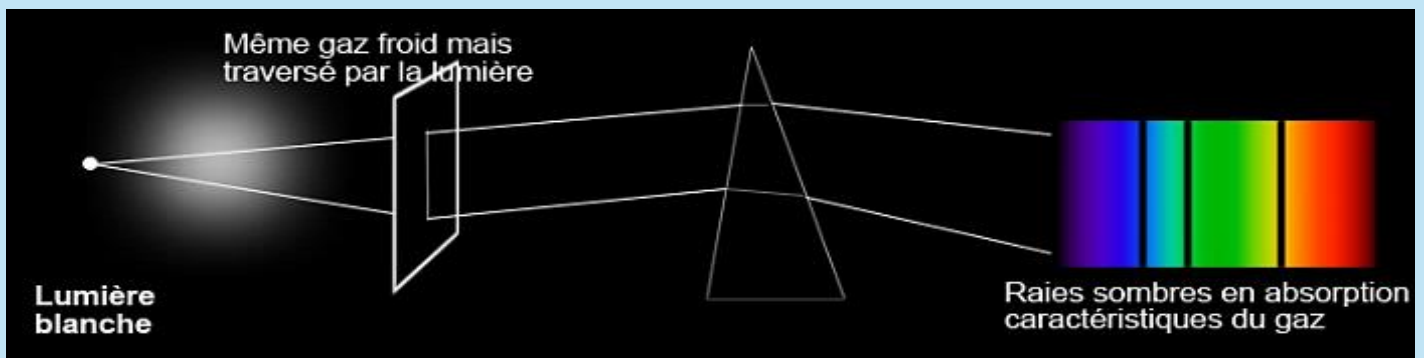
Donc, un gaz dans ces conditions n'émet que quelques radiations bien précises. L'important est que ces couleurs changent d'un gaz à un autre: elles les caractérisent. Le spectre est comme les empreintes digitales: une signature du gaz.

On appelle ces raies des raies d'émission.



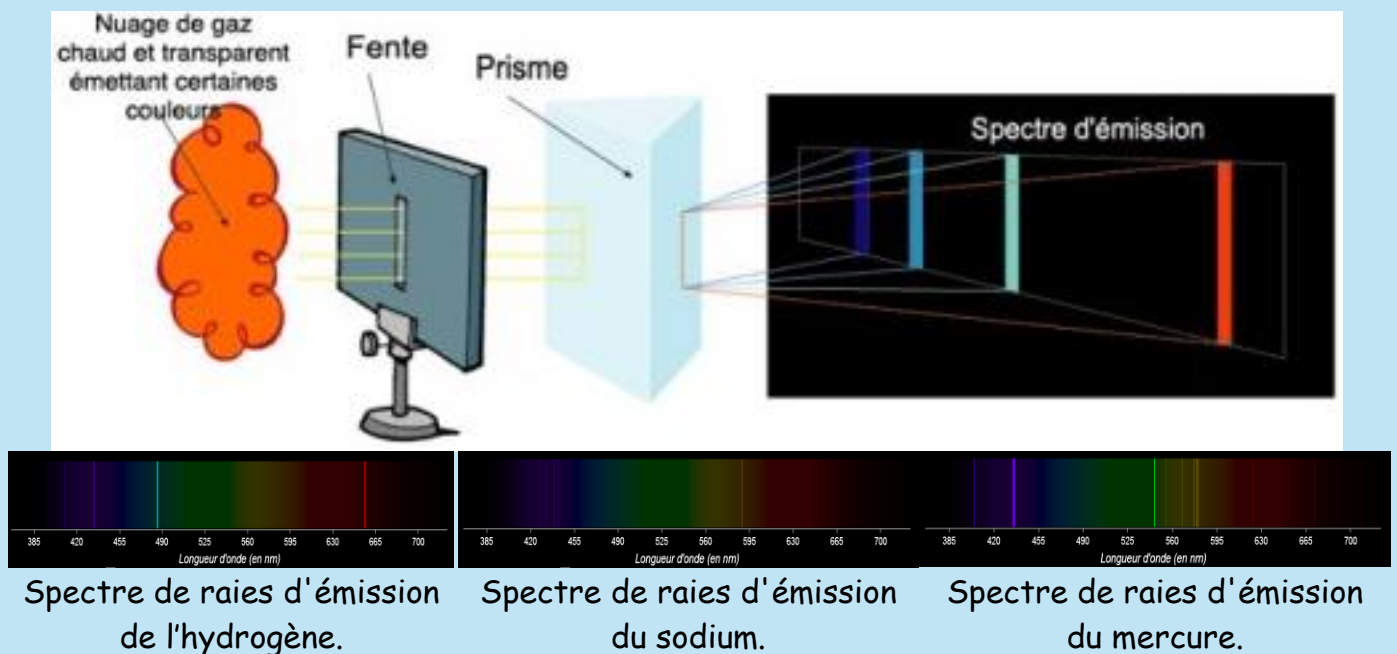
Si la lumière émise par un corps chaud (contenant toutes les couleurs) traverse un gaz froid, elle en ressort privée de certaines couleurs, qui laissent donc des raies noires dans le spectre.

Ces couleurs disparues sont exactement celles que ce gaz émettrait s'il était chaud (confirmant donc bien le fait qu'elles constituent sa signature). On les appelle raies d'absorption, et elles indiquent donc qu'un gaz froid a été traversé par la lumière, et quel est ce gaz.

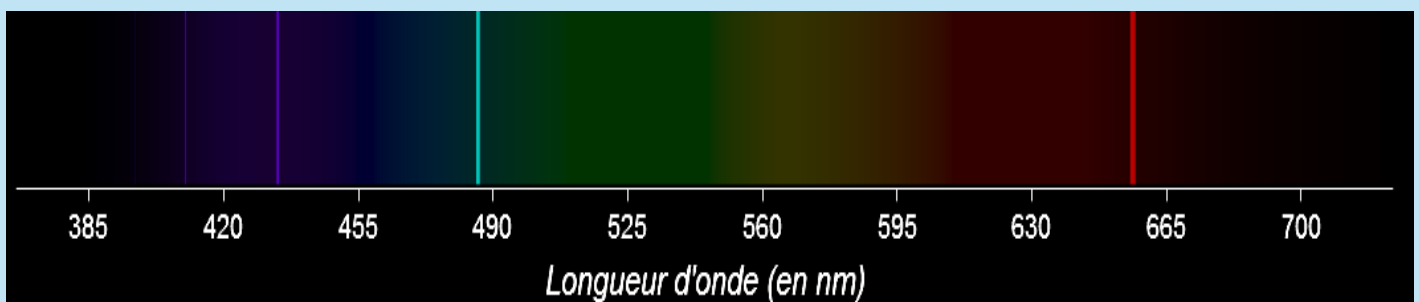


Spectres de raies d'émission

Lorsque les atomes et les ions d'un gaz, sous faible pression, sont excités soit par chauffage soit par décharges électriques, ces entités peuvent émettre de la lumière. Le spectre obtenu est composé d'un nombre limité de radiations monochromatiques bien distinctes, qu'on visualise sous forme de raies.

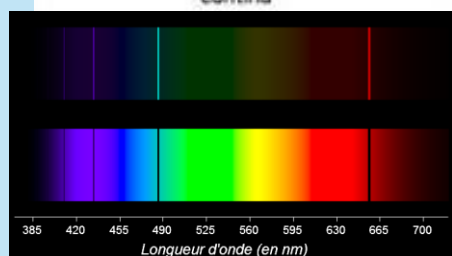
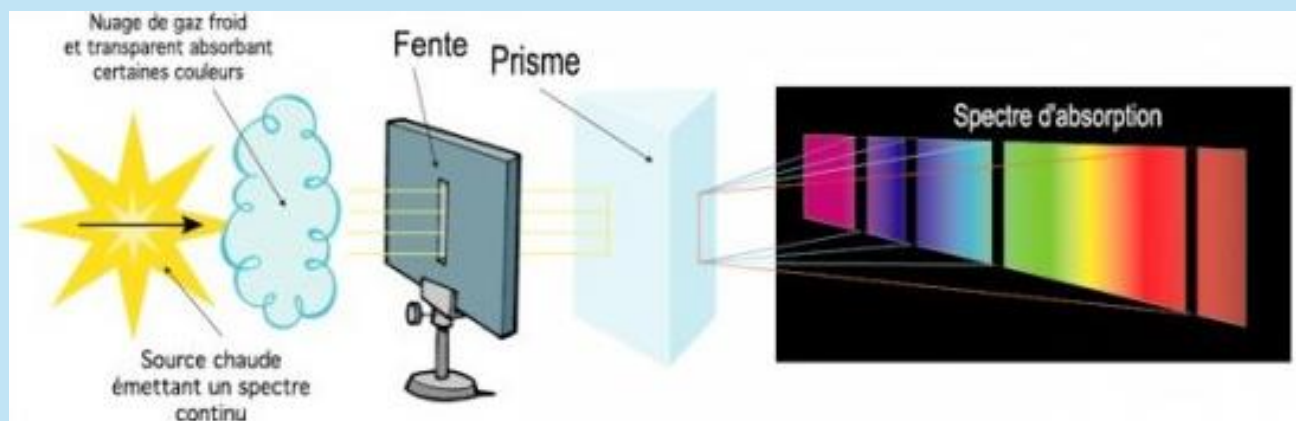


Un spectre de raies d'émission est constitué de raies fines et colorées entrecoupées de bandes noires (fond noir). A Chaque élément chimique correspond un spectre d'émission.

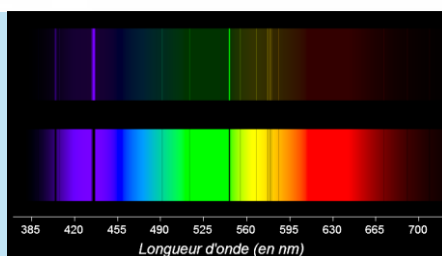


Spectres de raies d'absorption

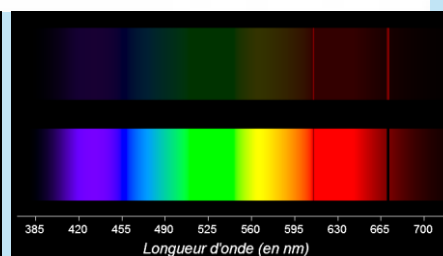
Lorsque des radiations lumineuses traversent un gaz froid sous faible pression, certaines radiations peuvent être absorbées. Si le spectre du rayonnement incident est continu, il est amputé de certaines raies après passage dans le gaz considéré. On obtient alors un spectre de raies d'absorption où les raies absorbées sont de même longueur d'onde que celles que le gaz émettrait s'il était chaud.



Spectres de raies
d'émission et d'absorption
de l'hydrogène.

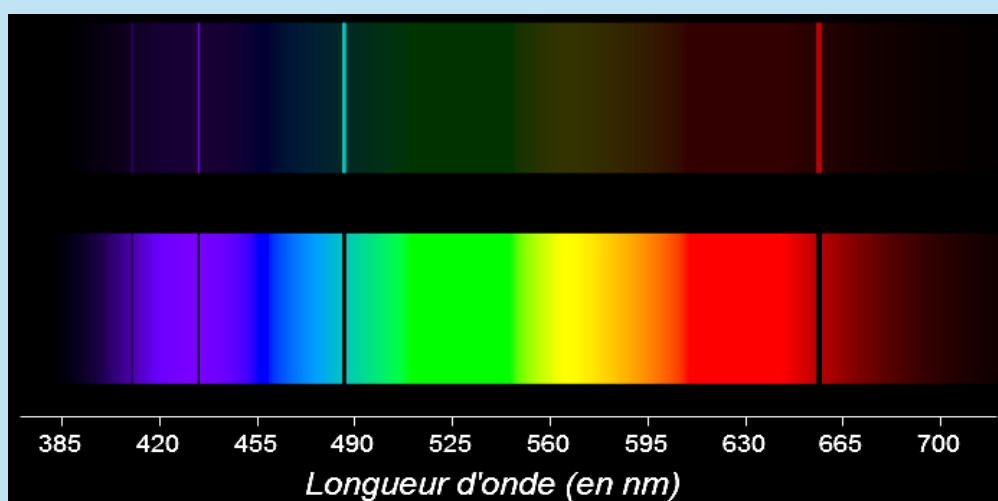


Spectres de raies
d'émission et d'absorption
du mercure



Spectres de raies
d'émission et d'absorption
du lithium.

Un spectre de raies d'absorption d'un élément chimique est constitué d'une bande colorée entrecoupée de raies noires. Ces raies noires correspondent aux raies d'émission de l'élément chimique.



Remarque: Un élément chimique absorbe les radiations qu'il est capable d'émettre. Les raies noires d'absorption et les raies colorées d'émission ont la même longueur d'onde.

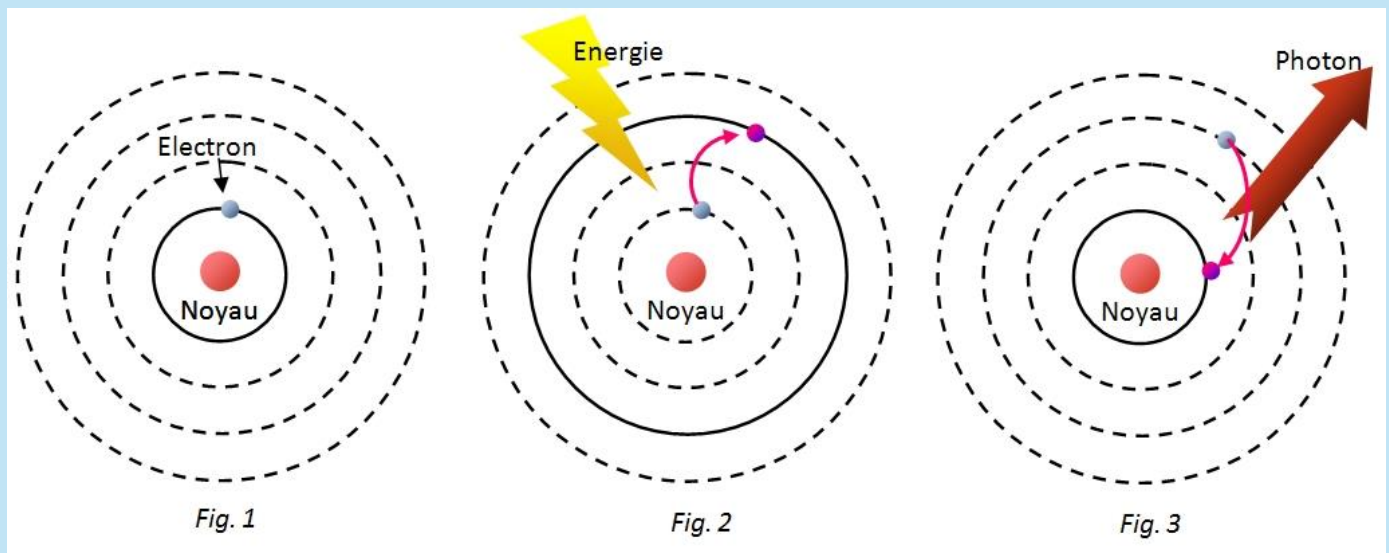
Spectre d'un élément chimique

Chaque atome existant dans l'Univers possède une structure électronique qui lui est propre (répartition des électrons de son nuage).

Prenons l'atome d'hydrogène qui ne possède qu'un seul électron.

Dans son état fondamental, cet atome n'émet pas de lumière car il occupe l'état de plus basse énergie (fig. 1).

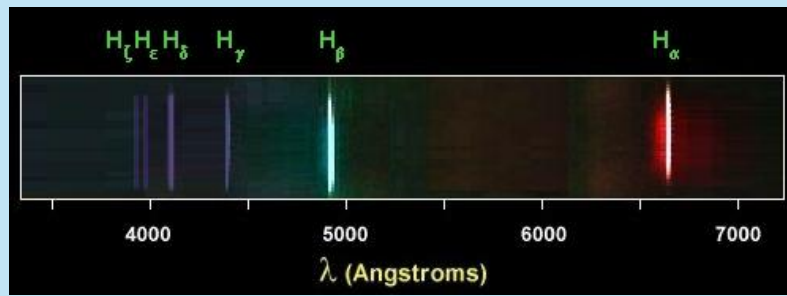
A basse pression, lorsqu'il est chauffé ou soumis à des décharges électriques, l'hydrogène émet de la lumière dont le spectre présente, dans le visible, des raies colorées. Il s'agit d'un spectre de raies d'émission. A chacune de ces raies correspond une radiation monochromatique de longueur d'onde déterminée.



En effet, lorsque l'atome est soumis à une action extérieure qui lui apporte de l'énergie, il se trouve destabilisé: on dit qu'il se trouve dans un état excité (fig.2). L'électron utilise alors cette énergie pour passer à un niveau d'énergie supérieure (saut quantique).

Lorsque l'excitation cesse, l'atome tend à revenir à l'état fondamental en restituant à l'extérieur l'énergie qu'il avait reçue (fig.3). Cette relaxation d'énergie se fait en un temps très court et se traduit par l'émission d'un photon lumineux d'énergie correspondant exactement à celle du saut quantique. Si la relaxation porte simultanément sur un grand nombre d'atomes, on observe un spectre d'émission où sont présentes toutes les radiations correspondant aux photons émis.

Ainsi, le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène comporte un grand nombre de raies qu'il est possible de classer en séries spectrales. Chaque série spectrale correspond à la relaxation sur un niveau d'énergie donné.



Ce spectre ainsi produit caractérise l'élément chimique présent dans le gaz chauffé. Il constitue une sorte de signature.

Il en est de même pour tous les éléments chimiques.

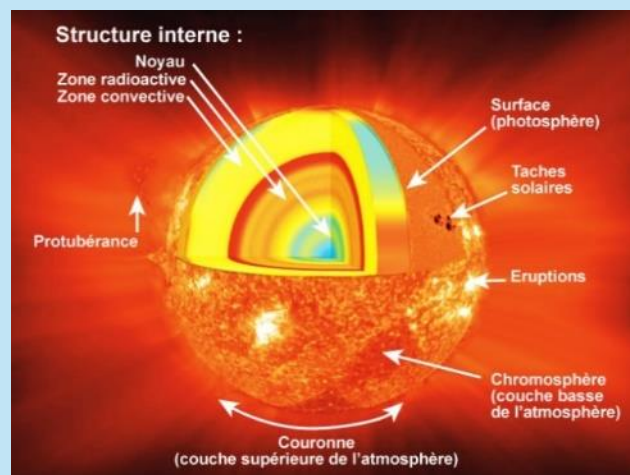
A un élément chimique est associé un spectre de raies d'émission unique qui représente sa signature spectrale.

Remarque: Ne pas oublier qu'un élément chimique absorbe les radiations qu'il est capable d'émettre. Les raies noires d'absorption et les raies colorées d'émission ont la même longueur d'onde.

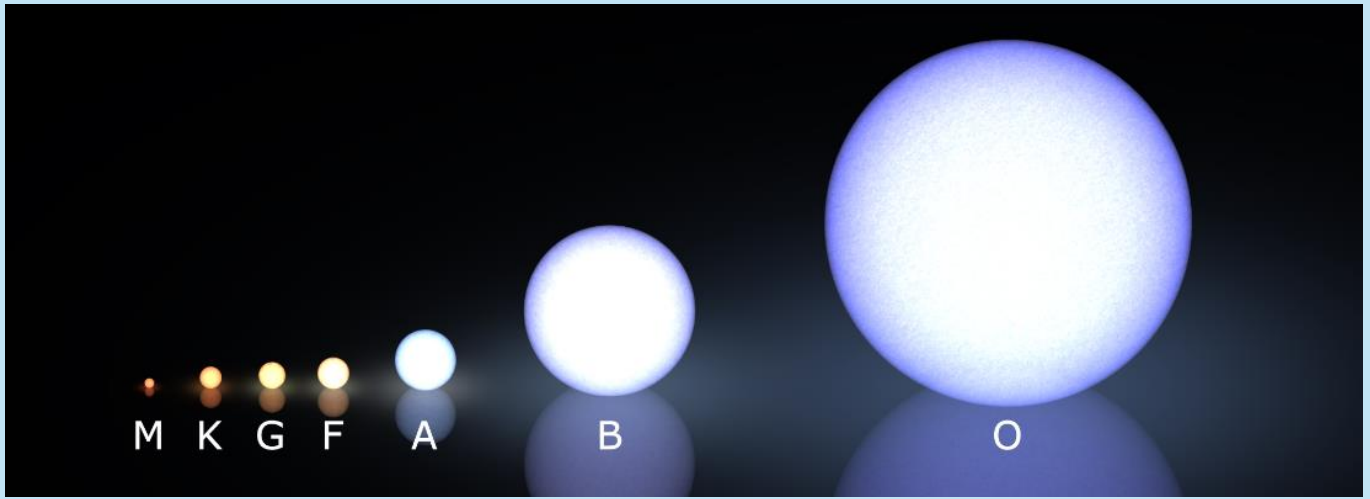
Les étoiles - Structure - Couleur - Température

Une étoile est une boule de gaz sous haute pression dont la température varie beaucoup entre le centre et sa surface.

Le rayonnement que l'on perçoit d'une étoile provient de la photosphère qui se trouve sur le bord externe de l'étoile. La couleur de la photosphère nous renseigne sur sa température: les bleues sont les plus chaudes et les rouges les plus froides.

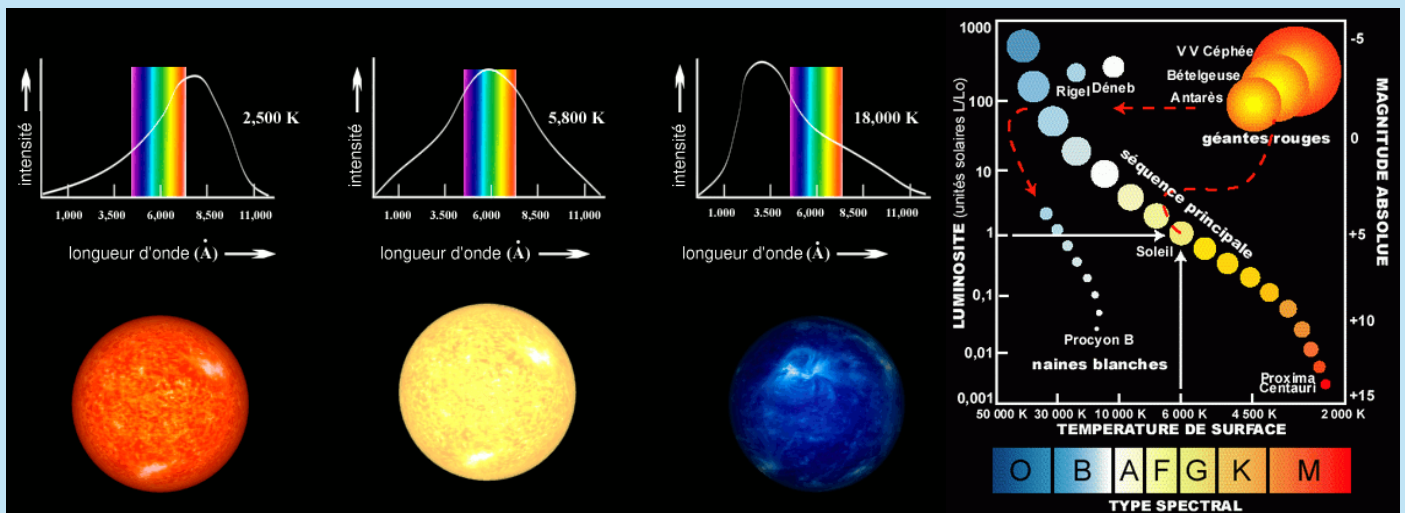


La couleur de l'étoile, comme celle du filament d'une lampe, renseigne sur sa température de surface.



Classe	Température	Couleur	Exemple
O	> 25 000 K	Bleue	Delta Orionis
B	10000 K - 25000 K	Bleue - Blanche	Rigel
A	7500 K - 10000 K	Blanche	Deneb, Sirius
F	6000 K - 7500 K	Jaune - Blanche	Upsilon Andromedae A, Polaris
G	5000 K - 6000 K	Jaune	Soleil, Alpha Centauri A
K	3500 K - 5000 K	Jaune - Orange	Alpha Centauri B
M	< 3500 K	Rouge	Proxima Centauri, Bételgeuse

Remarque: Pour mémoriser l'ordre des types spectraux (OBAFGKM), les anglophones utilisent la phrase "Oh, Be A Fine Girl/Guy, Kiss Me!", ce qui se traduit par "Oh! Sois une gentille fille/un gentil gars, embrasse-moi".



Dans la constellation d'Orion, Rigel apparaît blanche à bleutée (température de surface 11000°C), alors que Bételgeuse est rougeâtre (température de surface de l'ordre de 3000°C).

Orion fait partie des rares constellations immédiatement reconnaissables par leur forme. Ses sept étoiles les plus brillantes forment un nœud papillon (ou un sablier) facilement identifiable: quatre étoiles très brillantes forment un rectangle caractéristique au milieu duquel se trouve un alignement de trois autres étoiles, la ceinture d'Orion, qui constituent une signature remarquable.

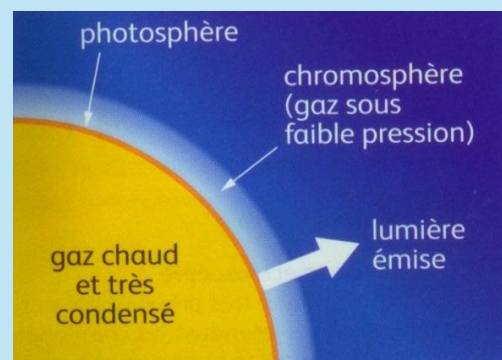


Spectre d'une étoile

Une étoile peut être assimilée à une boule de gaz très chaud et sous haute pression. La lumière émise par sa surface, la photosphère, donne le fond continu d'origine thermique du spectre de l'étoile. A la périphérie de la photosphère d'une étoile, il existe une atmosphère constituée d'un gaz sous faible pression. C'est dans cette partie de l'étoile que certaines radiations sont absorbées par les éléments chimiques présents.

Lorsque la lumière émise par la photosphère de l'étoile traverse la chromosphère, d'une étoile qui peut être assimilée à une couche gazeuse relativement froide et à basse pression, les atomes ou ions présents absorbent un certain nombre de radiations.

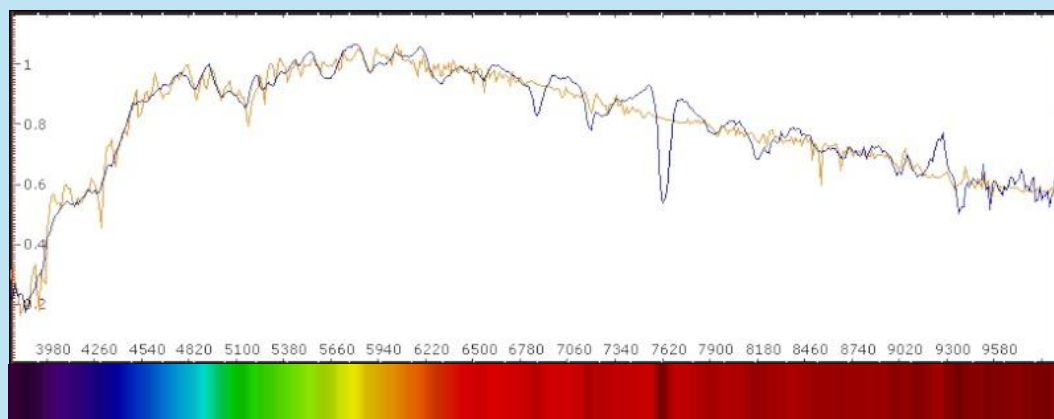
C'est ainsi que les entités chimiques de l'atmosphère d'une étoile sont identifiées par les raies d'absorption présentes dans le spectre de la lumière stellaire.



Le spectre de la lumière émise par une étoile sera donc un spectre d'absorption.

Le spectre de la lumière d'une étoile est un spectre de raies d'absorption constitué d'un fond continu d'émission présentant des raies d'absorption.

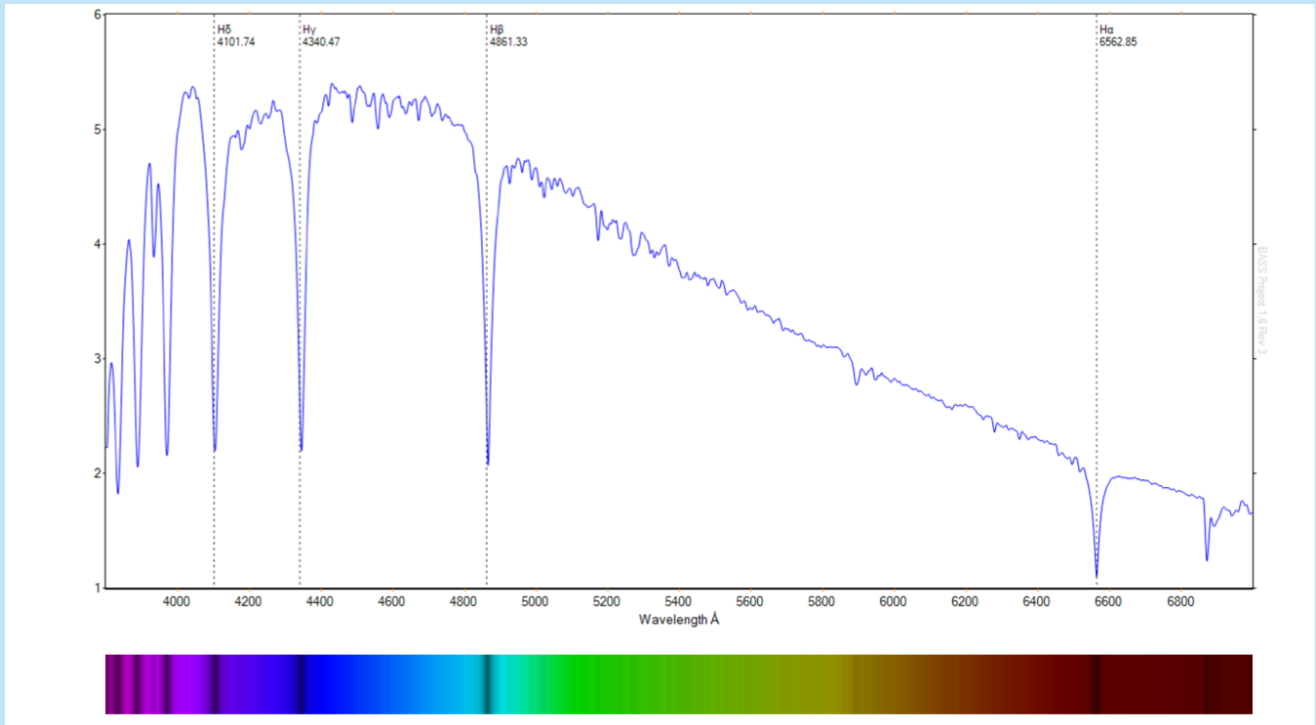
La figure ci-dessous correspond au profil spectral de l'étoile Eta Cephei ainsi qu'à celui de son spectre de raies d'absorption.



Le maximum d'absorption est à $\lambda_{\max} \approx 560\text{nm}$ ce qui correspond à une température de surface:

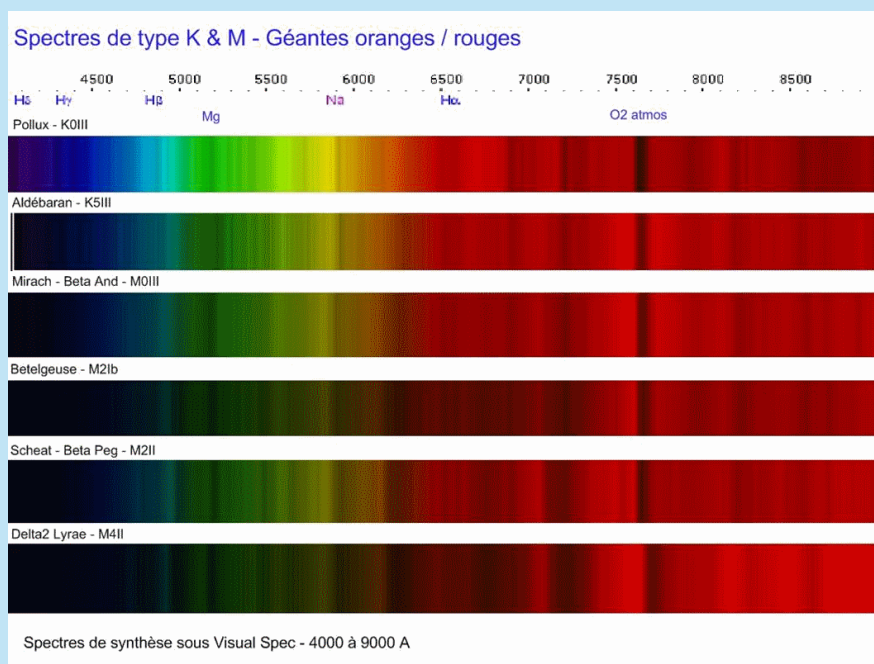
$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{560 \cdot 10^{-9}} \approx 5200\text{K}$$

La figure ci-dessous correspond au profil spectral d'une étoile de type F ainsi qu'à celui de son spectre de raies d'absorption.



Le maximum d'absorption est à $\lambda_{\max} \approx 410\text{nm}$ ce qui correspond à une température de surface:

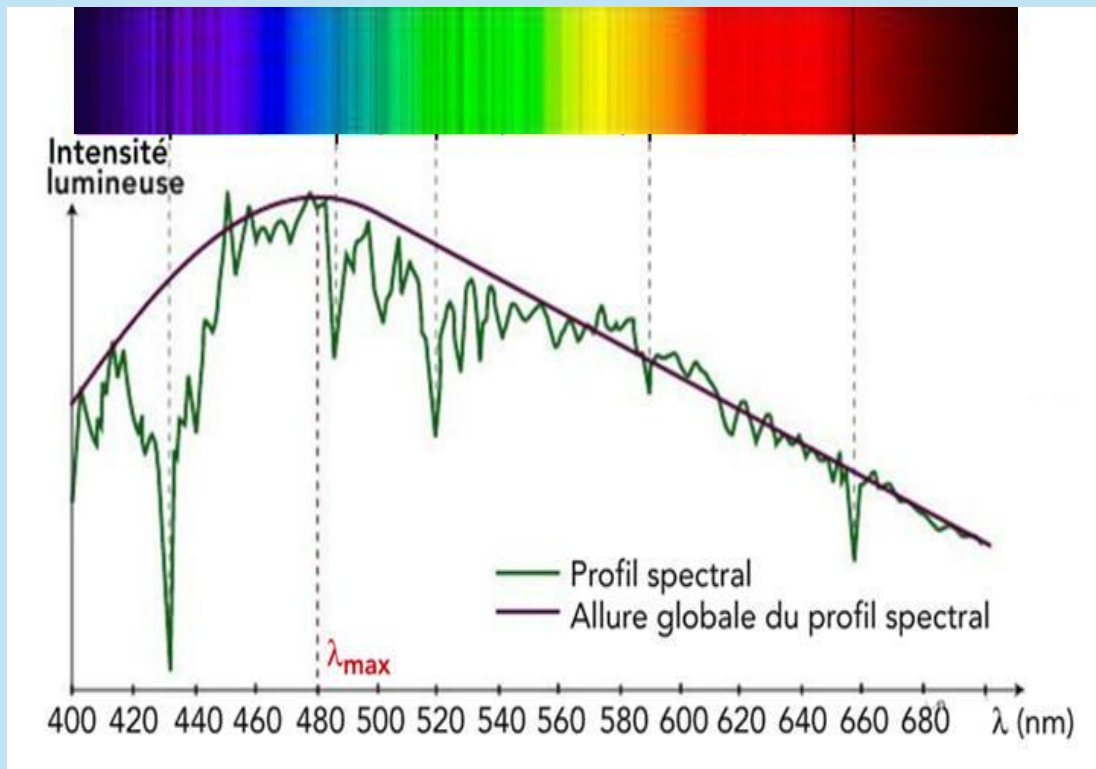
$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{410 \cdot 10^{-9}} \approx 7000\text{K}$$



Spectre du soleil

L'enveloppe gazeuse du Soleil est essentiellement composée d'hydrogène, et d'hélium. Elle contient aussi, dans des proportions moindres, de nombreuses autres entités chimiques comme l'oxygène, le carbone ou le fer.

Le spectre de raie d'absorption du soleil permet de déterminer son profil spectral ainsi que son allure générale. L'allure globale du profil spectral permet de déterminer la valeur de $\lambda_{\max}$ et donc la température à la surface en utilisant la loi de Wien.



L'allure globale qui donne $\lambda_{\max} \approx 480$ nm permet d'évaluer la température de surface:

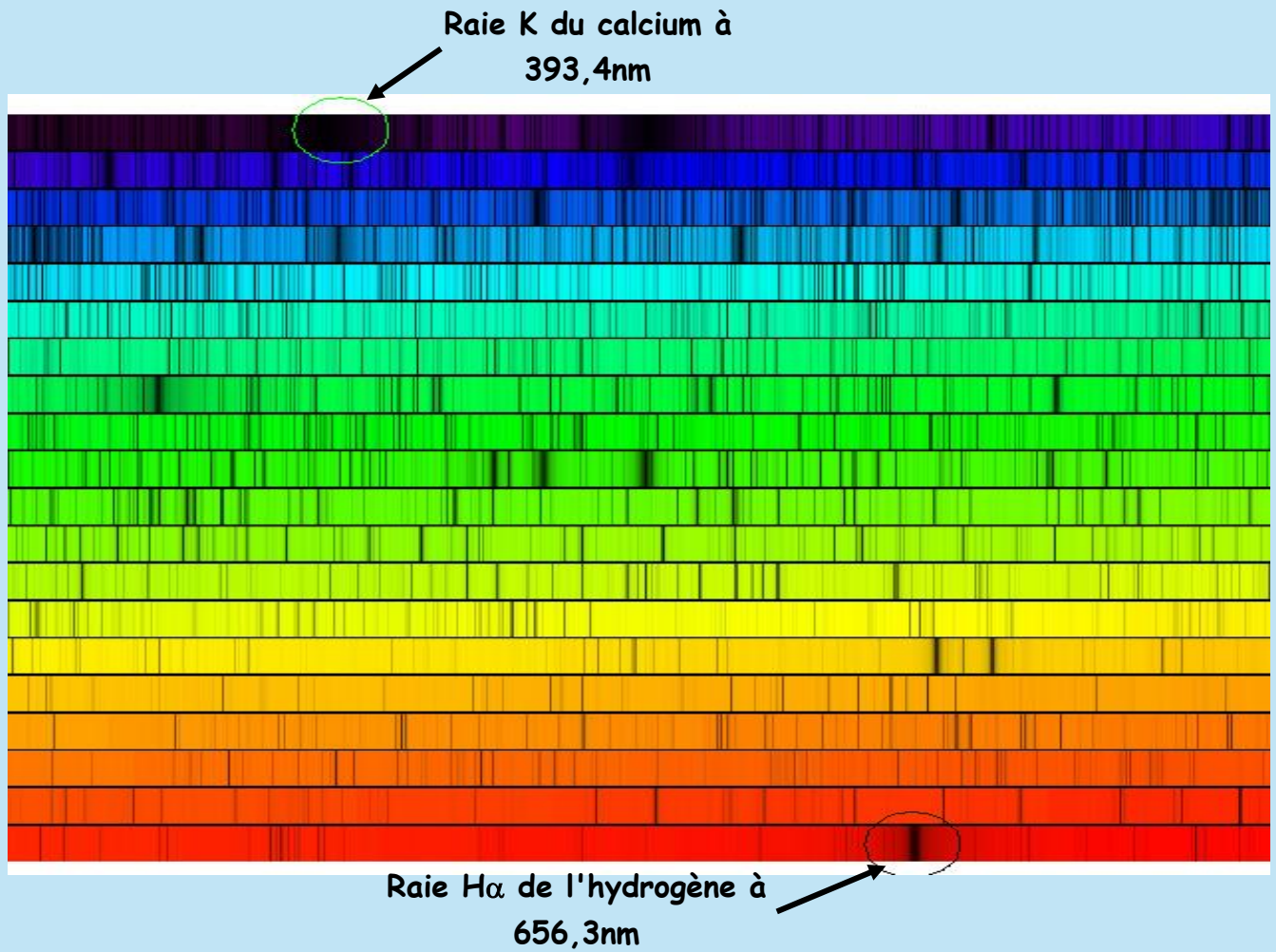
$$T = \frac{2,9 \cdot 10^{-3}}{480 \cdot 10^{-9}} \approx 6000 \text{ K}$$

Les spectroscopes à haute résolution permettent de réaliser des spectres solaires dans lesquels des milliers de raies sont disponibles. C'est un outil de diagnostic qui permet aux astronomes d'imager les différentes couches de l'atmosphère solaire.

Chacune de ces raies est caractéristique d'une transition entre 2 niveaux d'un atome particulier. Cela permet d'identifier les éléments chimiques présents dans une étoile.

Dans le rouge (bas à droite), la raie $H\alpha$ de l'hydrogène à 656,3 nm est universellement utilisée pour la chromosphère.

Dans le bleu (en haut à gauche), la raie K du calcium à 393,4 nm fournit une autre vision de la chromosphère.



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)
- [Vidéo 4](#)
- [Video 5](#)
- [Video 6](#)
- [Video 7](#)
-

Fabrication d'un spectroscop

Ce document permet la construction très rapide d'un spectroscop portatif utilisant un CD-ROM ou un DVD. Ce spectroscop 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 spectroscop à la résolution étonnante permettant de voir les raies de Fraunhofer sur le spectre solaire et d'admirer les magnifiques couleurs des raies spectrales en émission des lampes à fluorescentes. Emerveillement garanti!

Imprimer au format A4 le patron fourni sur le site de prof-TC (spectroscop).

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 (figure 1).

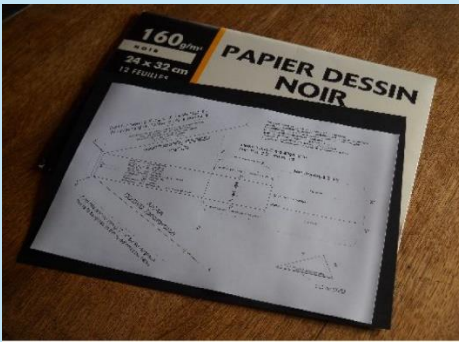


Figure 1



Figure 2



Figure 3

Découper suivant les pointillés aux ciseaux ou au cutter (figure 2).

Découper au cutter la fente d'entrée (figure 3). 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.

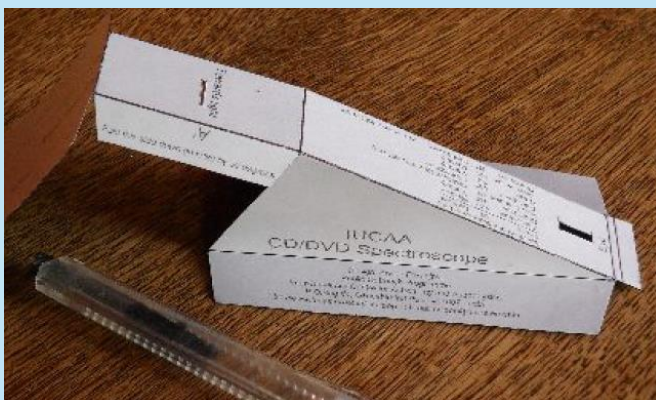


Figure 4



Figure 5

Plier comme indiqué sur l'image de la figure 4.

Achever le pliage et coller les onglets pour fermer la boîte (figure 5).

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 (figure 6).

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.

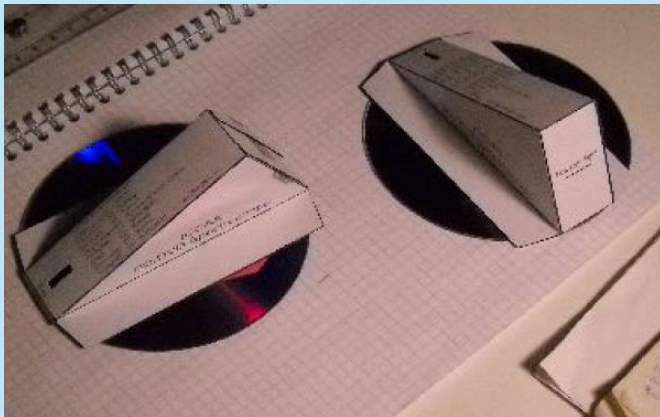


Figure 6

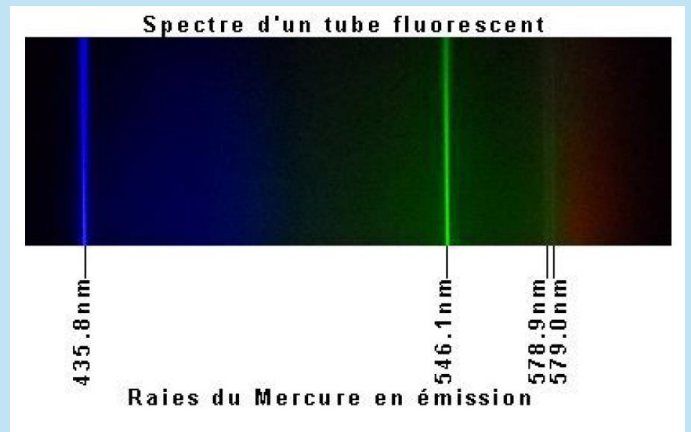


Figure 7

Approchez assez près d'un tube fluorescent ou d'une lampe à économie d'énergie en présentant la fente du spectroscopie vers cette source lumineuse et observez son spectre en plaçant l'œil tout contre la petite lucarne marquée **Œil** sur le pliage. Vous allez voir une série de traits lumineux horizontaux colorés allant du violet en haut jusqu'au rouge en bas.

Vous pouvez aussi prendre des photographies de ces spectres.

Pour en savoir plus sur les spectres consultez la partie intitulée "**Messages de la lumière - Identifier des éléments chimiques**".

Liens et Vidéos

- Activité - Fabrication d'un spectroscopie - [Instructions](#) - [Gabarit](#)
- Activité - Fabrication d'un spectroscopie - [Instructions et Gabarit](#)
- [Vidéo 1](#)

Faire dévier un filet d'eau

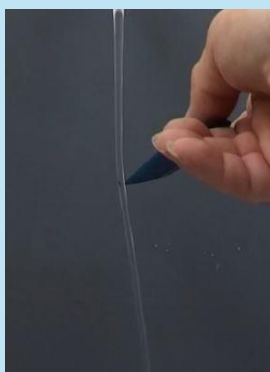
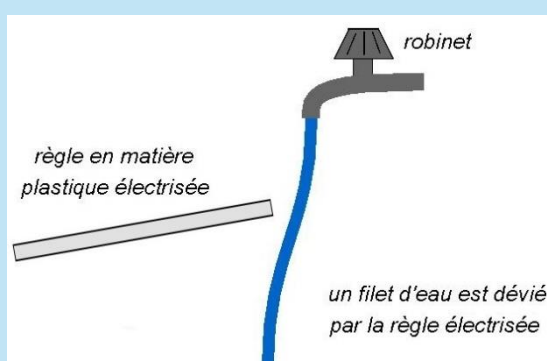
Frotter un objet en plastique avec un chiffon de laine : l'objet se charge électriquement.

On peut aussi frotter l'objet à charger contre des cheveux secs lavés depuis peu.

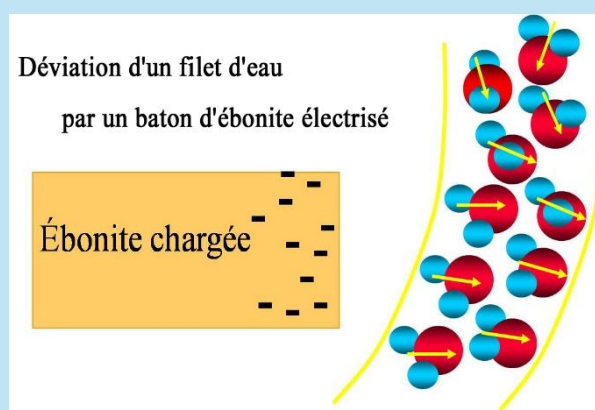
Ouvrir un robinet et le régler pour laisser couler un mince filet d'eau.

Le filet d'eau est dévié vers l'objet électrisé qu'on approche.

L'attraction cesse si le filet d'eau touche l'objet électrisé.



Chaque molécule d'eau possède un moment dipolaire électrique permanent. En l'absence de champ électrostatique, les molécules ont une orientation quelconque en raison de l'agitation thermique : le moment dipolaire global est donc nul. Une partie des molécules du filet d'eau s'oriente dans le sens du champ électrostatique non uniforme créé par l'objet chargé. Les charges électriques de chaque dipôle placé dans ce champ non homogène subissent des forces différentes. La force résultante qui s'exerce sur les dipôles est dirigée vers l'objet chargé : le filet d'eau est dévié.



Les charges que porte l'objet chargé peuvent s'échapper s'il entre en contact avec l'eau : l'objet devient électriquement neutre. Les molécules d'eau n'étant plus soumises à un champ électrostatique s'orientent de nouveau au hasard. Le filet d'eau n'est donc plus dévié.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Le carillon électrostatique

Préparez une sphère en polystyrène expansé recouverte d'aluminium et suspendez-la à un support par un fil de nylon très fin.

Placez-la entre deux plateaux en cuivre.

Branchez les sorties de la machine de Wimshurt aux bornes des deux plateaux en cuivre.

Faire fonctionner la machine de Wimshurt et observer la sphère située entre les deux plateaux.



La sphère fait plusieurs aller et retour entre les deux plateaux.

Remarques: Il faut trouver une dimension des plateaux qui ne soit ni trop grande ni trop petite.

Dans le cas du carillon, la sphère est d'abord attirée par l'un des deux plateaux, par exemple celui qui porte une charge positive.

Lorsqu'elle vient au contact de celui-ci, elle se charge positivement: elle est donc repoussée par le plateau en emportant une partie de cette charge positive.

Celui-ci l'attire vers l'autre plateau qui est chargée négativement. Au contact de celui-ci, la balle perd sa charge positive et prend une charge négative qui, lorsqu'elle sera suffisante, va la projeter en sens inverse vers le premier plateau, et ainsi de suite.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)

Les soucoupes volantes

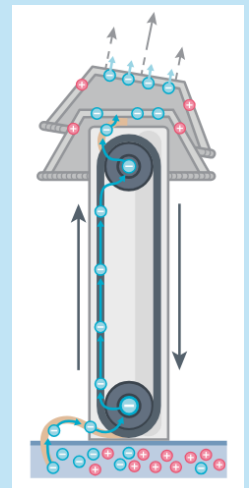
Sur un générateur électrostatique de Van de Graaff on dispose une dizaine de coupelles en aluminium.

On met en marche le générateur et on observe que les soucoupes s'envolent.

Lorsque le générateur est allumé, des particules de charges identiques s'accumulent sur les moules. Les particules de mêmes charges se repoussent, forçant les coupelles à s'éloigner les unes des autres. Chaque coupelle de la pile repousse la coupelle supérieure. Dès qu'il y a suffisamment de particules, la coupelle s'envole.



Ces particules chargées proviennent du frottement entre deux matériaux différents. Cette fois nous avons mis en place un système plus complexe et efficace. Le générateur se compose de deux essieux et d'une courroie. Lorsqu'on fait fonctionner le générateur, la courroie commence à bouger, frottant contre l'essieu. Le générateur est fait de matériaux qui permettent à la courroie de capter les électrons d'un essieu et de les donner à l'autre. Les particules chargées migrent de l'essieu inférieur vers l'essieu supérieur. L'essieu supérieur étant connecté aux coupelles en aluminium, il leur transmet ses particules chargées. A son tour, l'essieu inférieur est connecté à un substrat en métal qui sert de source de particules. La présence d'une source importante augmente l'efficacité du générateur.



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)

Ca décoiffe - Dresser les cheveux sur la tête

Un élève debout sur un support isolant (caisse en plastique ou en bois) place sa main sur la sphère du générateur Van de Graaff. Il faut s'isoler de la terre sinon les charges négatives retournent au sol.

On met le générateur en route et on observe.

Les cheveux de l'élève se dressent sur sa tête.

L'élève ayant toujours sa main sur la sphère on arrête le générateur et on décharge la sphère.

Chaque élément en contact avec la sphère et, isolé du sol, acquiert une charge électrostatique de même signe que la charge de la sphère.



Des particules chargées électriquement de signes opposés s'attirent et de mêmes signes se repoussent.

Quand un élève pose une main sur la sphère, les électrons se répandent sur cette personne en repoussant les autres électrons. Ils sont les plus visibles dans les cheveux d'une personne car les charges similaires des électrons se repoussent mutuellement et font dresser les poils et s'éloigner les uns des autres. Tant que la personne se tient sur une plateforme isolée, les électrons ne pourront pas descendre jusqu'au sol et ses cheveux resteront dressés.

Pendant l'expérience, le corps, et donc les cheveux, se chargent négativement. Les électrons en plus se repoussent car ce sont des charges du même signe. Les cheveux s'écartent alors les uns des autres. Plus le corps se charge plus les cheveux se lèvent.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)

Allumer une lampe sans contact

Nikola Tesla, un inventeur Serbo-Américain, est le cerveau derrière la bobine Tesla. Cet homme brillant, dont l'esprit créatif a largement dépassé son époque, a créé cette merveille d'ingénierie à la fin du 19ème siècle. La bobine Tesla est l'une de ses nombreuses inventions qui ont façonné le monde tel que nous le connaissons aujourd'hui.

Nikola Tesla, génie méconnu, est né en 1856 dans l'Empire autrichien, aujourd'hui la Croatie. Il a émigré aux États-Unis en 1884 et a commencé à travailler avec Thomas Edison, qui est devenu son rival. Tesla a contribué à l'élaboration du courant alternatif (AC), qui est maintenant le standard pour la distribution d'électricité.

Tesla a déposé plus de 300 brevets au cours de sa vie. Ses inventions vont du moteur à induction (qui a rendu possible le courant alternatif) à la radio, en passant par la bobine Tesla. Malgré ses contributions significatives, Tesla est resté largement méconnu jusqu'à récemment.

La bobine Tesla utilise le principe de la résonance pour amplifier la tension. La résonance se produit lorsque la fréquence d'un système oscille à sa fréquence naturelle. Dans le cas de la bobine Tesla, le circuit primaire est alimenté à une fréquence qui correspond à la fréquence naturelle du circuit secondaire. Cela permet d'obtenir une amplification maximale de la tension.

Peut-on récupérer l'énergie de la bobine Tesla ?

La bobine Tesla est principalement utilisée pour générer des arcs électriques impressionnants et non pour produire de l'énergie utilisable. Cependant, Tesla lui-même avait envisagé d'utiliser ses bobines pour transmettre de l'énergie sans fil. Bien que cette idée soit fascinante, elle n'a pas encore été réalisée à grande échelle.

Tesla rêvait d'un monde où l'énergie pourrait être transmise sans fil. Il a même commencé à construire une tour, connue sous le nom de Tour Wardenclyffe, pour tester cette idée. Cependant, en raison de problèmes financiers, le projet n'a jamais été achevé.

Lorsqu'une ampoule est à l'extérieur d'un bocal en verre mais toujours à proximité d'une bobine Tesla, elle s'allume grâce à un processus invisible appelé induction électromagnétique. Le bocal en verre, comme l'air qui l'entoure, est transparent au champ électromagnétique puissant et à haute fréquence créé par la bobine Tesla.



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)

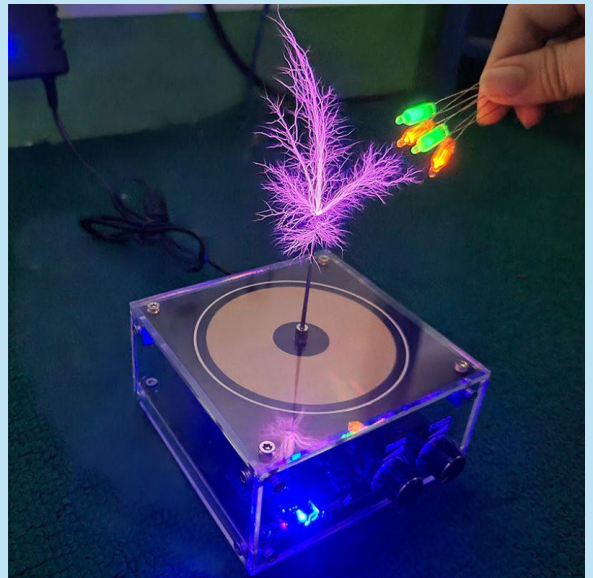
Musique avec des éclairs

La bobine Tesla est un transformateur résonant qui produit des tensions élevées à haute fréquence. Elle fonctionne en utilisant deux circuits (primaire et secondaire) qui partagent une bobine commune. Lorsque le circuit primaire est alimenté, il crée un champ magnétique qui induit une tension dans le circuit secondaire. Cette tension est ensuite amplifiée pour produire des arcs électriques spectaculaires.

La bobine Tesla est principalement utilisée pour générer des arcs électriques impressionnants et non pour produire de l'énergie utilisable. Cependant, Tesla lui-même avait envisagé d'utiliser ses bobines pour transmettre de l'énergie sans fil. Bien que cette idée soit fascinante, elle n'a pas encore été réalisée à grande échelle.

Tesla rêvait d'un monde où l'énergie pourrait être transmise sans fil. Il a même commencé à construire une tour, connue sous le nom de Tour Wardenclyffe, pour tester cette idée. Cependant, en raison de problèmes financiers, le projet n'a jamais été achevé.

Une bobine Tesla musicale, appelée aussi bobine Tesla chantante, est un circuit transformateur résonnant qui crée des tonalités musicales en modulant sa sortie d'étincelles électriques. Un circuit spécial avec Bluetooth à l'intérieur reçoit la chanson de votre téléphone. Il indique ensuite à la bobine Tesla à quelle vitesse allumer et éteindre ses arcs électriques, en correspondant au rythme et aux notes de la musique. Lorsque les arcs clignotent rapidement, ils créent des sons aigus, et lorsqu'ils clignotent lentement, ils produisent des sons graves. L'électricité chauffe l'air autour des arcs, et ces cycles rapides de chauffage et de refroidissement créent les vibrations sonores que nous entendons comme de la musique



Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)
- [Vidéo 4](#)
- [Vidéo 5](#)

A quelle vitesse se déplace le son

Mesure de la célérité du son avec FizziQ

La mesure de la vitesse du son dans l'air est **une des expériences les plus facilement réalisables avec un smartphone**. Pour les élèves, ce calcul est très satisfaisant, car si les ondes sonores sont un concept souvent abstrait, les nombreuses propriétés physiques de ce phénomène peuvent être facilement être étudiées avec l'appareil qu'ils ont dans leur poche.

Comme tout calcul de vitesse, l'objectif de cette méthode est de déterminer le temps que met l'onde sonore pour parcourir une certaine distance. La vitesse du son étant élevée, la mesure du temps nécessite un appareillage spécifique : le chronomètre sonore, ou chronomètre acoustique.

Un chronomètre sonore ou acoustique permet de mesurer l'écart de temps séparant deux sons dont le niveau sonore dépasse un certain seuil. Cet appareil ne se trouve pas sur une paillasse de labo mais de nombreuses applications pour smartphones existent qui proposent cette fonctionnalité. Dans FizziQ, l'élève peut soit accéder directement à un chronomètre sonore dans le menu Outils, soit construire son propre chronomètre à partir des Déclencheurs.



Dans ce protocole, on commence par **synchroniser les chronomètres** en les mettant côte à côte et on déclenche les chronomètres sonores en frappant dans les mains. Puis on déplace un des deux portables, d'une distance d . L'opérateur situé près de ce second portable arrête alors les deux chronomètres en frappant dans ses mains. Le calcul du décalage est alors très intuitif pour les élèves car ils mettent tout de suite en relation l'écart de distance qui crée le déphasage avec le déplacement d'un des deux portables.

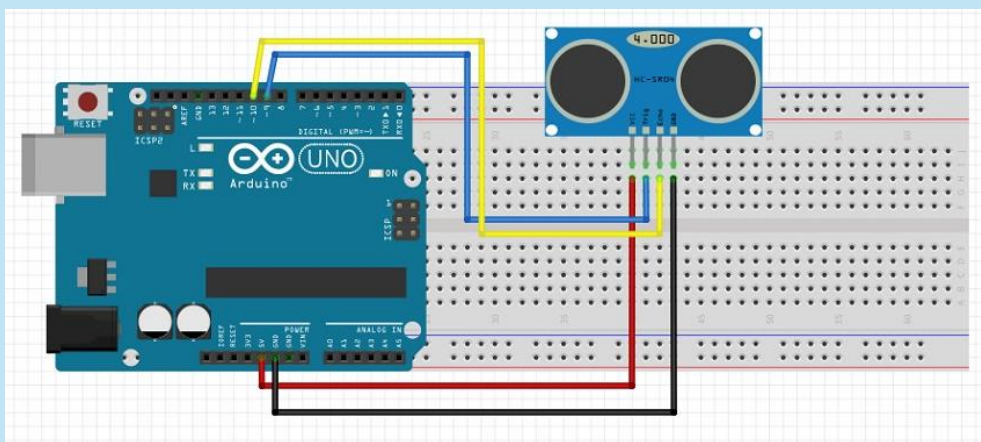
L'écart de temps dt est alors égal à : $dt = d/c$.

Mesure de la célérité du son avec Arduino

Le capteur de distance fonctionne sur le principe de l'écholocalisation: il est équipé d'un émetteur et un récepteur ultrason, ce qui lui permet de détecter des obstacles distants à la manière des chauves-souris ou des cétacés. Il peut être programmé pour émettre un court ultrason et calculer le temps de réception de son écho, qui est fonction de la distance de l'obstacle et de la vitesse du son.

Le câblage est on ne peut plus simple: un Arduino et un capteur de distance. Les pins "VCC" et "GND" du capteur de distance seront branchées sur 5V et ground respectivement.

Le pin "Trig" (émetteur) sera branché sur la prise 13 de l'Arduino, et le pin "Echo" (récepteur) sur la prise 12 de l'Arduino.



Télécharger le fichier Arduino: [Fichier](#).

Ensuite double cliquer sur le programme CeleriteSon.ino afin d'ouvrir le fichier dans Arduino. Ne rien modifier dans ce programme sauf sur instructions du professeur.

Cliquez sur la loupe en haut à droite de la fenêtre Arduino pour faire apparaître le moniteur série. Vous verrez alors dans la nouvelle fenêtre une succession de nombre: c'est le temps Δt de réception de l'écho, en microsecondes, rafraîchi toutes les secondes (la variable "dureeEcho")

Nous venons de mettre en place un programme permettant d'afficher le temps de parcours d'une onde sonore.

Étant donné que nous mesurons le temps mis par l'écho pour parvenir au récepteur, la distance parcourue par l'onde sonore sera le double (un aller-retour) soit **2xD**.

Positionnez l'obstacle à la distance souhaitée puis démarrez l'expérience en ouvrant la fenêtre du moniteur série (appuyer sur la loupe en haut à droite de la fenêtre Arduino).

Vous verrez s'afficher dans cette fenêtre le temps Δt , en microsecondes, mis par l'onde sonore pour faire un aller-retour entre le capteur et l'obstacle.

Connaissant la distance D entre le dispositif US et l'écran il est aisé de calculer la vitesse des ondes ultra sonores en utilisant la relation:

$$V_{\text{son}} = 2D/\Delta t$$

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)

Faire léviter des petits objets par le son

La lévitation ultrasonique/acoustique est une option éprouvée dans l'industrie pour le support sans contact de matériaux légers et sensibles, ainsi que pour la manipulation d'échantillons sans contact. En savoir plus sur la lévitation ultrasonique et ses applications dans l'industrie et la science ! [Vidéo de prof-TC](#).

La lévitation acoustique est une méthode scientifiquement prouvée et adoptée par l'industrie pour la manipulation sans contact de matériaux et le positionnement d'échantillons. La lévitation ultrasonique, en tant que méthode de manipulation sans contact, est utilisée pour manipuler des pièces fragiles et sensibles à la surface, par exemple des wafers, des micropuces ou de fines plaques de verre, sans impact mécanique.

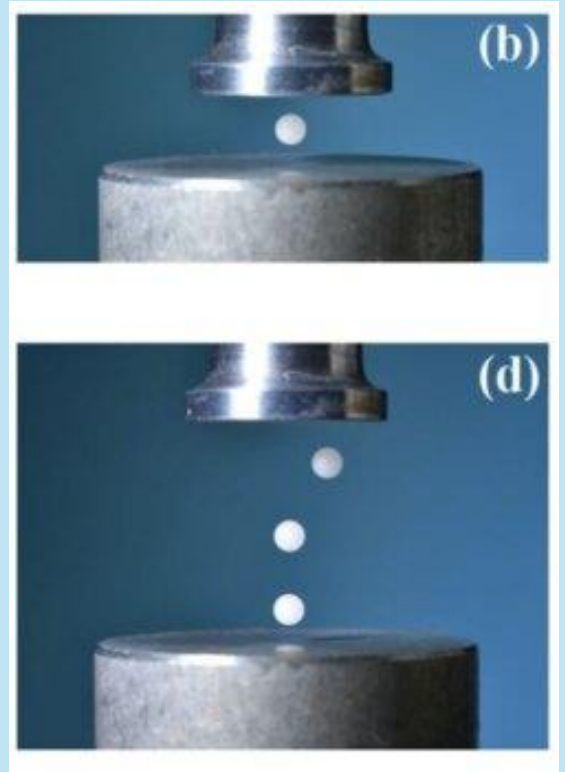
En raison de la manipulation sans contact des matériaux et des échantillons, la lévitation ultrasonique a été mise en œuvre dans des applications industrielles, scientifiques et analytiques.

Dans l'industrie, la lévitation ultrasonique est utilisée comme méthode fiable pour le traitement sans contact et sans conteneur de puces électroniques et d'autres objets petits et délicats, qui sont susceptibles d'être endommagés par un contact physique même léger.

Un autre domaine d'application est la manipulation de matériaux de très haute pureté ou de réactifs chimiques, qui seraient influencés par un conteneur.

La lévitation acoustique décrit l'application d'ondes ultrasonores à un fluide, généralement un gaz (par exemple l'air). Lorsque l'onde ultrasonore traverse le gaz, elle contrebalance la force de gravité. - avec pour conséquence que des objets peuvent flotter dans l'air sans être soutenus. Cet effet d'un objet flottant dans une onde sonore nécessite le phénomène d'onde stationnaire. Une onde stationnaire se forme lorsque deux ondes identiques provenant de directions opposées se superposent. Par conséquent, dans une installation de lévitation acoustique, un transducteur ultrasonique est utilisé pour créer des ondes de pression longitudinales et un réflecteur de l'autre côté réfléchit les ondes, de sorte que les ondes identiques provenant des deux côtés peuvent se superposer et former une onde stationnaire.

L'onde de pression longitudinale des ultrasons intenses permet de planer sans contact dans l'air. Ces ondes ultrasonores stationnaires ont des nœuds définis. Un nœud est la zone de pression minimale, tandis qu'un antinœud est défini comme la zone de pression maximale. Les nœuds d'une onde stationnaire se trouvent au centre de la lévitation acoustique. Les lévitateurs à ultrasons



fonctionnent en positionnant le champ d'ondes stationnaires au-dessus d'une sonde à ultrasons (sonotrode) et en utilisant un réflecteur.

Liens et Vidéos

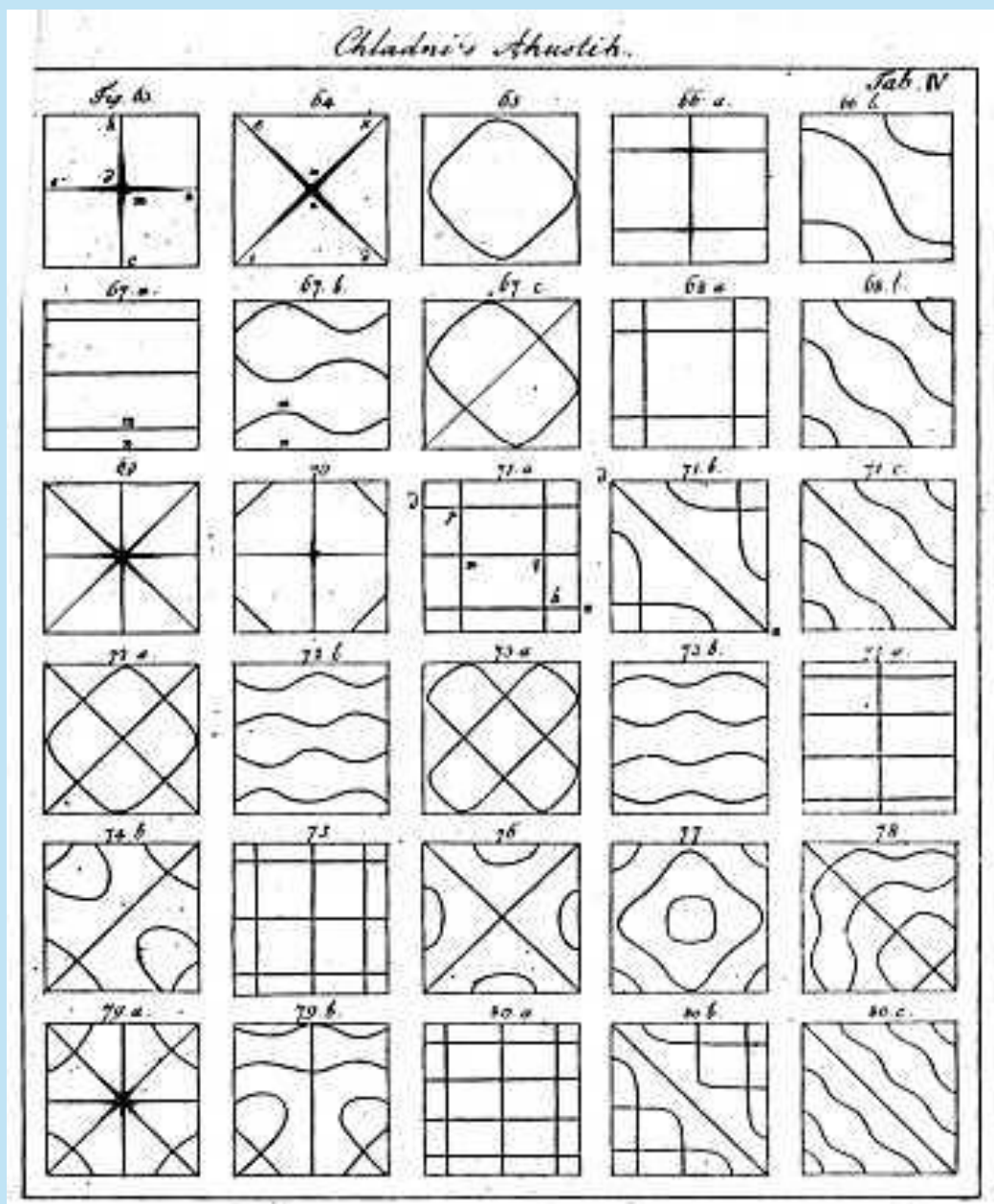
- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Voir le son

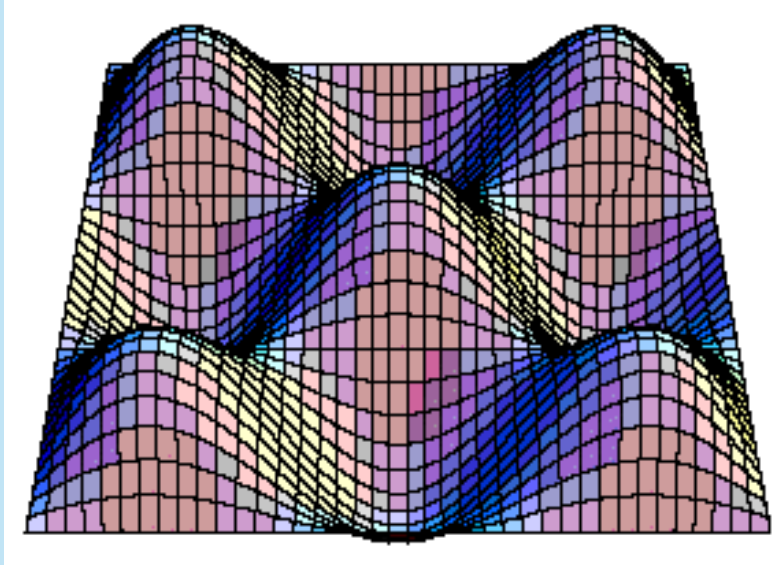
Les figures de Chladni sont les motifs géométriques que forme une poudre sur une plaque en vibration. Elles sont ainsi nommées en l'honneur du savant allemand Ernst Chladni.

Les figures de Chladni dépendent de la fréquence de vibration de la plaque. Elles tracent les lignes nodales, c'est-à-dire les lignes des nœuds de vibration, là où les ondes stationnaires sont destructives et l'amplitude minimale. À chaque motif correspond un mode propre excité.

Au cours de l'expérience, la fréquence d'excitation de la plaque augmente (d'où un son produit de plus en plus aigu). La modification de la fréquence de vibration fait évoluer la figure formée par le sable. Le physicien et musicien Ernest Chladni a été le premier en 1789 à répertorié les différentes figures existantes :



Ces figures se forment car la plaque carrée possède différents modes de vibrations. C'est-à-dire que les différentes zones de la plaque ne vibrent pas à l'unisson. Pour un mode donné, certaines zones ont une forte amplitude de vibration alors que d'autres ont une amplitude très faible. L'existence de ces modes de vibrations est due au fait que les vibrations sont imposées en un point particulier de la plaque (ici au centre). Un exemple de l'amplitude de vibration des différents points de la plaque pour un mode donné est représenté ci dessous :



Les grains de sable seront donc fortement accélérés dans les zones où les vibrations sont de fortes amplitudes (les bosses et les creux sur le schéma précédent). Ceux ci décollent de la plaque avant de retomber et de rebondir. Ces rebonds successifs vont mener les grains vers les zones de faibles vibrations où ils ne rebondiront plus et stagnerons. Les figures géométriques qui apparaissent correspondent donc aux zones où la plaque vibre peu.

Cependant, la vibration d'une plaque n'est sensible que pour certaines fréquences bien particulières, appelées fréquences de résonance. Pour chacune de ces fréquences de résonance, les modes de vibrations de la plaque diffèrent. En d'autres termes les lieux de fortes et faibles amplitudes de vibrations ne sont pas les mêmes. C'est pourquoi au passage de chaque fréquence de résonance le motif dessiné par le sable change.

Enfin, la taille des motifs de la figure diminue à mesure que la fréquence de vibration augmente. Cette observation laisse à penser que la distance entre les lieux de faibles vibrations est liée à la longueur d'onde des vibrations de la plaque. Cette longueur d'onde diminue avec l'augmentation de la fréquence.

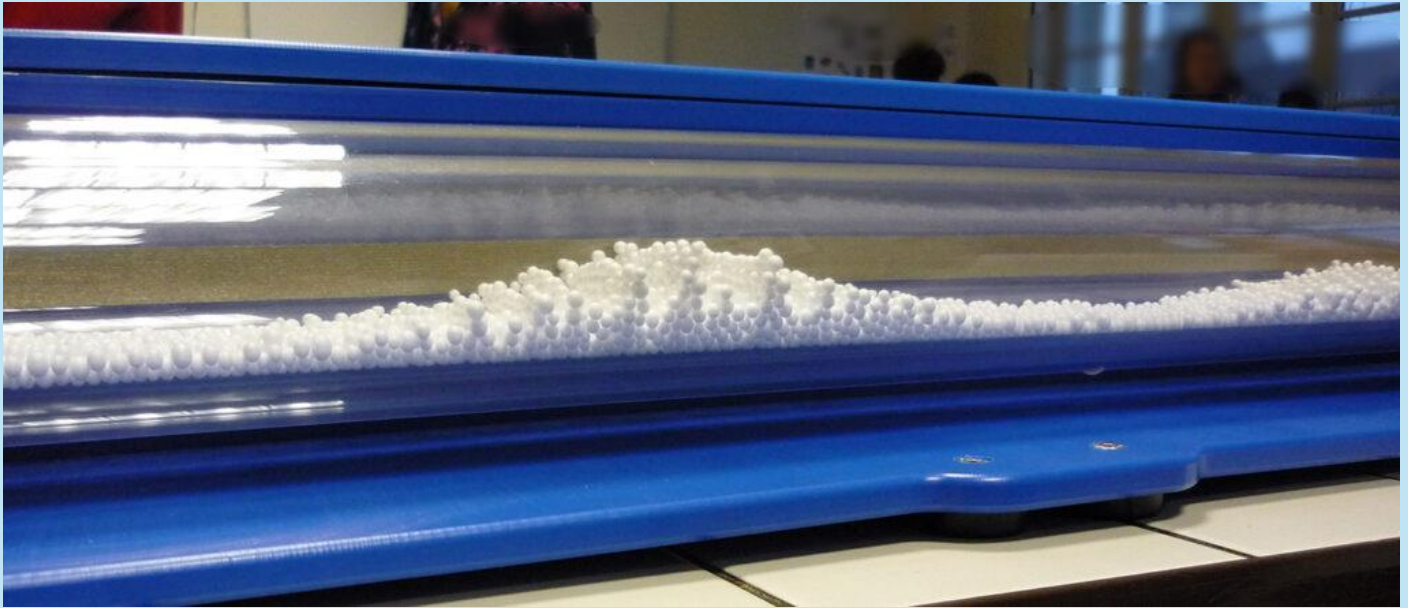
Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)
- [Video 4](#)
- [Video 5](#)

Voir les ondes sonores

Une première expérience consiste à faire vibrer des billes de polystyrène dans un tube, grâce à un haut parleur. Les élèves choisissent une fréquence donnée du son et visualisent le mouvement des petites billes.

A 150 Hz (150 allers/retours de la membrane du haut parleur, par seconde) cette fréquence produit un son grave. L'amplitude est grande et une seule vague se produit dans le tube. On visualise, en réalité, une onde stationnaire.



A 380 Hz, cette fréquence produit un son plus aigu, l'amplitude est deux fois moins grande, il y a deux ondes stationnaires dans le tube.

Pour créer une troisième « vague », il faut encore augmenter la fréquence... jusqu'à 570 Hz.

On peut aussi réaliser cette expérience avec un tube de Ruben avec des flammes c'est plus spectaculaire mais seul une personne expérimentée peut l'utiliser.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Poids d'un objet sur les différentes planètes - Force et gravitation

Le système solaire est composé d'une étoile(le Soleil), et de huit planètes. De la plus proche du Soleil à la plus éloignée:

Mercure, Vénus, Terre, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, et Neptune . Pluton est maintenant considérée comme une planète naine. Ces planètes tournent autour du Soleil selon des trajectoires pratiquement circulaires.



Des satellites naturels tournent autour de certaines planètes (par exemple: la Lune autour de la Terre). On peut comparer l'interaction entre la Terre et la Lune à un lanceur de marteau, mais dans le premier cas c'est une action à distance (comme l'action d'un aimant par exemple), et dans le deuxième cas, c'est une action de contact

La gravitation est une interaction attractive à distance entre deux objets ayant une masse.

Cette interaction dépend de leur distance et de leur masse.

La Lune est attirée par la Terre à cause de la gravitation, mais elle ne tombe pas dessus grâce à sa grande vitesse

Le poids d'un corps est l'attraction gravitationnelle qu'exerce la Terre sur un objet. C'est donc une force.

Le poids d'un objet dépend de la planète sur laquelle on se trouve et de la distance de l'objet avec le centre de cette planète.

La masse n'est pas une force, elle est liée à la matière dont est constitué l'objet. Elle ne change pas même si on change de planète.

Le poids et la masse sont proportionnels. Le coefficient de proportionnalité est appelé intensité de pesanteur et est noté g . La valeur de g est proche de 10 N/kg à proximité de la Terre.

$$P = m \times g$$

P en N m en kg et g en N/kg



Astre	Mercure	Venus	Terre	Lune	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
g (N/kg)	3,7	8,9	9,8	1,6	3,6	24,8	9,0	8,7	11,1
m (t)	3×10^{20}	5×10^{21}	6×10^{21}	7×10^{19}	6×10^{20}	2×10^{24}	6×10^{23}	9×10^{22}	1×10^{23}

Vous disposez de 8 objets de même volume mais de masse différentes correspondant au poids qu'ils auraient sur différentes planètes. Le but est de les classer par ordre de poids croissant. Mesurer leurs poids avec un dynamomètre et noter les résultats. Puis avec un raisonnement ça explique, puis un petit calcul retrouver la valeur de la pesanteur sur chacune des planètes.



Liens et Vidéos

- [Calculateur de poids](#)
- [Vidéo 1](#)

Pression de l'air - Hémisphères de Magdebourg

Loi ou phénomène : Mise en évidence du « vide ». La pression atmosphérique s'exerce dans toutes les directions.

Description : Il s'agit de deux hémisphères creux en laiton qui peuvent s'appliquer l'un contre l'autre. Leurs bords sont garnis d'une rondelle de cuir enduite de suif, ce qui permet un contact hermétique. Un des hémisphères porte un robinet qui permet de le visser sur une pompe à vide. L'autre un anneau qui sert de poignée.

Expérience : Initialement, on peut désolidariser les deux hémisphères. On visse l'hémisphère sur la machine pneumatique. On pose le second hémisphère sur le premier. La machine pneumatique mise en route, l'air est raréfié dans les deux hémisphères. Puis, le robinet est fermé et l'ensemble des deux hémisphères dévissés. On constate alors qu'il est quasiment impossible de les séparer.

On ouvre le robinet ; l'air remplit les deux hémisphères que l'on peut séparer très facilement.

Remarque : Les tubes de télévision dans lesquels on a fait un vide poussé présentent un risque d'implosion car la pression atmosphérique s'exerce dans toutes les directions sur l'enveloppe externe du tube.

Cette expérience fut conçue par Otto von Guericke. Ce physicien allemand spécialisé en pneumatique était également le bourgmestre de Magdebourg, d'où la dénomination des hémisphères. En 1654, cette expérience fut présentée à l'Empereur Ferdinand III : des hémisphères de 50 cm de diamètre n'avaient pu être détachés par des attelages de quinze chevaux. Le spectaculaire de cette démonstration fut largement relayé dans toute l'Europe.

Cette expérience mit à mal l'horror-vacui chère à Aristote et ébranla les modèles aristotéliens qui régnaient dans tous les domaines scientifiques jusqu'alors. Il fallut encore un siècle de recherches, tant en physique qu'en chimie, pour que ces modèles soient définitivement abandonnés.

La seconde loi est également montrée à l'aide d'une sphère de Pascal.



Liens et Vidéos

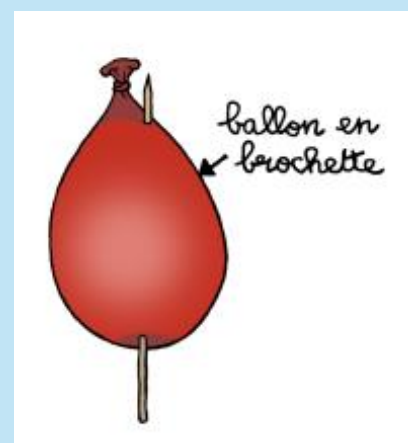
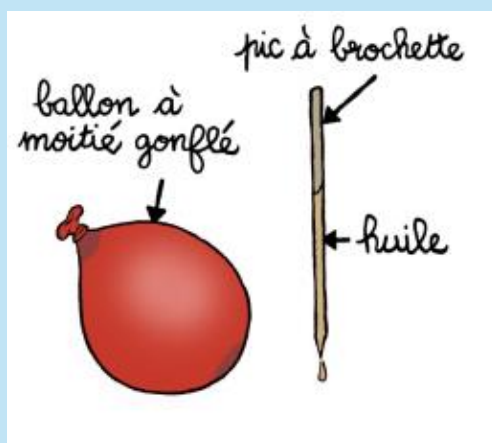
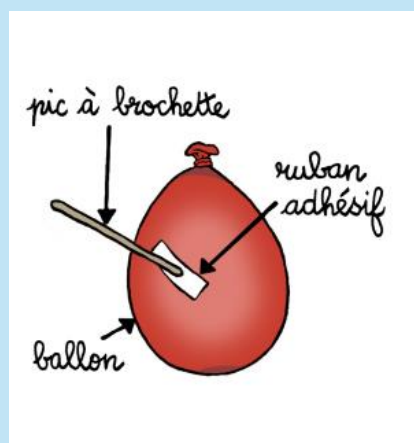
- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)
- [Vidéo 3](#)

Eclate ou pas : Le ballon en brochette

Gonfle un ballon et fais un nœud. Si tu le perces avec un pic à brochette, il éclate ! Gonfle un autre ballon et colle un morceau d'adhésif dessus. Pique à cet endroit. Le ballon n'éclate pas !

Prends un nouveau ballon et gonfle-le à la moitié. Trempe ton pic à brochette dans l'huile et égoutte-le au-dessus de l'évier. Il glissera plus facilement.

Observe les deux extrémités du ballon : le caoutchouc y est plus foncé et plus épais. Enfonce le pic à l'opposé du nœud, tout doucement, en le faisant tourner. Il traverse, et le ballon n'éclate pas ! Essaie de faire ressortir le pic près du nœud. Ta brochette est prête !



Quand tu gonfles un ballon, le caoutchouc élastique se tend. Si tu fais un trou, le caoutchouc tire sur les bords du trou et l'agrandit très vite... Paf ! Ça éclate. L'adhésif, lui, empêche le caoutchouc de tirer autour du trou. Pfff... l'air s'échappe doucement. Le caoutchouc est moins tendu aux deux extrémités du ballon. Quand tu perces à ces endroits-là, il ne tire pas sur les bords du trou. Le ballon n'éclate pas.

Un ballon de baudruche est constitué de caoutchouc qui est constitué de longues chaînes carbonées dont la cohésion est assurée par des forces de van der Waals. Au cours de la vulcanisation, il y a réticulation des chaînes carbonées par le soufre. Les « ponts » sulfure entre les chaînes se comportent comme des ressorts et permettent l'extension du matériau lorsqu'on gonfle le ballon.

Une tension trop importante conduit à la rupture des ponts sulfure : c'est la raison pour laquelle un ballon trop gonflé peut éclater. Les ponts sulfure se cassent avant les chaînes carbonées car l'énergie de liaison des atomes de soufre dans un pont sulfure est d'environ 210 kJ.mol^{-1} alors que l'énergie de liaison de deux atomes de carbone dans la chaîne carbonée est de l'ordre de 340 kJ.mol^{-1} . La piqure avec la pointe de l'épingle détruit localement les ponts sulfure.

La structure du caoutchouc ressemble à un réseau de mailles dans lequel les ponts sulfure sont tendus : la déchirure initiale des ponts sulfure due à la piqûre s'y propage donc le long des chaînes et le ballon éclate. Le bruit de l'explosion résulte de l'expansion adiabatique rapide de l'air qui était sous pression dans le ballon, il a la même origine que le bruit fait par un bouchon de champagne qui saute.

Les morceaux de ruban adhésif protègent le ballon car ils empêchent la déchirure de se propager dans le caoutchouc.

Et sans ruban adhésif? Ça marche?

- Gonfler le ballon de baudruche ni trop, ni trop peu. Nouer l'embouchure.
- Tremper le pique à brochette dans le liquide vaisselle.
- Transpercer le ballon avec le pique à brochette de part en part au niveau de la partie la plus épaisse du ballon (le nœud et la partie opposée).



Comment ça marche et que voit-on ?

Le ballon, bien que transpercé, n'éclate pas, car il a été percé en deux endroits précis : près du nœud et en son point diamétralement opposé, là où le caoutchouc est plus foncé.

Liens et Vidéos

- [Vidéo 1](#)
- [Vidéo 2](#)