

Les étoiles : l'analyse de la lumière provenant des étoiles donne des informations sur leur température et leur composition. Cette analyse nécessite l'utilisation de systèmes dispersifs.

Les spectres d'émission et d'absorption :
spectres continus d'origine thermique,
spectres de raies.
Raies d'émission ou d'absorption d'un atome
ou d'un ion.
Caractérisation d'une radiation par sa
longueur d'onde.

Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température.

Repérer, par sa longueur d'onde dans un spectre d'émission ou d'absorption une radiation caractéristique d'une entité chimique.

Utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres d'émission et d'absorption et comparer ces spectres à celui de la lumière blanche.

Savoir que la longueur d'onde caractérise dans l'air et dans le vide une radiation monochromatique.

Interpréter le spectre de la lumière émise par une étoile : température de surface et entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile.

Connaître la composition chimique du Soleil.

I Les spectres d'émission.

1) Le spectroscopie.

Pour décomposer la lumière émise par une source lumineuse, on peut utiliser **un spectroscopie**. Le spectroscopie est constitué d'une fente par laquelle la lumière rentre, d'un prisme ou d'un réseau* qui décompose la lumière et d'un dispositif optique qui nous permet d'observer le spectre.

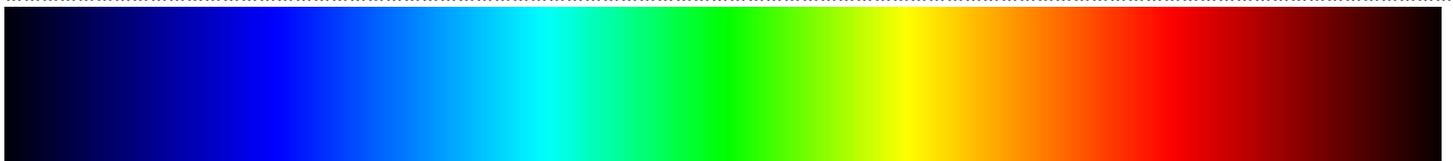
On appelle **spectre d'émission** le spectre obtenu directement à partir d'une source de lumière.

***réseau** : support transparent sur lequel se trouvent des traits parallèles et équidistants opaques.

2) Les spectres continus.

a) Expérience

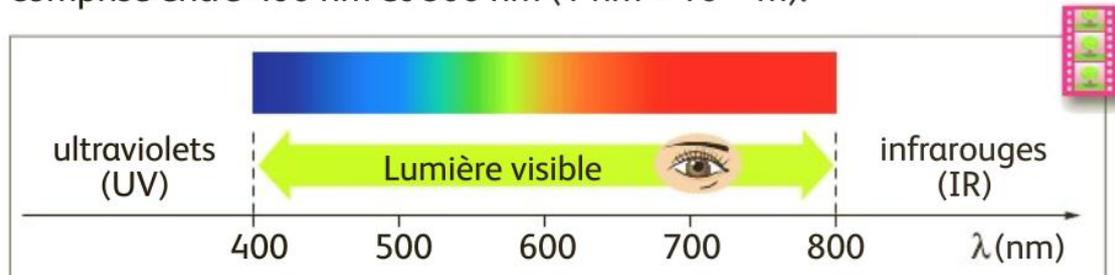
Si on décompose, avec un réseau, la lumière blanche émise par la lampe d'un rétroprojecteur, on obtient



La lumière blanche est polychromatique. Chaque nuance colorée de son spectre correspond à une radiation monochromatique.

- On associe à chaque radiation une grandeur appelée longueur d'onde dans le vide.
- On la note λ et elle s'exprime en mètre.

L'œil n'est sensible qu'aux radiations dont la longueur d'onde est comprise entre 400 nm et 800 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$).



b) Spectre continu et température.

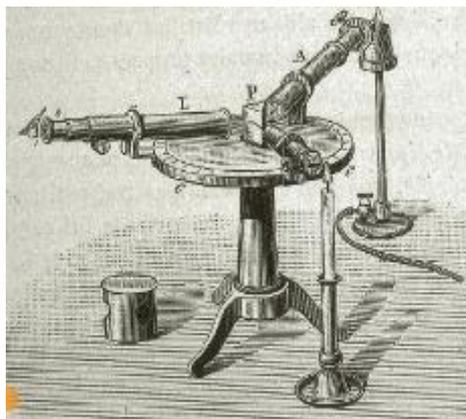
► Un solide incandescent émet une lumière dont la couleur change selon la température. Examinons cette propriété dans le cas d'un filament de lampe à incandescence.

DISPOSITIF On éclaire un écran blanc avec un rétroprojecteur alimenté par l'intermédiaire d'un variateur.

Expérience

- Diminuer la tension d'alimentation du rétroprojecteur jusqu'à extinction complète.
- Recommencer cette opération en projetant le spectre de la lumière émise par le rétroprojecteur (**document 6**).

6 Réalisation du spectre de la lampe d'un rétroprojecteur.



1 Observer

a. La température du filament varie dans le même sens que la tension d'alimentation. Comment évolue la couleur de la lumière émise lorsque la température diminue ?

b. Les couleurs du spectre sont-elles toutes conservées lorsque la température du filament diminue ? Sinon, lesquelles disparaissent en premier ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



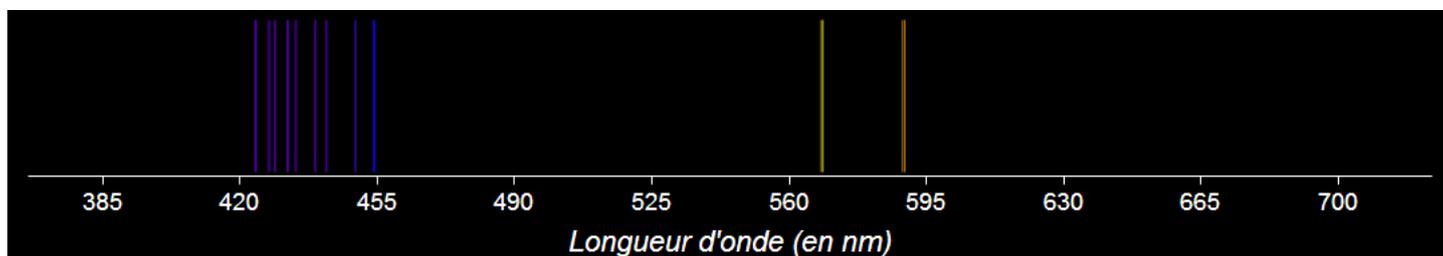
3) Spectres de raies d'émission.

Un gaz sous faible pression excité par des décharges électriques émet des radiations lumineuses de longueurs d'onde caractéristiques

a) Spectre de la lumière émise par une lampe à vapeur de sodium (Na).

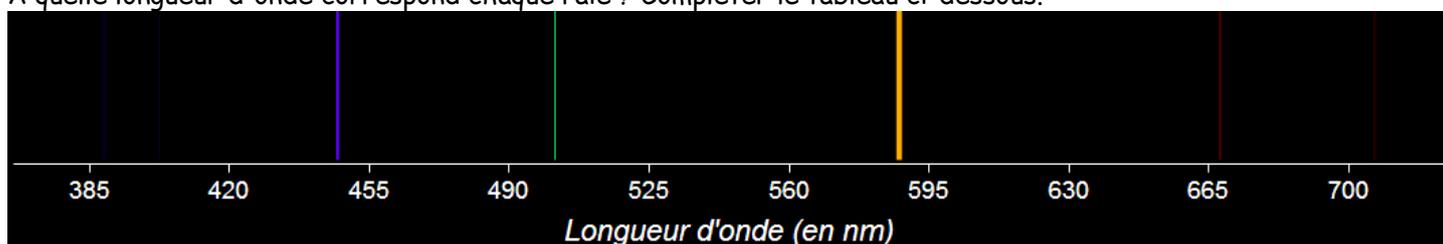
Dans cette lampe, il y a des atomes de sodium à l'état gazeux qui émettent de la lumière à la suite de décharges électriques. Avec le spectroscopie (SPID-HR) on peut observer le spectre de la lumière émise. Il s'agit d'un **spectre de raies d'émission**. Voir ci-dessous le spectre connu du sodium.

Qu'observe-t-on effectivement avec le SPID-HR ?



b) Spectre de la lumière émise par une lampe à vapeur d'hélium (He).

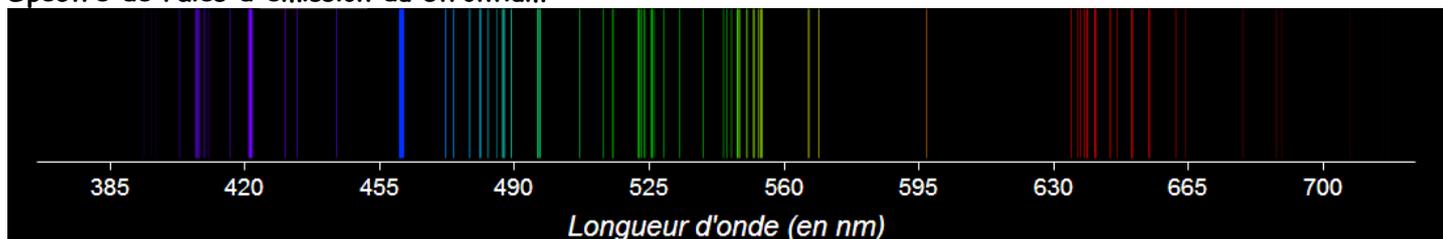
Cette lampe contient des atomes d'hélium à l'état gazeux qui émettent la lumière à la suite de décharges électriques. A quelle longueur d'onde correspond chaque raie ? Compléter le tableau ci-dessous.



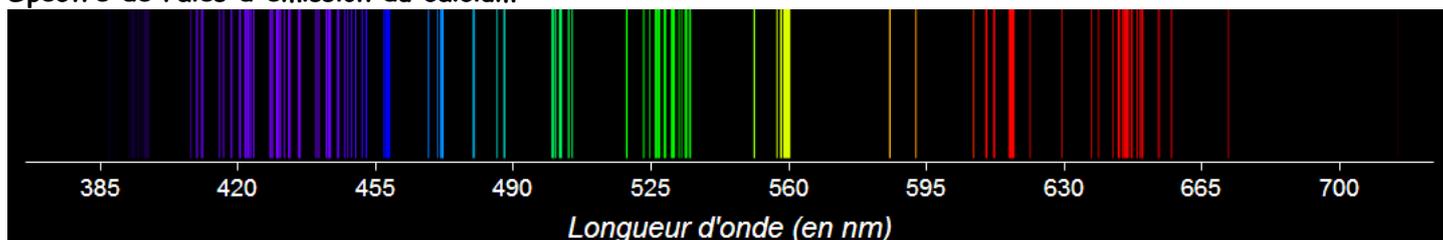
Couleur					
Longueur d'onde (nm)					

c) Autres spectres de raies d'émission.

Spectre de raies d'émission du strontium

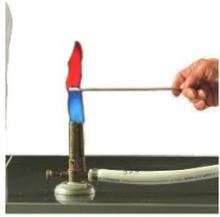


Spectre de raies d'émission du calcium



d) Quelles informations peut-on tirer de l'observation des raies d'un spectre ?

Voir le Wiki suivant : http://wiki.scienceamusante.net/index.php?title=Flammes_color%C3%A9es



DISPOSITIF On dispose d'une lampe à vapeur de sodium, de différents solides cristallisés (chlorure de sodium, de calcium, de strontium, etc.), d'un bec Bunsen.

Expérience

- Pendant qu'un camarade introduit quelques cristaux dans la flamme bleu pâle, observer celle-ci à l'œil nu, puis à travers un spectroscopie de poche.
- Dans le cas du chlorure de sodium, comparer le spectre obtenu avec celui de la lampe à vapeur de sodium.

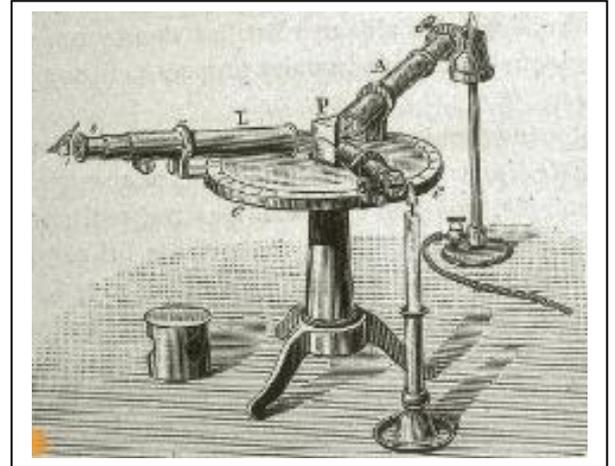
observation
spectre
flamme.

1 Observer

- a. Quelle est l'influence de la composition du solide introduit sur la lumière émise ?
- b. Quelles ressemblances peut-on noter dans le cas du chlorure de sodium et de la lampe à vapeur de sodium ? Comment peut-on les expliquer ?

2 Conclure

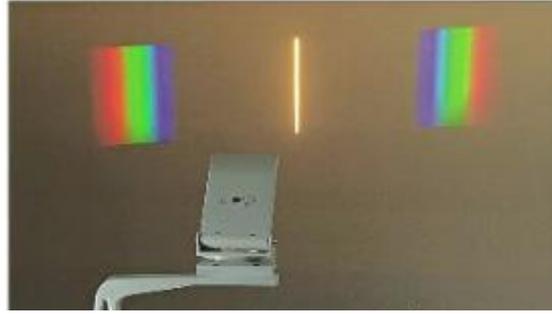
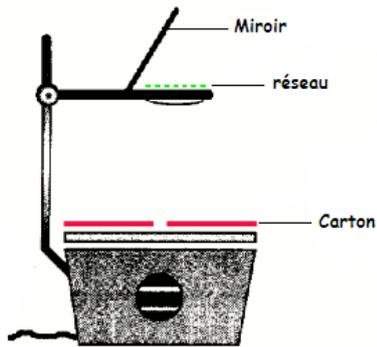
Quel type de renseignement peut fournir l'analyse des raies d'un spectre ?



II Les spectres d'absorption

Comment est modifié le spectre de la lumière blanche quand celle-ci traverse une solution colorée ?

Dispositif expérimental :



La source de lumière blanche est constituée par la lampe d'un rétroprojecteur.

Deux morceaux de carton placés sur le rétroprojecteur simulent une fente.

Un réseau est un système dispersif qui permet d'obtenir le spectre de la lumière blanche qui le traverse (en fait deux spectres symétriques de part et d'autre l'image de la fente).

Un miroir incliné à 45° permet de visualiser ce spectre sur un mur.

Placez successivement sur le rétroprojecteur les solutions colorées ci-dessous de façon à ce que la lumière blanche les traverse.

Solution de sirop de menthe :

1- Quelle est la couleur de la solution ?

2- Dessinez le spectre observé.

3- Un tel spectre est qualifié de **spectre d'absorption**. Justifiez cette appellation.

4- Quelles sont les radiations absorbées par la solution ?

5- Quelle lumière colorée obtient-on en superposant les radiations absorbées ?

6- Que peut-on dire de la couleur de la solution et de la couleur de la lumière absorbée ?

Solution de permanganate de potassium :

1- Quelle est la couleur de la solution ?

2- Dessinez le spectre observé.

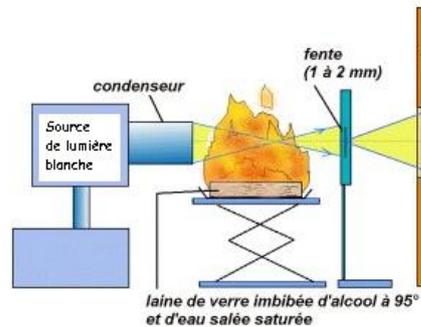
3- Quelles sont les radiations absorbées par la solution ?

4- Quelle lumière colorée obtient-on en superposant les radiations absorbées ?

Comment est modifié le spectre de la lumière blanche quand celle-ci traverse un gaz froid ?

Voir le film suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=oWNyzM2oN30>

Du chlorure de sodium (sel) a été dissous dans de l'alcool puis la solution obtenue a été placée dans un bol avec un coton imbibé puis allumé. La lumière blanche traverse la flamme colorée.



Observez le spectre de la lumière transmise par la flamme (vers 2min20s). Dessinez le spectre obtenu.



Quelle particularité présente ce spectre par rapport à celui de la lumière blanche ?

Un tel spectre est appelé **spectre d'absorption de raies**. Justifiez cette appellation.

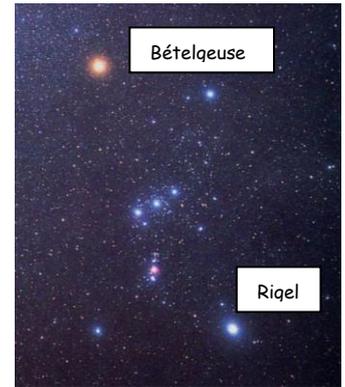
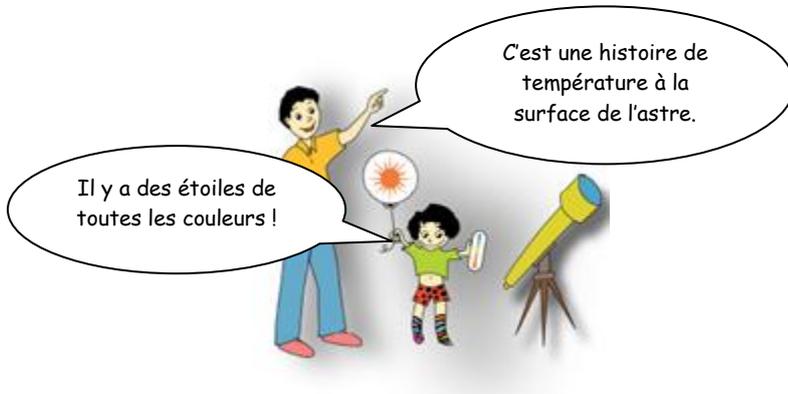
Chaque raie d'absorption est caractérisé par un nombre appelée longueur d'onde dans le vide et noté par la lettre grecque lambda λ . Utilisez le logiciel CHROMA (dossier Sciences Physiques du bureau) - Spectres - et cherchez la longueur d'onde de la raie caractéristique du sodium (Na).

Comparez le spectre d'absorption du sodium à son spectre d'émission.

Que pouvez-vous dire des longueurs d'ondes des raies d'émission et des raies d'absorption du sodium ?

III Application des spectres à l'astrophysique. Comment utiliser la lumière reçue d'une étoile pour déterminer certaines de ses caractéristiques ?

1) Etoiles et couleurs.



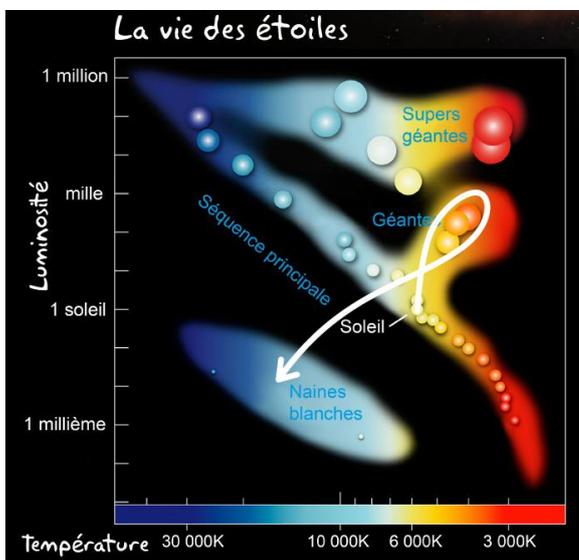
La constellation d'Orion vue au télescope.

C'est une histoire de température à la surface de l'astre. Le fer dans la forge devient rouge quand sa température s'élève entre 700 °C et 1000 °C. Si on continue à le chauffer, son spectre initialement riche dans le domaine des radiations rouges-oranges, s'enrichit dans les radiations vertes, bleues puis violettes. Il passe par toutes les couleurs de l'arc en ciel. N'importe quel corps porté à une température donnée, indépendamment de sa composition, prend une teinte précise.

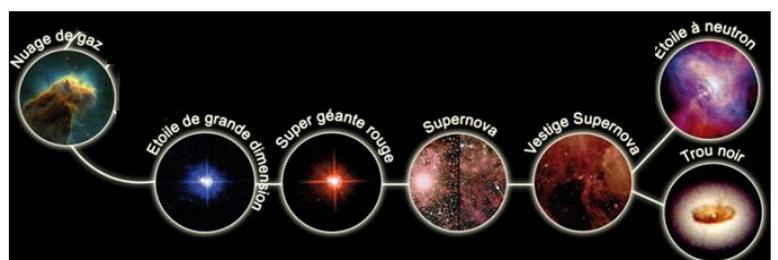
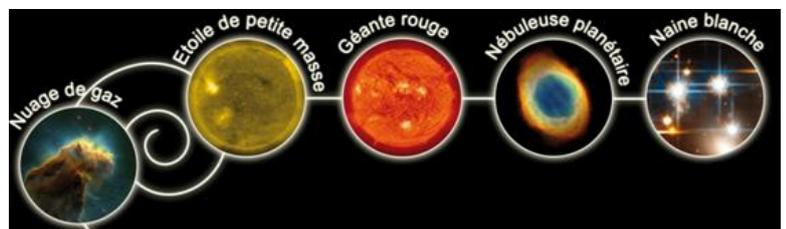
Pour les étoiles, c'est pareil. La température fixe la couleur, quel que soit le corps : rouge jusqu'à 3000 °C, jaune comme le Soleil à 6000°C, blanche comme Sirius ou Véga à 10 000 °C, bleue comme Spica ou Rigel à 20 000 °C.



La masse d'une étoile détermine sa température. Plus une étoile est massive, plus son noyau central est chaud et plus sa température superficielle grimpe. Par exemple, le cœur jaune du soleil est à 15 millions de degrés Celsius tandis que celui de la bleue Sirius est à 40 millions de degré Celsius environ. Les grosses étoiles sont bleues, les petites rouges ou jaunes, du moins au début de leur vie.



*Evolution de la vie des étoiles en fonction de leur couleur
La température y est exprimée en Kelvin (K)*



Deux évolutions possibles

Une fois que l'étoile a consommé son hydrogène au centre, elle se contracte et c'est une nouvelle jeunesse qui commence. Deux évolutions sont alors possibles :

- pour les étoiles de faible masse comme le Soleil, cela se traduit par une expansion de l'étoile qui s'accompagne d'un refroidissement en surface donc un décalage vers le rouge : ce sont les géantes rouges. Puis les couches externes sont expulsées, formant ainsi des nébuleuses planétaires et laissant une petite étoile naine blanche au centre.

- les étoiles de forte masse comme Rigel, finissent leur vie elles aussi par une forte expansion (super géantes rouges) mais celle-ci se termine par une grande explosion que l'on appelle supernova et qui laisse des jolies restes à observer. Au centre, le reste de l'étoile finira soit en étoile à neutrons ou, pour les plus massives, en trou noir

Questions :

1- Pourquoi les étoiles ne sont pas toutes de la même couleur ? De quelles couleurs sont les étoiles les plus froides ? Les plus chaudes ?

2- Comment évolue le spectre d'une étoile lorsque sa température augmente ?

3- De quelle grandeur physique très courante, la température d'une étoile dépend-elle ? Quelle phrase du texte l'indique ?

4- Quelle est l'étoile la plus massive, Sirius ou le Soleil ? Justifiez.

5- Le Soleil fait-il partie de la famille des « *petites étoiles* » ou de la famille des « *grosses étoiles* » ? Justifiez.

6- On passe des degrés Celsius aux Kelvin en ajoutant 273. Calculez en Kelvin la température de surface d'Arcturus.

7- Les grosses étoiles sont bleues, les petites rouges ou jaunes, du moins au début de leur vie. Qu'entend-on par « du moins au début de leur vie. » ?

8- Quelle sera l'évolution de la vie du Soleil ?

2) En résumé, compléter les phrases suivantes :

⇒ Un corps chaud émet un rayonnement thermique dont le spectre est....., ce spectre contient

⇒ Un gaz présent dans une lampe ou un néon émet un rayonnement uniquement pour certaines longueurs d'ondes bien précises. Le spectre de ce gaz est.....

⇒ Un élément ou une solution placés sur le trajet de la lumière blanche certaines radiations. Si on décompose cette lumière blanche on obtient un spectre.....

Dans le cas d'un éléments, les longueurs d'ondes des raies noires.....correspondent aux longueurs d'ondes des

Astrophysique - Le spectre du Soleil

☞ Description du spectre du Soleil :

On distingue 3 types de spectres : les spectres d'émission continus, les spectres d'émission de raies et les spectres d'absorption de raies.

Les lois qui décrivent les conditions de formation de ces spectres sont appelées lois de KIRCHHOFF :

- 1- Un gaz à pression élevée, un liquide ou un solide, s'ils sont chauffés, émettent un rayonnement thermique, dont le spectre est continu et contient toutes les longueurs d'onde ou couleurs.
- 2- Un gaz chaud, à basse pression, émet un rayonnement uniquement pour certaines longueurs d'ondes bien spécifiques. Le spectre de ce gaz présente alors des raies d'émission.
- 3- Un gaz froid, à basse pression, s'il est situé entre l'observateur et la source de rayonnement continu, absorbe certaines longueurs d'onde ou couleurs produisant ainsi des raies ou des bandes sombres dans le spectre continu. Ces longueurs d'onde sont celles qu'il émettrait s'il était chaud.

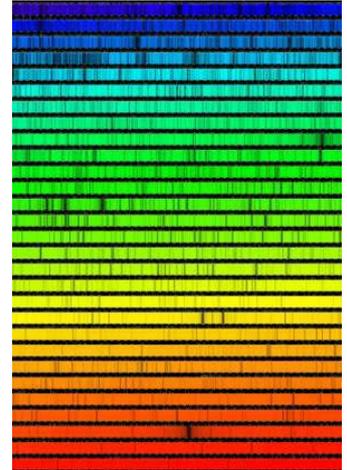
Observez le spectre du Soleil.

1- Comme pour toutes les autres étoiles, le spectre du Soleil a un fond continu.

En exploitant les lois de KIRCHHOFF, que pouvez-vous dire du Soleil?

2- Ce spectre présente aussi des raies d'absorption.

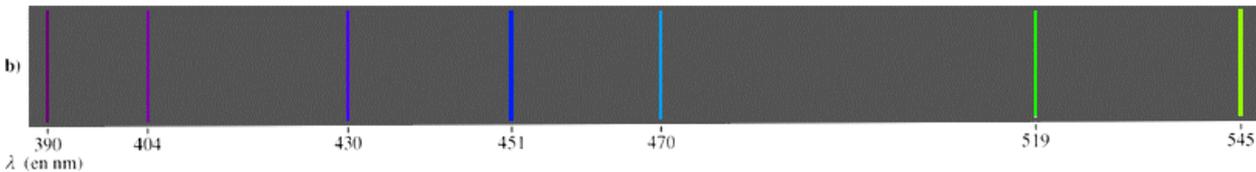
En exploitant les lois de KIRCHHOFF, que pouvez-vous dire de la surface du Soleil ?



☞ Etude d'un spectre de référence : le spectre d'émission de l'argon

Il s'agit d'établir une relation entre la longueur d'onde des raies d'émission et leurs positions dans le spectre.

Voici un extrait du spectre d'émission du gaz argon réalisé sur Terre.



Mesurez la distance D (en mm) entre la raie de longueur d'onde 390 nm et chaque raie.

Complétez le tableau ci-dessous :

λ (nm)	390	404	430	451	470	519	545
D (mm)	0						

A l'aide du logiciel Regressi, tracez la courbe donnant l'évolution de la longueur d'onde λ en fonction de la distance D.

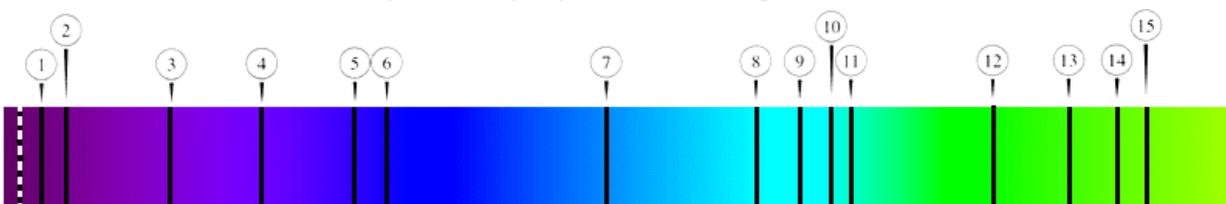
Modélisez le nuage de points obtenu. Par quelle fonction mathématique l'avez-vous modélisé ?

Ecrivez l'équation mathématique de la droite obtenue.

☞ Etude du spectre du Soleil :

Voici un extrait du spectre du soleil où seules les principales raies d'absorption sont reportées.

Il a été obtenu avec le même spectroscopie que celui de l'argon.



Chaque raie d'absorption visible sur le spectre est repérée par un numéro mais on ignore sa longueur d'onde. L'objectif est de déterminer les longueurs d'ondes des radiations absorbées.

Mesurez la distance D (en mm) entre la raie de longueur d'onde 390 nm (celle en pointillé) et chaque raie numérotée. Complétez la ligne correspondante du tableau ci-dessous :

Raie n°	1	2	3	4	5	6	7	8
D (mm)								
λ (nm)								
Raie n°	9	10	11	12	13	14	15	
D (mm)								
λ (nm)								

Comme le spectre du Soleil a été obtenu avec le même spectroscopie que celui de l'argon, on peut utiliser la courbe précédente pour déterminer les longueurs d'onde inconnues des raies d'absorption, connaissant la distance D. On parle de **courbe d'étalonnage**.

En haut de la fenêtre graphique de Regressi, transformez le curseur standard en valeurs modélisées. Rentrez les valeurs de la distance D puis validez après chaque saisie. La valeur correspondante de la longueur d'onde est alors affichée.

Finissez de compléter le tableau puis imprimez la courbe.

☞ Analyse de la chromosphère :

On donne ci-dessous les longueurs d'ondes des raies d'émission de quelques entités chimiques (atomes, ions, molécules...)

Entité chimique	Hydrogène (H)	Hélium (He)	Sodium (Na)	Magnésium (Mg)	Calcium (Ca)	Fer (Fe)	Titane (Ti)	Manganèse (Mn)
λ (nm)	397,1	388,9	588,9	470,3	396,8	438,3	466,8	403,6
	410,2	402,6	589,5	516,7	422,7	489,1	469,1	
	434,0	414,4			458,2	491,9	498,2	
	486,1	447,1			526,2	495,7		
	656,3	471,3			527,0	532,8		
		492,1				537,1		
	501,6				539,7			
	504,8							

Sachant que, pour une entité chimique donnée, les longueurs d'ondes des raies d'absorption sont les mêmes que celles des raies d'émission, identifiez les entités chimiques présentes dans la chromosphère du Soleil.

La composition obtenue est-elle complète ?