

Activité 1 : L'EXPERIENCE CRUCIALE DE NEWTON

Objectif : *Interpréter qualitativement la dispersion de la lumière blanche par un prisme.*

Contexte : Newton et la théorie des couleurs

Depuis 1664, Isaac NEWTON (1642 - 1727) note dans des carnets ses lectures, ses expériences et ses idées. Nous savons ainsi qu'il étudie la Géométrie de Descartes et les travaux de Kepler, et réfléchit au problème de la lumière et des couleurs.

« À cette époque, on sait depuis longtemps qu'un prisme de verre donne des couleurs à un rayon de soleil qui le traverse. L'explication repose sur les très vieilles idées d'**Aristote** : la lumière est blanche et les couleurs naissent progressivement de son affaiblissement dans le prisme. Un rayon blanc traversant le prisme se colore de rouge du côté de l'arête et de bleu du côté de la base car les épaisseurs traversées sont différentes. Newton réfléchit à tout cela et il raconte : « Au début de l'année 1666, je me procurai un prisme de verre pour réaliser la célèbre expérience des couleurs. Ayant à cet effet obscurci ma chambre et fait un petit trou dans les volets, pour laisser entrer une quantité convenable de rayons de soleil, je plaçai mon prisme contre ce trou, pour réfracter les rayons sur le mur opposé. Ce fut d'abord très plaisant de contempler les couleurs vives et intenses ainsi produites. »

De fil en aiguille, Newton arrive bientôt à ce qu'il appelle l'expérience cruciale : à l'aide d'un trou dans une planchette, il isole la partie bleue de la tache produite par le prisme et il envoie cette lumière bleue sur un second prisme. Elle est déviée certes mais pas étalée, ni colorée autrement.

Cette fois **Newton** en est sûr, la lumière blanche du soleil est un mélange de lumière de toutes les couleurs et le prisme dévie différemment ces diverses lumières. Dès lors, il multiplie les expériences montrant en particulier que l'on peut refaire de la lumière blanche en mélangeant des lumières de couleur ! »



D'après Newton et la mécanique céleste de J.-P. Maury (éditions Gallimard)

1. Quelle est la source de lumière utilisée par Newton ?

2. Schématiser l'expérience réalisée par Newton (schéma annoté)

3. Expliquer si c'est le prisme qui fabrique les lumières colorées, ou bien si elles sont déjà présentes dans la lumière blanche selon Aristote.

4. Quel est le point de vue de Newton ?

➤ **A l'aide du matériel disponible sur votre paillasse, réaliser la même expérience que Newton**

5. Décrire le spectre de la lumière blanche obtenu sur votre écran

Newton isole une partie de la lumière : la lumière bleue. Cela correspond à une seule radiation de la lumière. On parle de lumière monochromatique. A l'inverse de la lumière blanche, appelée lumière polychromatique, qui est composée d'une infinité de radiations (lumières de couleurs différentes).

7. Qu'arrive-t-il à cette lumière bleue lorsqu'elle retransverse un prisme ?

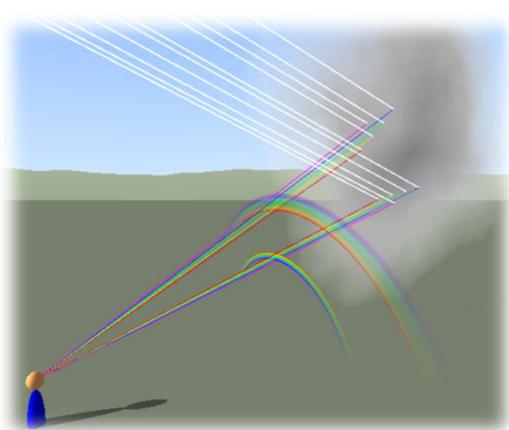
On peut visualiser et modifier la lumière dispersée par un prisme sur l'application flash disponible sur ce lien : http://physiquecollege.free.fr/physique_chimie_college_lycee/lycee/seconde/dispersion_prisme_spectre_emission_absorption.htm

Activité 2 :

Les arcs-en-ciel

Document 1 : Conditions d'apparition d'un arc-en-ciel

Un arc-en-ciel est un phénomène optique et météorologique qui se produit quand le soleil brille pendant la pluie.



C'est un arc coloré avec le rouge à l'extérieur et le violet à l'intérieur.

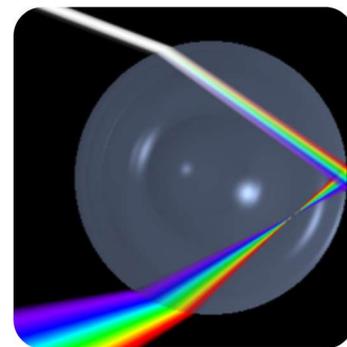
Bien qu'un arc-en-ciel couvre un **spectre de couleurs continu**, il est courant de distinguer 6 couleurs significatives.

On peut observer un arc-en-ciel toutes les fois où des gouttes d'eau tombent ou sont en suspension dans l'air et qu'une **source lumineuse** (en général le Soleil) brille derrière l'observateur. Les arcs-en-ciel les plus spectaculaires ont lieu lorsque la moitié du ciel opposée au soleil est obscurcie par les nuages mais que l'observateur est à un endroit où le ciel est clair, car les couleurs ressortiront davantage du contraste avec les nuages du ciel sombre. On voit aussi souvent cet effet à proximité de chutes d'eau, dans la brume avec une source de lumière derrière soi. Ce phénomène optique fait apparaître, dans une transition continue, toutes les **teintes monochromatiques**.

Document 2 : Que se passe-t-il dans la goutte d'eau ?

La **dispersion** de la **lumière polychromatique** du soleil par des gouttes de pluie approximativement sphériques provoque l'arc-en-ciel. La lumière est d'abord **réfractée** en pénétrant la surface de la goutte, elle subit ensuite une **réflexion** partielle à l'arrière de cette goutte et est réfractée à nouveau en sortant. L'effet global est que la lumière entrante est principalement réfléchi vers l'arrière sous un angle d'environ $40 - 42^\circ$, indépendamment de la taille de la goutte. La valeur précise de l'angle de réfraction dépend de la **longueur d'onde** (la couleur) des composantes de la lumière.

Un arc-en-ciel n'a donc pas d'existence matérielle mais est un effet purement optique dont la position apparente dépend de celles de l'observateur et du Soleil. Le centre de l'arc-en-ciel se trouve dans la direction exactement opposée à celle du Soleil par rapport à l'observateur. Toutes les gouttes de pluie réfractent et reflètent la lumière du soleil de la même manière, mais l'observateur ne voit la lumière que d'une petite partie de ces gouttes de pluie.



C'est l'image formée par la lumière réfléchi par ces gouttes de pluie que nous voyons sous forme d'arc-en-ciel.

1. Compléter le texte ci-dessous :

Un rayon lumineux peut être réfléchi lorsqu'il arrive sur certaines surfaces. C'est-à-dire que le rayon lumineux va rebondir sur la surface et repartir dans une direction différente. Le cas de réflexion le plus courant en physique est lorsque la lumière est réfléchi par un On parle de Celle-ci peut être partielle ou

A l'inverse un rayon lumineux peut être transmis lorsqu'il arrive sur une surface transparente. On dit aussi que le rayon lumineux est Le rayon lumineux traverse alors la surface transparente en étant dévié ou non. On parle alors de Celle-ci peut être..... ou totale.

2. Comment est qualifiée la lumière provenant du Soleil ?

3. Et comment est qualifiée chaque teinte de couleur des lumières réfléchies et réfractées par les gouttes de pluies du nuage qui forme l'arc-en-ciel ?

4. Qu'est ce qui est responsable de l'apparition des lumières colorées de l'arc-en-ciel ?

5. De quelle composante de la lumière dépend l'angle de réfraction ?

6. Comment est appelé ce phénomène ?

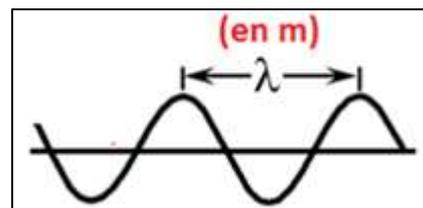
7. Comment est appelé l'ensemble des teintes monochromatiques ?

8. Quels autres phénomènes ou objets permettent d'obtenir le spectre du visible. Préciser dans chaque cas s'il s'agit d'une réflexion, d'une réfraction ou d'une combinaison des deux comme dans le cas de l'arc-en-ciel.

Activité 4 : La lumière visible ou invisible ?**Document 1 : La longueur d'onde**

La longueur d'onde est une grandeur, notée λ , qui s'exprime en mètre (m).
C'est donc une distance. C'est la période spatiale d'un signal périodique.

La période spatiale ou longueur d'onde caractérise toute radiation lumineuse colorée.

**Document 2 : Les LASERS**

La technicienne qui gère le stockage du matériel de physique-chimie du lycée a recensé les différents lasers disponibles pour réaliser de futures manipulations en TP. Voici son tableau :

Laser	Laser 1	Laser 2	Laser 3	Laser 4	Laser 5	Laser 6
Classe du laser	II	III	III	III	IV	IV
Puissance du laser	0,3 mW	2,4 mW	3,2 mW	4,7 mW	12 mW	5,9 mW
Longueur d'onde du laser	615 nm	622 nm	570 nm	480 nm	330 nm	575 nm
Couleur du faisceau	rouge	rouge	vert	bleu		vert

1. Expliquer ce qu'est la longueur d'onde d'un signal périodique (préciser la grandeur qu'elle représente et son unité).

2. Quel est le type de lumière émise par les lasers ?

3. Quel est le point commun entre les lasers 1 et 2 ? Et les lasers 3 et 6 ?

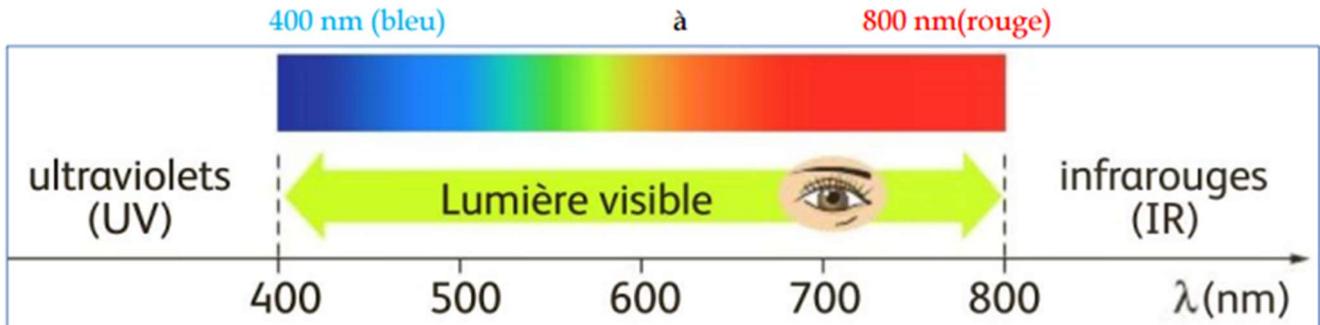
4. Que peut-on en conclure quant à l'influence de la longueur d'onde sur une lumière monochromatique ?

Document 3 : Dispersion de la lumière blanche polychromatique du Soleil

Le Soleil émet une lumière blanche dite polychromatique. C'est-à-dire qu'elle est composée d'une infinité de radiations de longueurs d'ondes différentes. La célèbre expérience de dispersion de la lumière blanche par un prisme permet de séparer les différentes radiations de cette lumière blanche en un spectre continu de radiations monochromatiques. Une lumière monochromatique est caractérisée par sa longueur d'onde.

Notre œil est capable de détecter une partie de ces ondes monochromatiques mais seulement dans une certaine gamme. Pour des longueurs d'ondes extérieures à cet intervalle de la lumière dite « visible », le Soleil émet aussi un rayonnement. Seulement, ce rayonnement nous est invisible. Certains animaux sont capables de voir une partie de ces rayonnements.

Spectre d'émission du Soleil avec la partie de la lumière visible pour l'œil humain



5. Quel est l'intervalle de longueur d'onde de la lumière visible ?

6. Donner la longueur d'onde d'une lumière monochromatique : violette – bleue – verte – jaune – orange – rouge

7. Comment s'appelle les deux intervalles de la lumière non visibles par l'œil humain ?

8. La case « couleur du faisceau » du laser 5 n'est pas complétée. Expliquer pourquoi ?

9. Ce laser est-il dangereux pour l'œil ?

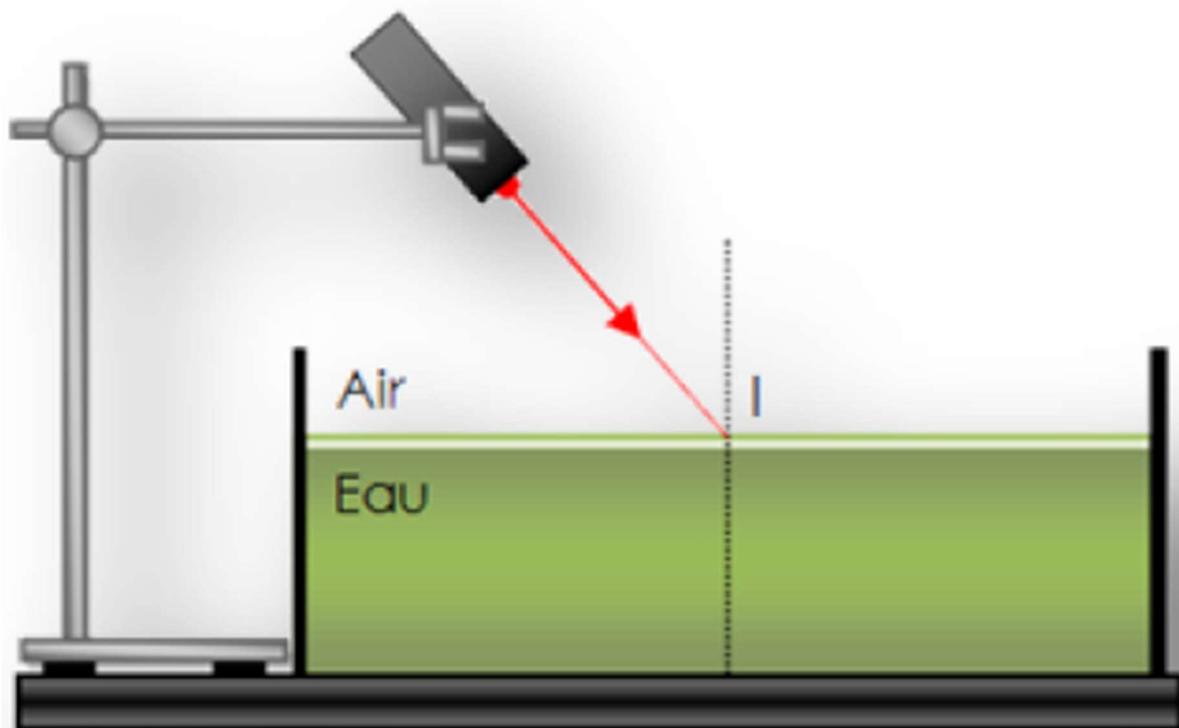
Travaux pratiques 1 : PEUT-ON PREDIRE LA TRAJECTOIRE DE LA LUMIERE ?

Objectif : Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures.

Dispositif expérimental

Le dispositif qui se trouve sur le bureau du professeur est composé d'un laser et d'un aquarium contenant de l'eau et de la fluorescéine afin de visualiser la trajectoire du faisceau du laser dans la cuve.

Schéma de l'expérience :



1. D'après vous, quelle va être la trajectoire du faisceau laser dans l'eau ?

2. Qu'observe-t-on en réalisant l'expérience ?

On emploie le terme réfraction lorsque la lumière change de milieu de propagation et subit un brusque changement de direction. Le faisceau incident est le faisceau lumineux avant le changement de milieu, le faisceau réfracté est le faisceau lumineux après le changement de milieu. Dans notre cas, le rayon incident se trouve dans et le rayon réfracté se trouve dans

Le point d'incidence, noté I, est le point de la surface de séparation où arrive le rayon incident. La normale au point d'incidence est la droite orthogonale à la surface de séparation et passant par I. L'angle d'incidence i_1 est l'angle entre le faisceau incident et la normale. De même, l'angle de réfraction i_2 est l'angle entre le faisceau réfracté et la normale.

3. Annoter le schéma du dispositif expérimental avec les termes suivants :

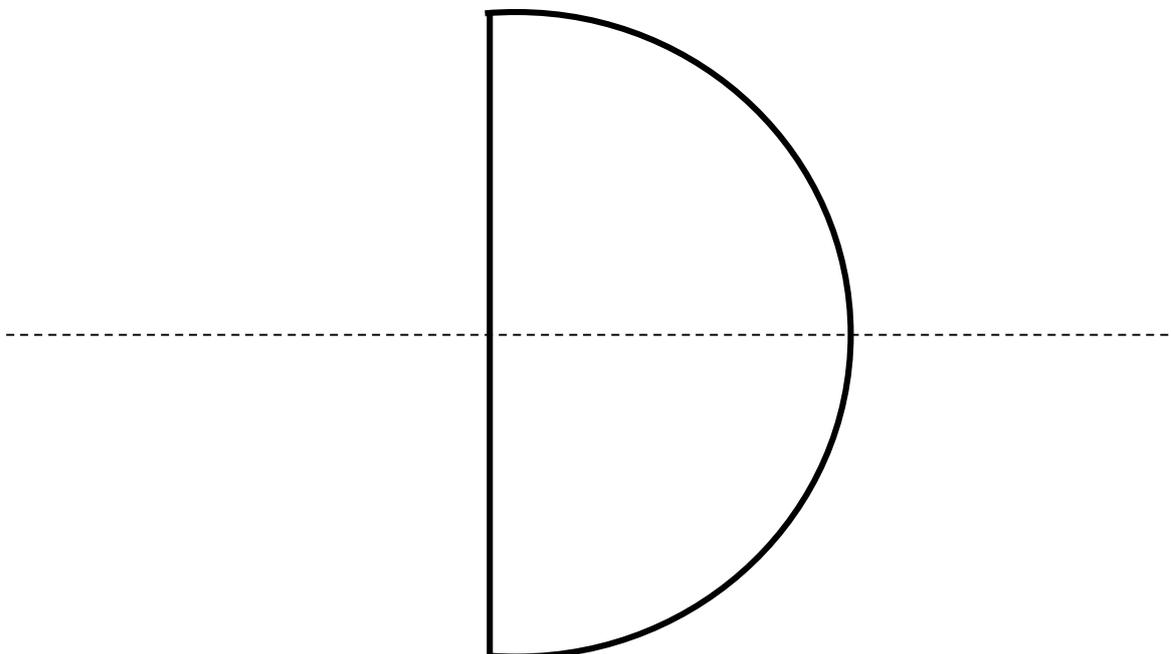
LASER – Cuve – surface de séparation – normale – rayon incident – rayon réfracté – i_1 – i_2 .

Matériel sur les paillasse : Laser – Demi cylindre en plexiglas – Rapporteur

Ce dispositif va permettre de réaliser la réfraction d'un faisceau lumineux.

- *Placer le laser dans l'axe perpendiculaire à la surface plane du demi-cylindre de sorte que le faisceau frappe le demi-cylindre en son milieu.*

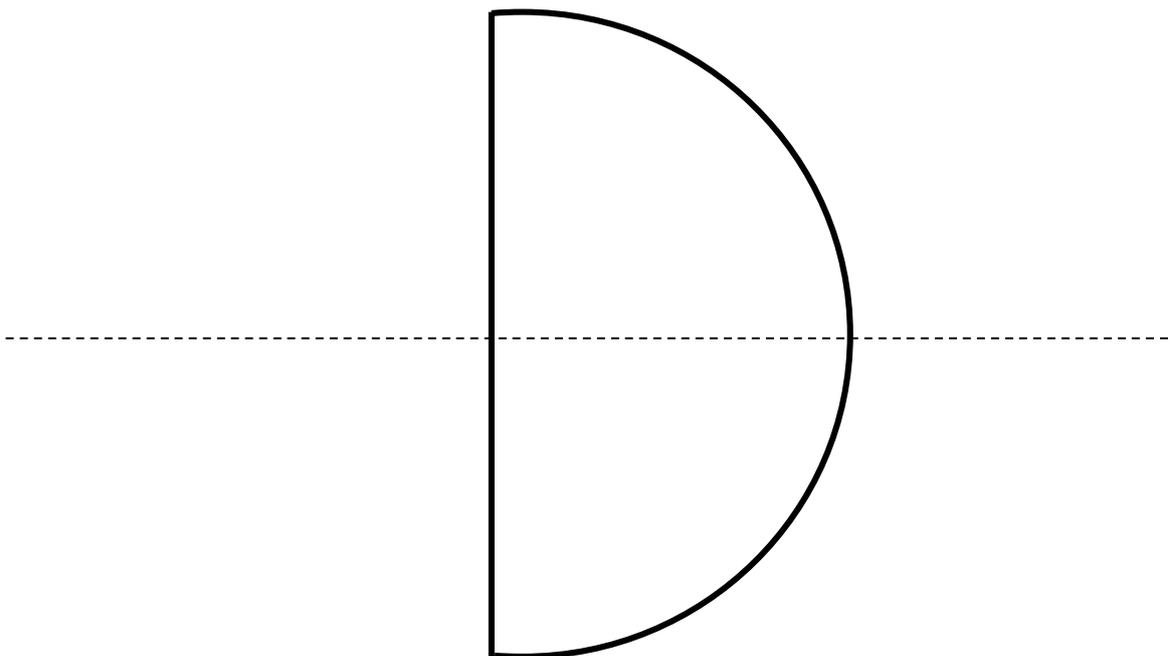
4. Compléter le schéma du montage ci-dessous en traçant les rayons lumineux en rouge et en indiquant par une flèche leurs directions.



- *Disposer le laser de sorte que le faisceau incident ait un angle de 45° par rapport à la normale à la surface de séparation.*

5. Compléter le schéma du montage ci-dessous en traçant les rayons lumineux.

Indiquer les deux milieux, la surface de séparation, la normale, les rayons incident et réfracté et les angles incident et réfracté notés respectivement i_1 et i_2 .



Mesures :

6. Compléter le tableau ci-contre :

Angle incident i_1	Angle réfracté i_2	$\sin i_1$	$\sin i_2$
0°			
10°			
20°			
30°			
40°			
50°			
60°			
70°			
80°			

Le faisceau réfracté arrive à une nouvelle surface de séparation entre le plexiglas et l'air.

7. Noter ce point J sur le schéma et indiquer l'angle entre ce faisceau et la surface de séparation.

8. Ce faisceau subit-il une nouvelle réfraction en J ? En déduire une condition de non réfraction, c'est-à-dire une condition pour laquelle il n'y a pas de réfraction lors d'un changement de milieu.

Dans le passé, plusieurs physiciens ont proposés des modèles mathématiques afin de trouver une relation entre les angles des rayons incident et réfracté.

Grossesste (XIII ^{ème} siècle)	$i_1 = 2 \cdot i_2$
Kepler (XVII ^{ème} siècle)	$i_1 = k \cdot i_2$
Snell et Descartes (XVII ^{ème} siècle)	$\sin i_1 = n \cdot \sin i_2$

9. Quel savant a raison ? Justifier

10. Le modèle de Kepler est-il correct pour certaines valeurs. Lesquelles ?

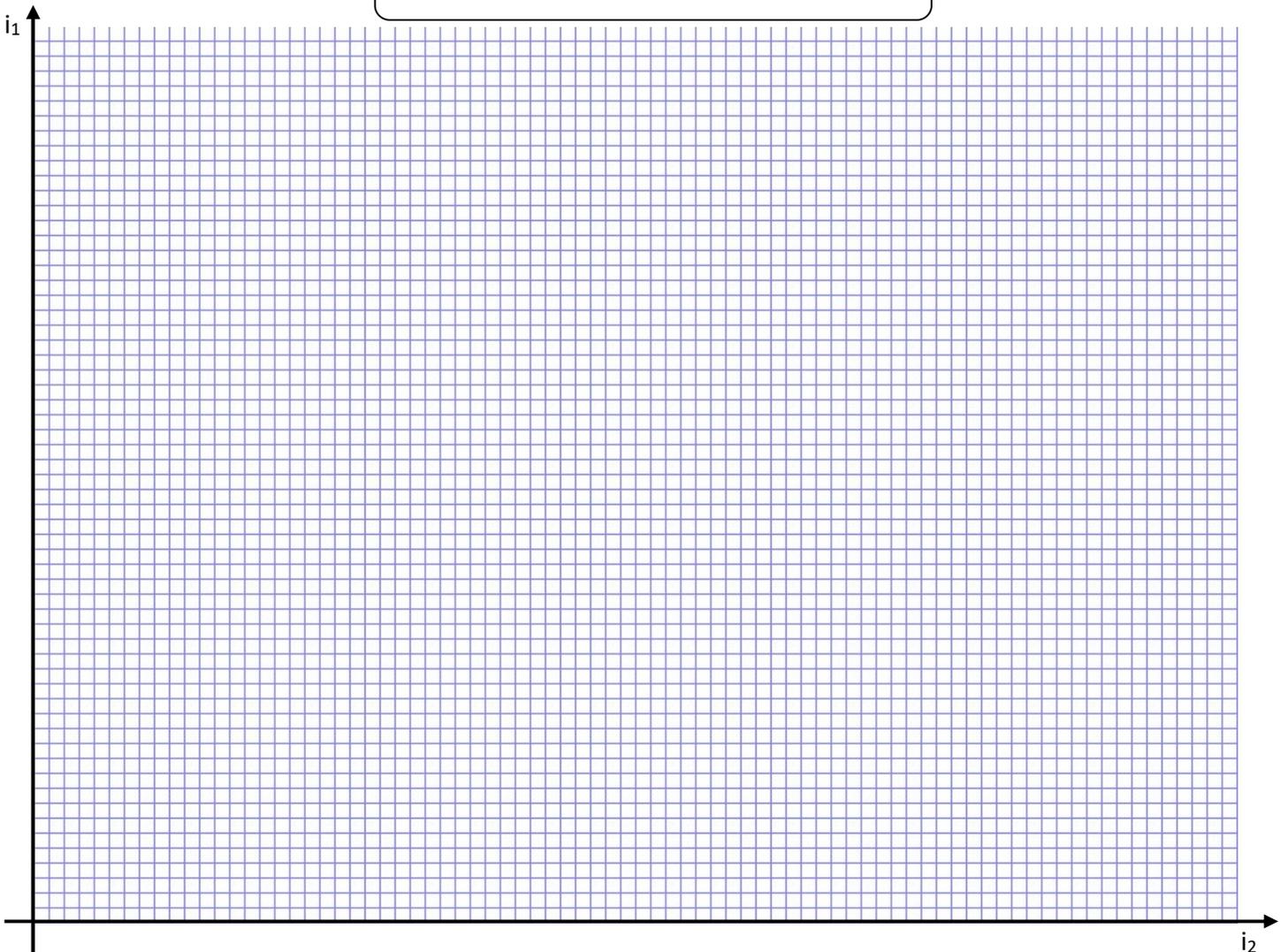
Réalisation d'un graphique

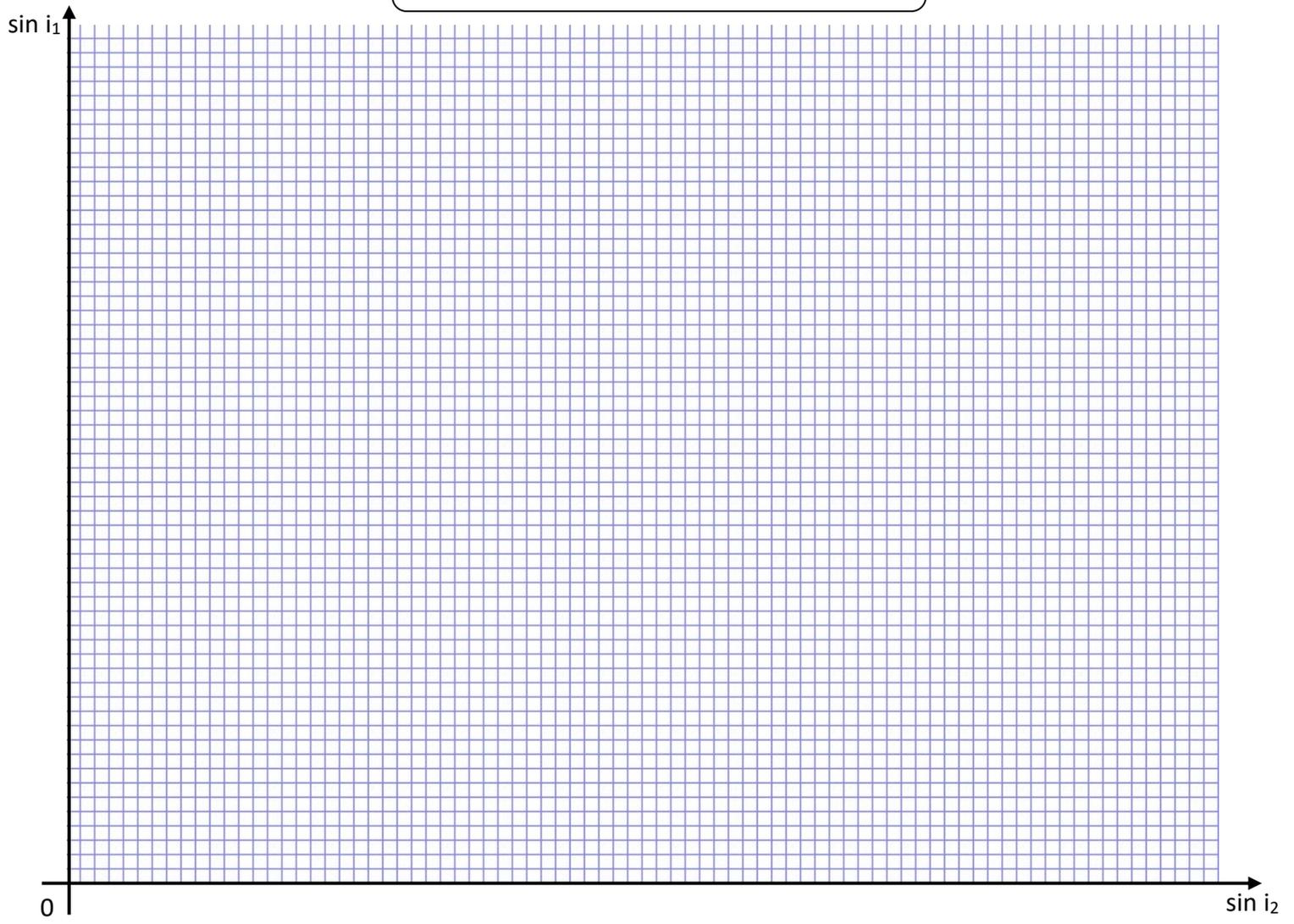
On représente dans un système d'axes les points de coordonnées (x, y) obtenus expérimentalement : on obtient un nuage de points.

Rappel : lorsque l'on trace y en fonction de x ($y = f(x)$), x est représenté en abscisse (axe horizontal) et y en ordonnée (axe vertical).

- **Lorsqu'on réalise un graphique, il faut toujours indiquer :**
 - Le titre du graphique (il doit nous informer sur ce qui est représenté).
 - Les grandeurs en abscisse et en ordonnée.
 - Les unités des grandeurs représentées sur les deux axes.
- **Choix de l'échelle**
 - Le graphe doit avoir une taille « raisonnable » (ni trop petit ni trop grand).

Pour choisir l'échelle, on regarde toujours les plus grandes valeurs mesurées en abscisse et en ordonnée : ces valeurs doivent se trouver sur la feuille le plus loin possible de l'origine.





Travaux pratiques 2 : DETERMINATION D'UN INDICE DE REFRACTION

Objectif : Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures et pour déterminer l'indice de réfraction du plexiglas.

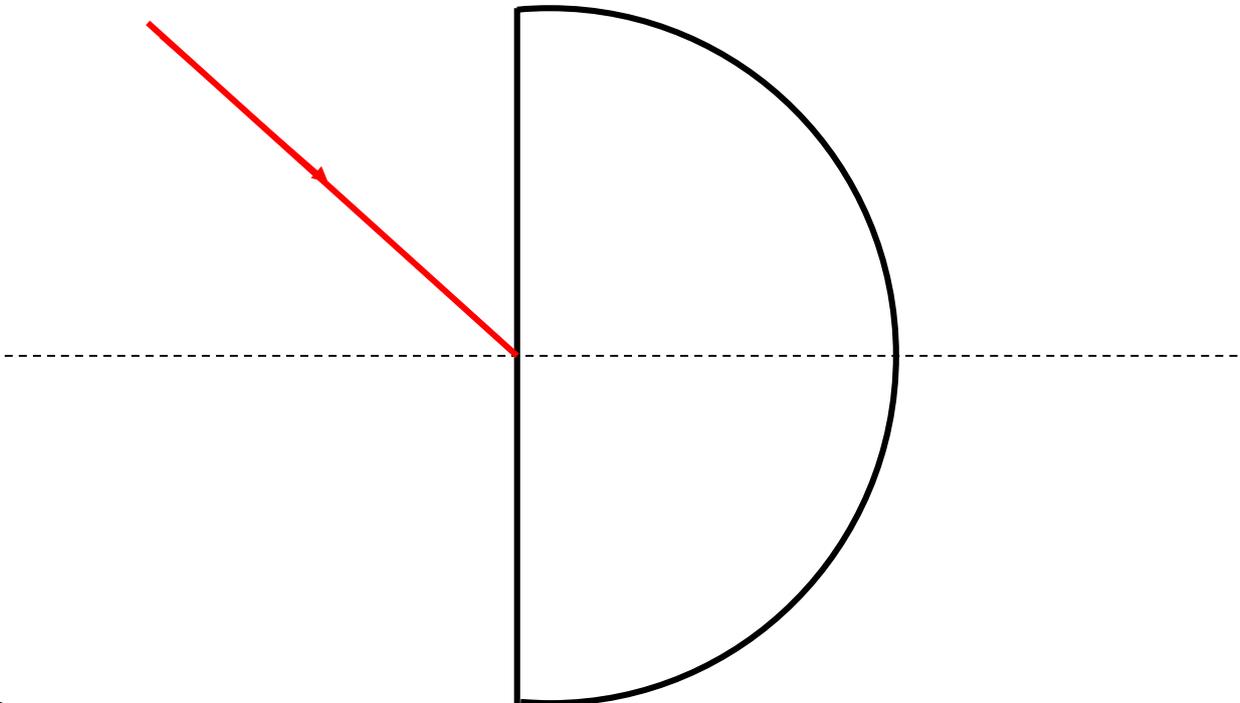
Document 1 : Rappel de la loi de Snell – Descartes

Les **lois de Snell – Descartes** sont les lois qui décrivent le comportement d'un rayon ou d'un faisceau lumineux à la surface d'un dioptre. Un dioptre est la surface qui sépare deux milieux, le milieu 1 d'indice n_1 et le milieu 2 d'indice n_2 . La 2nde relation de Snell – Descartes permet de déterminer l'angle de réfraction d'un rayon lumineux ou bien l'indice d'un milieu transparent et homogène. Elle s'exprime par la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$

Compléter le schéma ci-dessous en indiquant :

Rayon incident – rayon réfracté – dioptre – normale – i_1 – i_2 – milieu 1 (indice n_1) – milieu 2 (indice n_2)



Document 2 : Indice de réfraction de quelques milieux transparents et homogènes

Milieu	Indice du milieu
Vide	1
Air	1,0003 \approx 1
Verre	1,3
Diamant	2,42

Document 3 : Liste du matériel

Voici la liste du matériel à disposition sur les paillasse :

- Laser
- Rapporteur
- Demi-cylindre
- Eau
- Lampe torche
- Ecran noir pour protéger des réflexions du laser en bout de paillasse

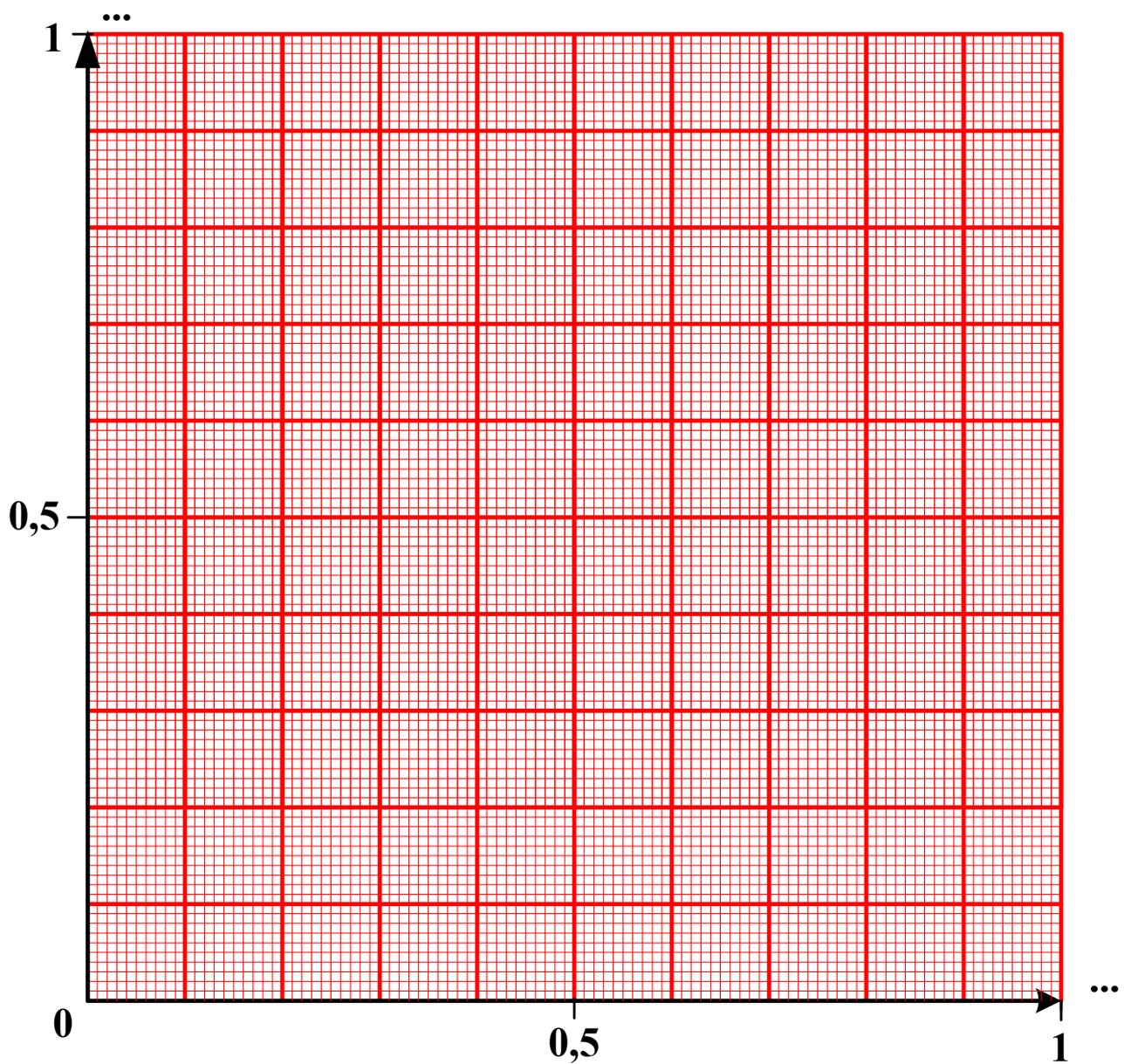
Document 4 : Calcul de la pente d'une droite

Formule de calcul de la pente d'une droite d'équation $y = a \cdot x$ entre deux points $A : (x_A; y_A)$ et $B : (x_B; y_B)$

$$a = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A}$$

VOTRE OBJECTIF EST DE DETERMINER L'INDICE DE REFRACTION n_2 DU PLEXIGLAS

Angle du rayon incident i_1	Angle du rayon réfracté i_2	$\sin i_1$	$\sin i_2$
0°		0	
15°		0,26	
30°		0,5	
45°		0,71	
60°		0,87	
75°		0,97	



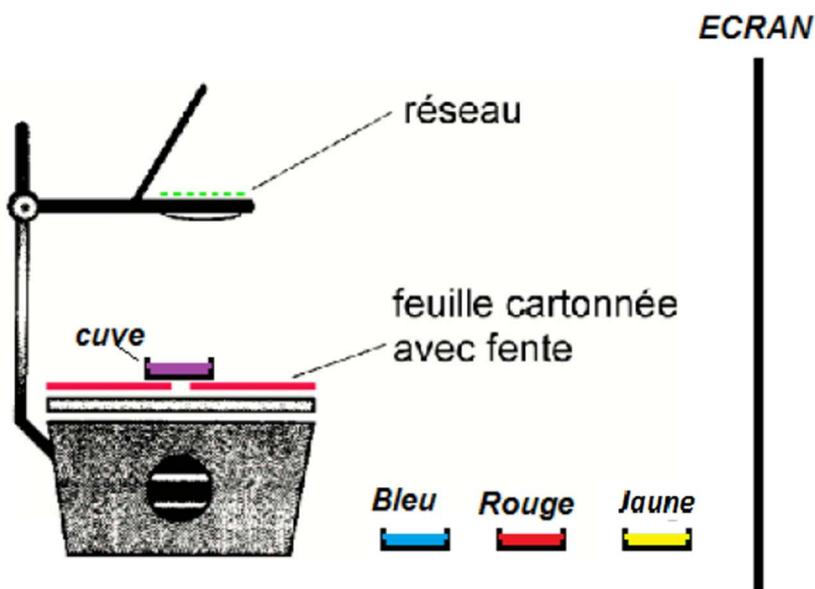
Travaux pratiques 3 : LES SPECTRES LUMINEUX

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

Dispositif expérimental

Le dispositif qui se trouve sur le bureau du professeur est composé d'un rétroprojecteur qui est utilisé comme source de lumière blanche. Un réseau est disposé sur la lentille de projection. Deux plaques disposées sur la cuve jouent le rôle de fente pour limiter le faisceau lumineux. On a la possibilité de placer une cuve pouvant contenir une solution colorée.

SCHEMA DE L'EXPERIENCE



1. A quelle expérience le montage vous fait penser ? (sans les cuves de solutions colorées)

2. Compléter le tableau suivant :

Cuve	Spectre	Couleur absorbée
Cuve vide		
Cuve avec du colorant vert		
Cuve avec du colorant magenta		

Spectroscope à réseau

Un spectroscope à réseau est un appareil composé d'un tube muni d'une fente à une extrémité et d'un réseau à l'autre extrémité.



1. Schématiser un spectroscope.

(Indiquer de quel côté placer son œil, sachant qu'il faut orienter l'autre extrémité du spectroscope vers la source lumineuse)

2. A quel montage déjà vu correspond-t-il ?

3. Représenter le spectre lumineux émis par la lampe à vapeur de mercure (Hg) à travers le spectroscope.



Il existe 3 types de spectres : **Les spectres continus – les spectres de bandes – les spectres de raies**

4. Classer les 4 spectres vus précédemment dans ces 3 catégories.

- Spectre de la lumière blanche :
- Spectre de la lumière blanche à travers la solution verte :
- Spectre de la lumière blanche à travers la solution magenta :
- Spectre de la lampe à vapeur de mercure Hg :

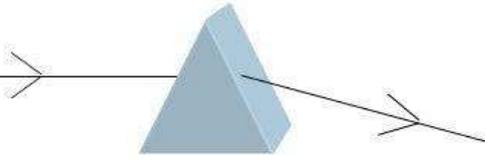
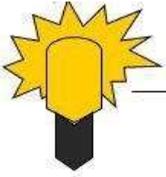
La lampe blanche du rétroprojecteur et la lampe à mercure (Hg) nous permettent d'obtenir des spectres d'émission. A l'inverse, les montages avec les solutions colorées nous permettent d'obtenir des spectres d'absorption.

5. Expliquer les termes soulignés.

6. N'y a-t-il que les liquides qui peuvent absorber certaines radiations monochromatiques ?

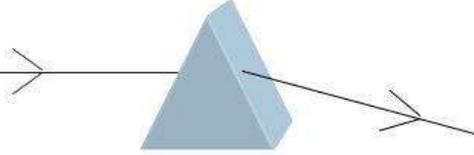
Lumière Blanche

SYSTEME DISPERSIF



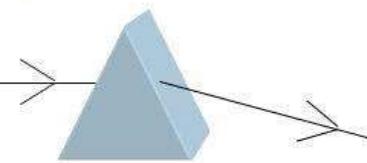
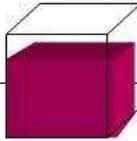
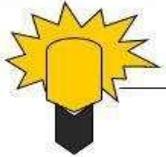
Spectre d'émission continu

Gaz Chaud



Spectre d'émission de raies

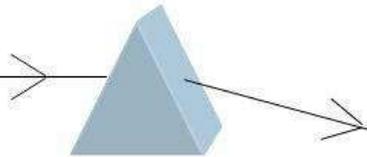
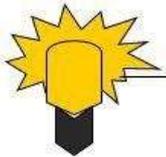
Lumière blanche Solution colorée



Spectre de bandes d'absorption

Lumière blanche

Gaz



Spectre de raies d'absorption

Travaux pratiques 4 : Comment déterminer la température des étoiles ?**Document 1 : La couleur des étoiles****La température des étoiles.**

Les observations spectroscopiques ont montré que les étoiles les plus froides sont rouges et ont une température de l'ordre de 3000 degrés. Les étoiles les plus chaudes sont bleues et atteignent 50 000 degrés. Le rapport entre températures maximale et minimale n'est donc que légèrement supérieur à 10.

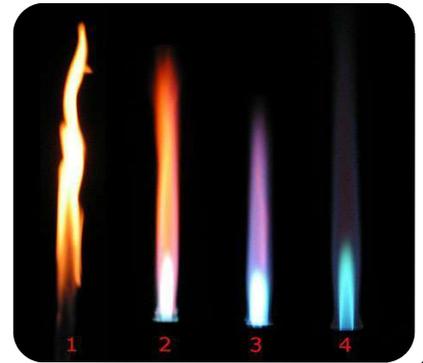
Vidéo visible à ce lien :

<http://www.universcience.tv/video-la-couleur-des-etoiles-dans-orion-6052.html>

**Document 2 : Bec Bunsen**

Selon la position de la virole située en bas du bec Bunsen, il y a plus ou moins d'air qui parvient à la base du brûleur. Le dioxygène de l'air est le comburant nécessaire à la combustion du gaz (butane ou propane). Plus la quantité de dioxygène qui parvient par la virole est importante, plus la combustion sera complète et la température de chauffe élevée.

L'image ci-contre montre l'utilisation du bec Bunsen pour 4 positions de la virole, de la position fermée (1) jusqu'à la position ouverte (4).

**Document 3 : Métal chauffé**

Lorsqu'on chauffe un barreau en métal à son extrémité, le métal se met à rougir et à émettre une lumière. Un corps à température ambiante (20°C) émet dans l'infrarouge. Lorsqu'il est chauffé, ce corps émet une lumière visible. Ce corps émet une lumière dans les teintes rouge, blanche voire même légèrement bleutée en fonction de la température de chauffe du métal.

Document 4 : Température du filament d'une ampoule

Une ampoule est composée d'une résistance appelée filament. Ce filament est un enroulement d'un fil métallique très fin dont la température augmente lorsqu'il est traversé par un courant électrique. Ce fil électrique atteint une température suffisante pour émettre un rayonnement lumineux visible. Plus la tension aux bornes de l'ampoule est importante, plus la température du fil métallique augmente et plus la lumière émise couvrira le spectre du visible.

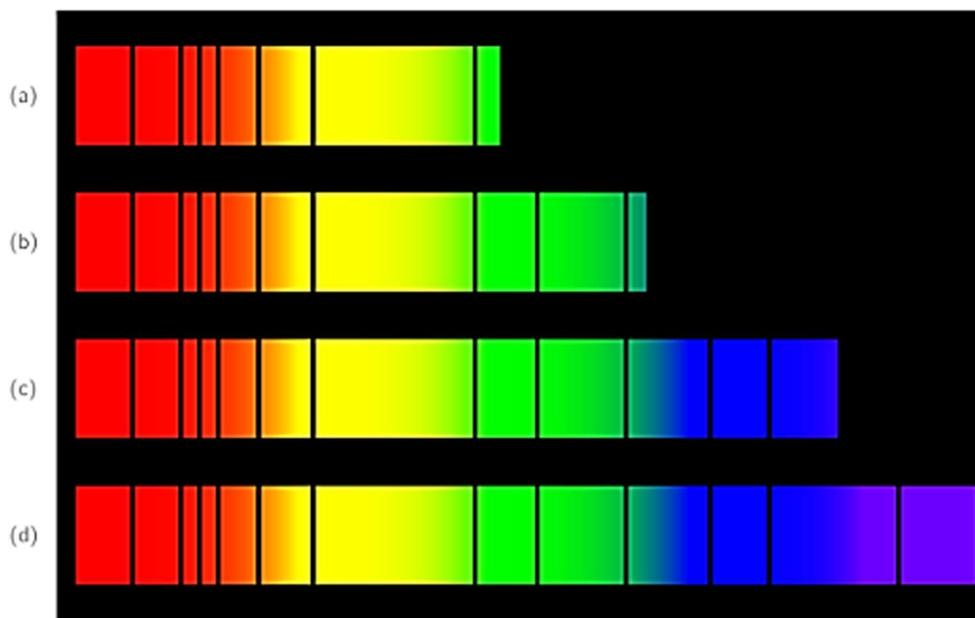
Comment se comporte la lumière émise par une source chaude lorsque sa température change ?

Travaux pratiques 4 : Comment déterminer la température des étoiles ?

Document 5 : Les spectres d'émission des étoiles

L'état des différents gaz à la surface d'une étoile est fortement dépendant de la température qui y règne. Ainsi les spectres de deux étoiles de températures différentes présentent des caractéristiques qui permettent de les distinguer facilement. Cette propriété a amené les astronomes du XIXe siècle à classer les étoiles en différentes catégories, suivant l'aspect de leurs spectres.

Température de surface moyenne	3 000 °C	5 500°C	8 000°C	> 10 000 °C
Couleur observée	Rouge – orangée	Jaune	Blanche	Bleutée
Exemple d'étoile	Bételgeuse	Soleil	Sirius	Rigel
Exemple de spectre	(a)	(b)	(c)	(d)



A vous de déterminer un protocole pour mettre en évidence le décalage du spectre d'une source chaude en fonction de la température.

Matériel :

- Générateur de tension variable
- Ampoule 12V sur support bois
- 4 fils
- Interrupteur
- Spectroscope

	Indicateurs de réussite	Niveau de réussite	Coefficient
Valider (VAL)	<i>Vérifier un résultat expérimental</i>		1
Communiquer (COM)	<i>Rédiger un compte rendu structuré et organisé</i>		2
	<i>Utiliser un langage scientifique et précis</i>		

A : Totalemt maîtrisée
B : Partiellement maîtrisée

C : Mal maîtrisée
D : Pas maîtrisée

FICHE METHODE - COMPTE RENDU

Structure d'un compte rendu scientifique

Liste du matériel :

-
-
-
-
-

OBJECTIF

Indiquer le but des manipulation expérimentales menées

Structure du compte rendu

(HYPOTHESES)

I. DESCRIPTION DU PROTOCOLE

Décrire le protocole en détail (il est possible d'utiliser un schéma pour être plus précis).

II. RESULTATS

Indiquer les résultats obtenu sous forme de schéma tableau ou explication.

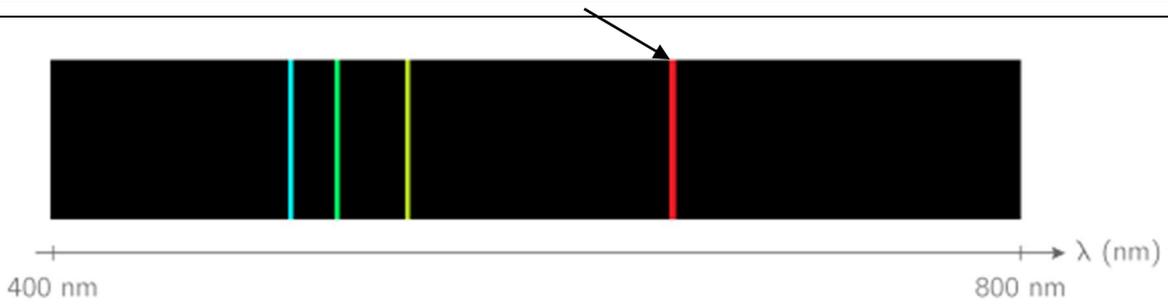
III. INTERPRETATION / EXPLOITATION DES RESULTATS

Déduire des résultats, une explication ou un modèle pour décrire le cas général.

Conclusion

Faire un bilan des résultats de l'expérience et des conclusions scientifiques qui en ont été déduites et répondre à l'objectif

Déterminer la longueur d'onde de la raie rouge (n°4) sur ce spectre de raies d'émission :



Méthode

Etape 1 : Mesurer les distances entre les raies sur le spectre à la règle (cm)

- On mesure sur le spectre la distance entre 2 longueurs d'onde connues, généralement les limites du domaine visible : 400 nm et 800 nm (**longueur A**)
- On mesure la distance entre l'origine, généralement 400 nm, et la longueur d'onde à déterminer (**longueur B**)



Etape 2 : Calculer la différence de longueur d'onde

On réalise un produit en croix pour déterminer à quel intervalle de longueur d'onde correspond la longueur B (le symbole \leftrightarrow signifie "correspond à")

$$\begin{array}{l} A \text{ cm} \leftrightarrow 400 \text{ nm} \\ \quad \times \\ B \text{ cm} \leftrightarrow ? \text{ nm} \end{array}$$

Ainsi : $A \cdot ? = B \cdot 400$

Donc $? = \frac{B \cdot 400}{A} \text{ nm}$

Etape 3 : En déduire la longueur d'onde de la raie

On en déduit la longueur d'onde de la raie en ajoutant à la valeur calculée précédemment la longueur d'onde ayant servi d'origine, généralement 400nm.

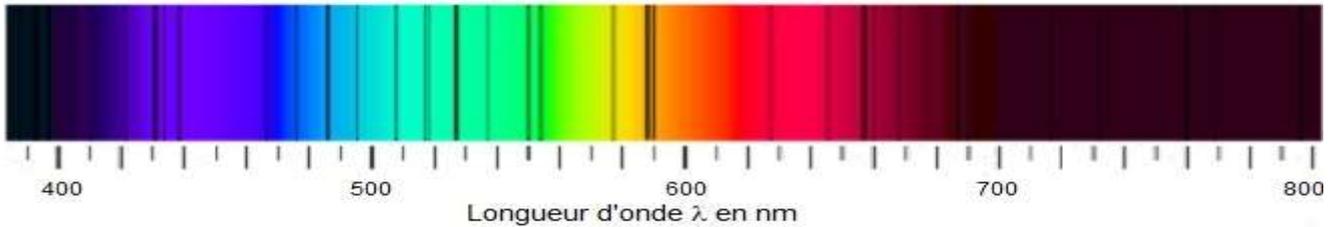
$$\lambda_{\text{raie rouge}} = 400 + \dots \text{ nm}$$

$$\lambda_{\text{raie rouge}} = \dots \text{ nm}$$

Activité 5 : La composition du Soleil et des étoiles

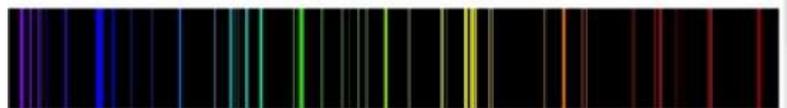
Document 1 : Le spectre du Soleil

En 1814, Joseph Fraunhofer, physicien allemand, invente un spectroscope très dispersif qui lui permet d'observer le spectre de la lumière solaire avec une très grande précision. Ce spectre se compose d'un fond continu, entrecoupé d'un grand nombre de raies noires. Au moment de leur découverte, aucun scientifique n'a été capable d'expliquer l'origine de ces raies.



Document 2 : L'analyse de la lumière par Kirchhoff et Bunsen

En 1861, Gustave Kirchhoff et Robert Bunsen, scientifiques allemands, décrivent comment obtenir des raies noires dans un spectre continu : « Le spectre d'émission d'un gaz en combustion se trouve renversé, c'est-à-dire que les raies brillantes deviennent obscures, lorsqu'un foyer lumineux se trouve placé en arrière de la flamme de ce gaz. » Ils expliquent ainsi comment en déduire la nature des entités chimiques présentes dans l'atmosphère solaire.



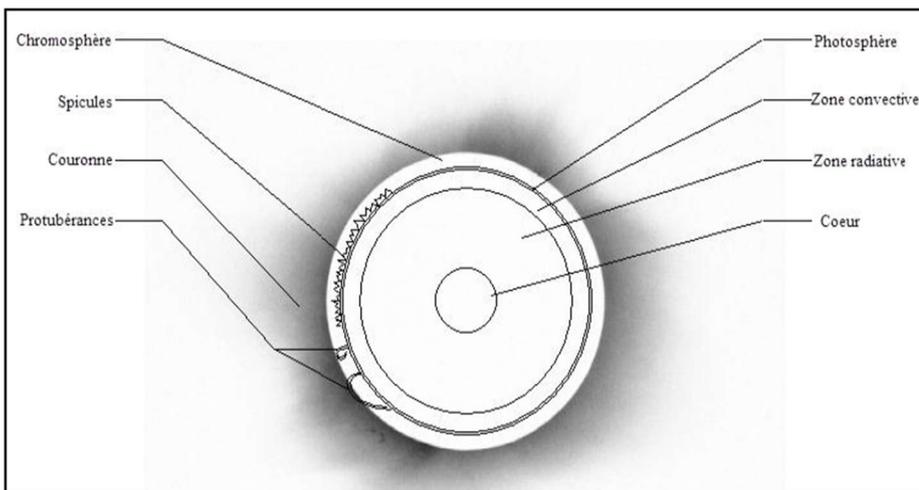
Spectre d'émission du mercure



Spectre d'absorption du mercure

« On peut conclure de ce fait que le spectre solaire avec ses raies obscures n'est autre que le spectre renversé de l'atmosphère du Soleil. Par conséquent, pour analyser l'atmosphère solaire, il suffit de rechercher quels sont les corps qui, introduit dans une flamme, donnent des raies brillantes coïncidant avec les raies obscures du spectre solaire. »

Document 3 : Structure d'une étoile



Si l'on arrive à bien comprendre le message codé d'un spectre, son étude permet donc de presque tout savoir sur une étoile !

La surface de l'étoile très chaude, la **photosphère**, émet un **spectre continu** de lumière. Lorsque la lumière passe dans l'atmosphère gazeuse de l'étoile (**chromosphère**), les atomes absorbent une partie du rayonnement et on obtient un spectre de raies d'absorption.

Une étoile peut être entièrement analysée à partir de son spectre et de la lumière qu'elle émet.

1. Pourquoi les raies noires du spectre solaire n'avaient-elles pas pu être observées avant J. Fraunhofer ?

2. Que peut-on dire sur les raies colorées du spectre d'émission du mercure et les raies noires du spectre d'absorption du mercure ? (doc 2)

3. Quelle comparaison proposent G. Kirchhoff et R. Bunsen pour identifier les entités chimiques présentes dans l'atmosphère du Soleil ? (doc 2)

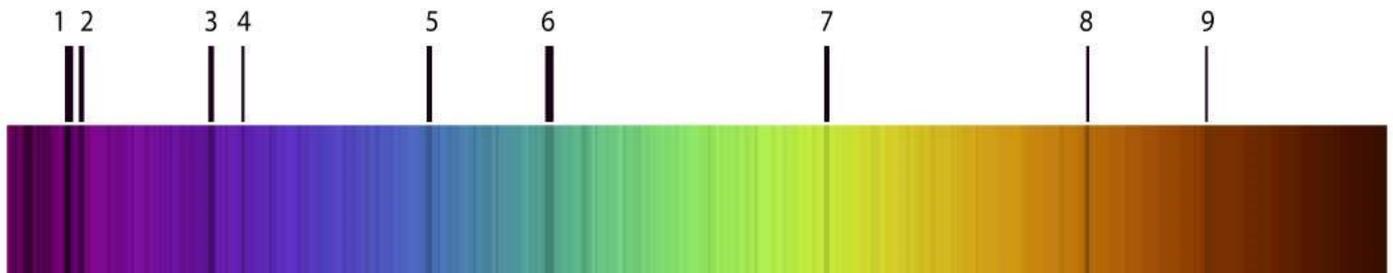
4. Dans quelle couche du Soleil se situent les atomes sous forme gazeuse qui absorbent une partie de la lumière émise par le Soleil ? (doc 3)

Activité 5 : La composition du Soleil et des étoiles

De vieux documents sur l'étude du spectre du Soleil ont été retrouvés dans le laboratoire de G. Kirchhoff lors de sa collaboration avec R. Bunsen. Seulement ces documents sont en mauvais états et une partie des indications ont été perdus.

A vous de déterminer la composition de l'atmosphère (chromosphère) du Soleil

Spectre du Soleil allant de 378 à 735 nm



Ce spectre contient plusieurs raies d'absorption (numérotées de 1 à 9 de gauche à droite) : ce sont des raies de Fraunhofer dues à l'absorption des rayonnements par les éléments présents dans les couches extérieures de l'atmosphère du Soleil.

Raie 1 : 393,4 nm

Raie 2 : 399,8 nm

Raie 3 : 340,0 nm

Raie 4 : 438,4 nm

Raie 5 : 486,1 nm

Raie 6 : 516,7 nm – 517,3 nm – 518,4 nm

Raie 7 : 589,0 nm – 589,6 nm

Raie 8 : $\chi\tau\kappa\iota\zeta$, λ nm

Raie 9 : $\beta\mu\eta$, λ nm

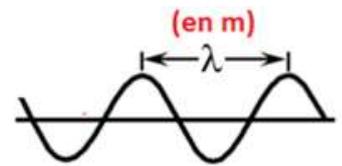
Tableau des longueurs d'ondes des raies d'émissions d'éléments chimiques :

Entités chimiques	Longueurs d'ondes des raies d'émissions
Hydrogène (H)	388.9, 397.0, 410.2, 434.0, 486.1, 656.3
Sodium (Na)	589.0, 589.6
Magnésium (Mg)	309.7, 470.3, 516.7, 517.3, 518.4
Calcium ionisé (Ca ⁺)	393.4, 396.8
Chrome (Cr)	435.2, 461.3, 464.6
Fluor (F)	821.5
Titane (Ti)	466.8, 469.1, 498.2
Fer (Fe)	389.9, 404.6, 427.2, 438.4, 452.9, 459.3, 495.7, 532.8, 543.0, 543.4, 544.7, 545.6, 822.0
Oxygène (O)	480.05
Nickel (Ni)	508.0, 508.5
Dioxygène (O ₂)	686.7

RESUME DE COURS

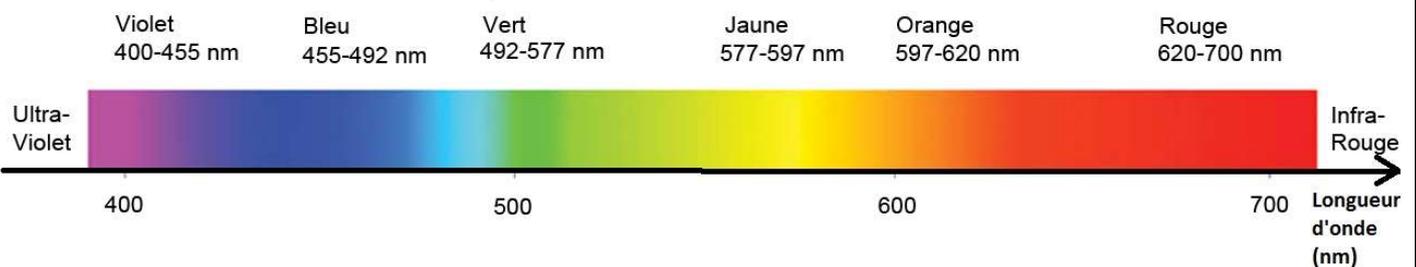
La dispersion de la lumière

La lumière provenant du Soleil est une lumière blanche dite
 Une lumière polychromatique est composée de plusieurs radiations monochromatiques. Dans le cas du Soleil, la lumière blanche émise est composée d'une infinité de radiations monochromatiques.
Une lumière monochromatique est caractérisée par sa La longueur d'onde est la de l'onde monochromatique. C'est une unité de longueur qui s'exprime en mètres et plus souvent en son sous-multiple : le nanomètre noté



Il est possible de décomposer la lumière blanche et de visualiser l'ensemble des radiations monochromatiques qui la compose. La célèbre expérience de la dispersion de la lumière par un prisme permet d'obtenir le continu des radiations monochromatiques qui composent la lumière du Soleil. On parle aussi de

Spectre Continu de la lumière blanche

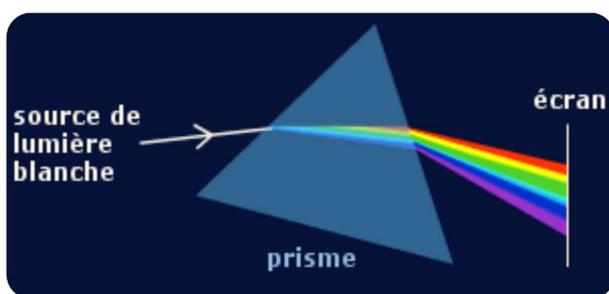


L'œil n'est sensible qu'aux radiations comprises entre 400 nm et 800 nm. C'est le

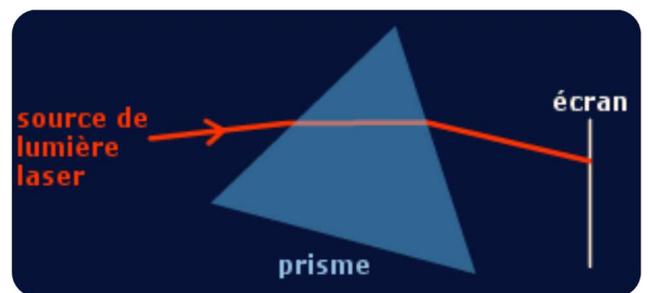
Un milieu est dit dispersif si l'indice de réfraction du milieu varie en fonction de

Ce phénomène de dispersion de la lumière polychromatique s'observe aussi dans la nature ou grâce à des objets de notre quotidien.
 Exemple :

Lumière polychromatique : lumière composée de plusieurs longueurs d'onde λ (Lumière blanche, lampe à vapeur, ...) Elle est décomposable par un système dispersif comme un prisme.



Lumière monochromatique : lumière composée d'une seule longueur d'onde λ (LASER, ...) Elle n'est pas décomposable par un système dispersif comme un prisme.



Indice de réfraction d'un milieu

L'indice optique d'un milieu quantifie la déviation vue ci-dessus. C'est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le milieu. C'est une grandeur sans dimension définie par la relation suivante :

$$n = \frac{c}{v}$$

n : indice optique du milieu (sans dimension)

c = (célérité de la lumière dans le vide)

v : vitesse de la lumière dans le milieu (m/s)

Milieu	Indice n
Vide	1
Air	1,00025
Eau	1,33
Verre en crown (classique)	1.50 environ
Verre en flint (au plomb)	1.60 environ
Diamant	2,43

Les lois de Snell-Descartes

Un dioptre est la surface de séparation entre 2 milieux transparents.

Un rayon qui arrive sur un dioptre peut être en partie réfléchi et en partie réfracté (ou transmis).

La réflexion de la lumière est la déviation que subit un rayon lumineux lorsqu'il est réfléchi sur une surface polie.

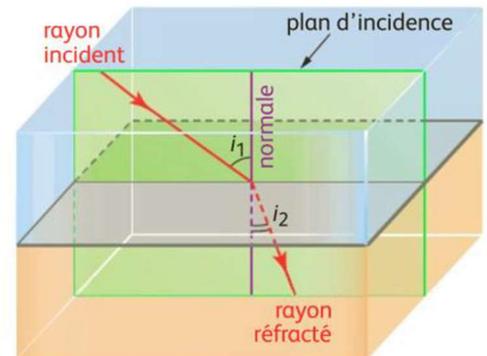
La réfraction de la lumière est la déviation que subit un rayon lumineux au passage d'un milieu transparent à un autre milieu transparent.

Le comportement d'un rayon lumineux est régi par les 2 lois de Snell – Descartes :

- **1^{ère} loi de Snell – Descartes :**

Les rayons réfléchis et réfractés sont dans le plan d'incidence

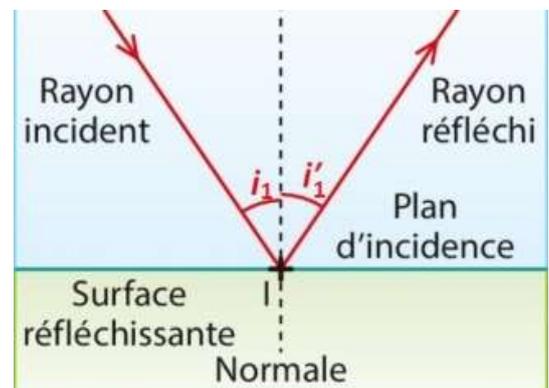
(le plan d'incidence est le plan contenant le rayon incident et la normale)



- **2^{ème} loi de Snell – Descartes :**

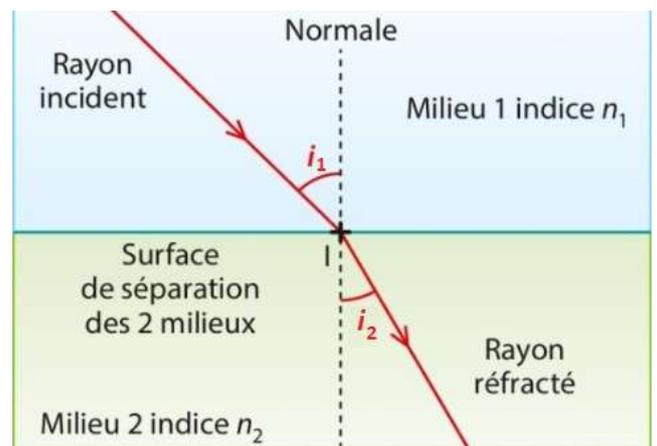
L'angle incident et l'angle réfléchi sont égaux au signe près :

$$i_1 = i_1'$$



L'angle incident et l'angle réfracté (transmis) vérifient la relation :

$$n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$$



I : Point d'incidence

n_1 : indice du milieu 1

n_2 : indice du milieu 2

i_1 : angle d'incidence

i_1' : angle de réflexion

i_2 : angle de réfraction

RESUME DE COURS

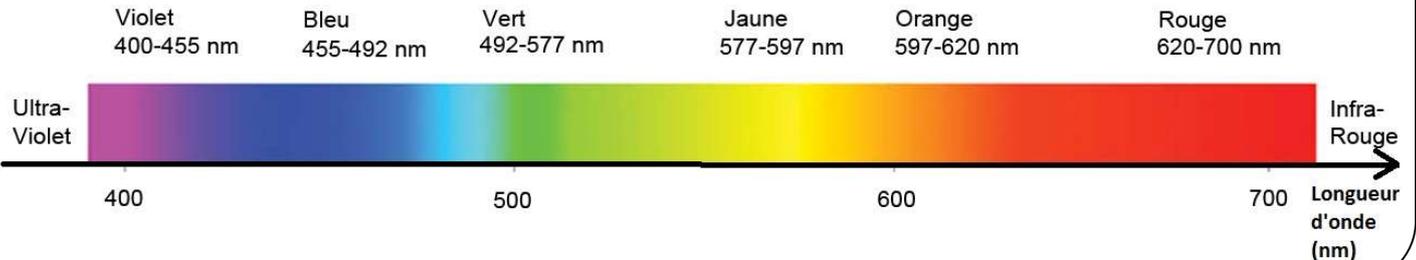
Les différents types de spectres

Spectre de la lumière blanche

Toute lumière peut être décomposée à l'aide d'un système dispersif (prisme, réseau). Cela permet d'obtenir le spectre de la lumière blanche.

Spectre de la lumière blanche. Cette lumière comporte toutes les radiations visibles par l'œil humain comprises entre 400 nm et 800 nm. Les radiations ultraviolettes UV et infrarouges IR ne sont pas visibles par l'œil humain.

Spectre Continu de la lumière blanche

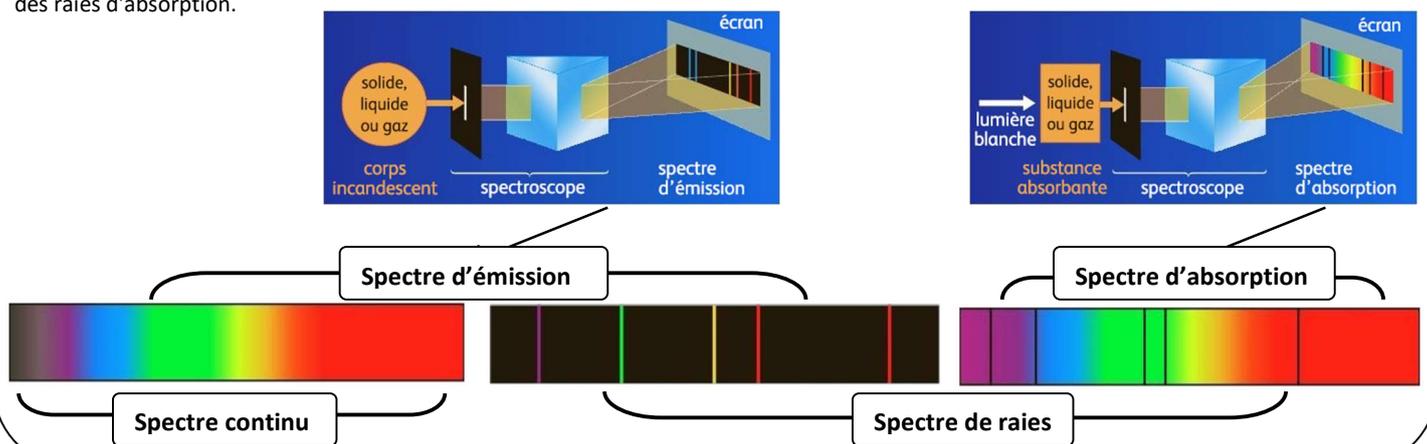


Spectre d'émission et d'absorption

Un gaz, un solide ou un liquide à pression élevée, s'ils sont chauffés, émettent un rayonnement continu qui contient toutes les couleurs.

Un gaz chaud, à basse pression, émet un rayonnement uniquement pour certaines couleurs bien spécifiques : le spectre de ce gaz présente des raies d'émission.

Un gaz froid, à basse pression, situé après une source de rayonnement continu, en absorbe certaines couleurs, produisant ainsi dans le spectre des raies d'absorption.

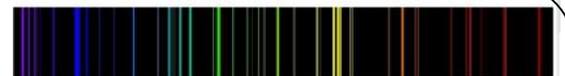


Informations transportées par la lumière

- Composition chimique**

Les radiations émises ou absorbées par une entité chimique ont les mêmes longueurs d'onde.

Ces longueurs d'onde caractérisent et permettent d'identifier une entité chimique.



- Température**

Le spectre de la lumière émise par un corps chaud dépend de la température de surface de ce corps. L'analyse du spectre d'émission d'un corps chaud permet donc de déterminer sa température de surface.

Plus la température d'un corps chaud augmente, plus le spectre et la couleur qu'il émet tendent vers le bleu.

