

---

# Thème : Ondes et signaux

## Chapitre : Spectres d'émission

### Objectifs :

- Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.
- Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.
- Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.
- Exploiter un spectre de raies.

### Sommaire

1. Rappels du collège	2	3. Activité 1 : Vitesse de la lumière	5
2. Cours	3	4. Activité 2 : Les spectres de raies d'émission	6
2.1 La vitesse de propagation de la lumière .	3	5. Activité 3 : Les messages de la lumière	8
2.2 La lumière blanche . . . . .	3	6. Exercices	10
2.3 Les spectres de raies d'émission . . . . .	4		

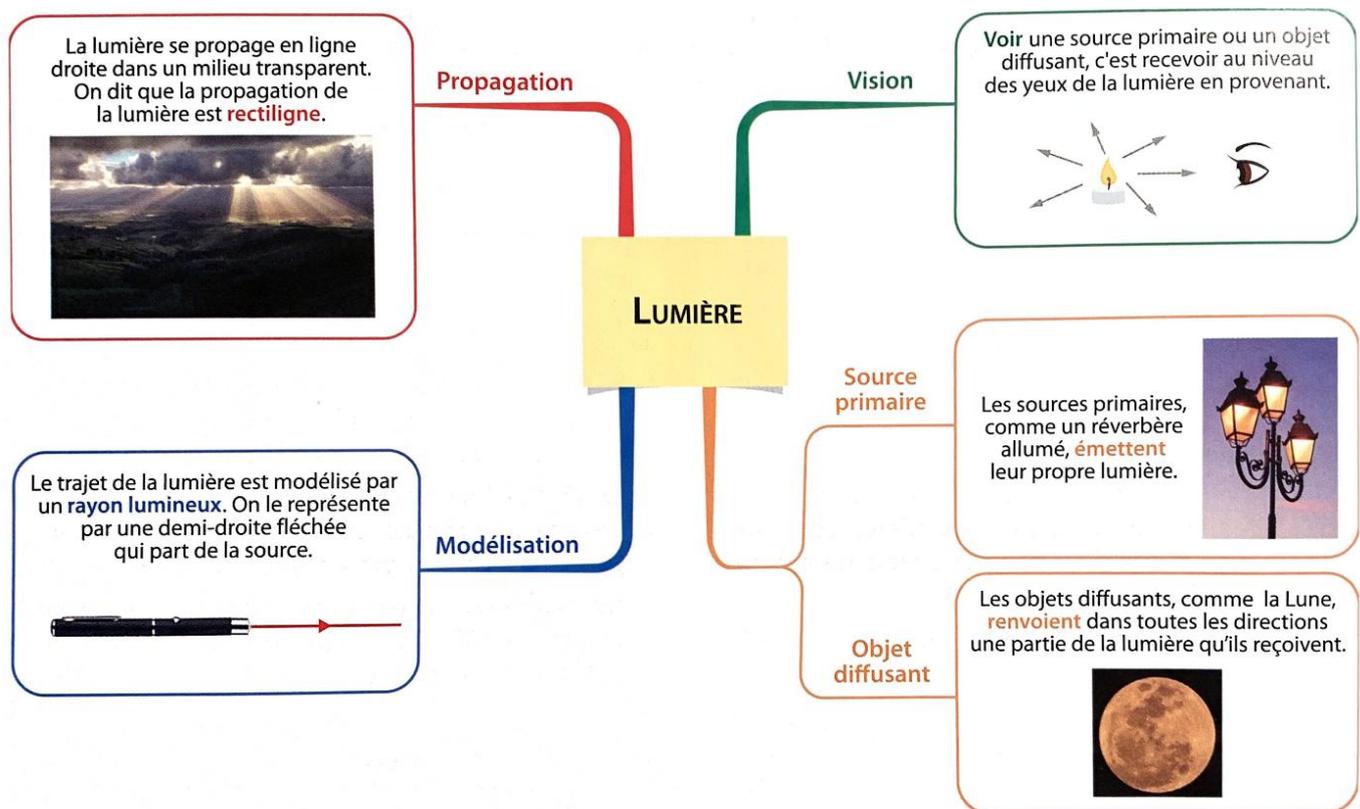
# 1. Rappels du collège

## Quizz

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	A	B	C
<b>1. La figurine est visible par l'enfant car :</b> 	l'œil envoie de la lumière vers la figurine.	la figurine diffuse de la lumière.	la figurine est une source primaire de lumière.
<b>2. La Lune est un objet diffusant car :</b>	elle produit sa propre lumière.	elle ne produit pas sa propre lumière.	elle est une source primaire de lumière.
<b>3. Le trajet de la lumière émise dans l'air par le pointeur laser est correctement modélisé par :</b>	 Pointeur laser	 Pointeur laser	 Pointeur laser
<b>4. Un objet diffusant renvoie la lumière :</b>	dans une direction.	dans deux directions.	dans toutes les directions.
<b>5. Les lampes allumées et les étoiles :</b>	sont des sources primaires de lumière.	sont des objets diffusants.	émettent de la lumière.

## Rappels



## 2. Cours

### 2.1 La vitesse de propagation de la lumière

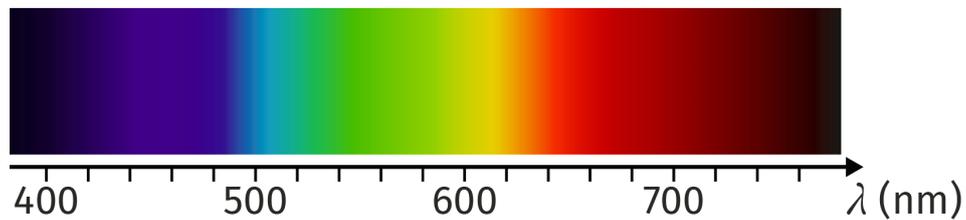
Quelle est la valeur de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide ?

.....

### 2.2 La lumière blanche

#### a) Lumière et longueurs d'onde

La lumière blanche peut être dispersée à l'aide d'un réseau, d'un prisme et même de gouttes d'eau. Il en résulte une figure lumineuse appelée .. . . . . Ce spectre est dit .. . . . . , car il ne manque aucune composante colorée entre ses extrémités.



À quoi correspond chaque composante colorée du spectre la lumière blanche ?

.....

Par quoi est caractérisée une radiation ?

.....

#### b) Lumière et température de surface

Comment est le spectre du rayonnement émis par un corps chaud ?

.....

De quoi dépend la radiation émise avec le maximum d'intensité ?

.....

.....

Exemple de spectres de la lumière émise par un corps chaud :



à 3 500 °C



à 6 000 °C

### 2.3 Les spectres de raies d'émission

Comment est caractérisée le spectre d'une lumière issue d'un gaz excité ?

.....

.....

.....

Un **spectrophotomètre** permet d'obtenir un spectre d'émission. Les raies sont alors représentées par des pics.

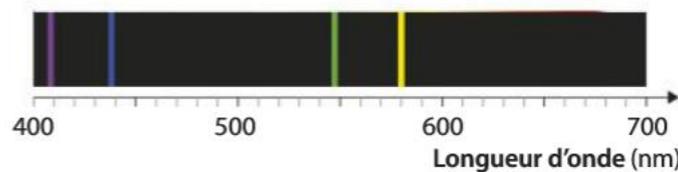
Comment, à partir des radiations émises par une lumière, peut on identifier une entité (atome, molécule ou ion) ?

.....

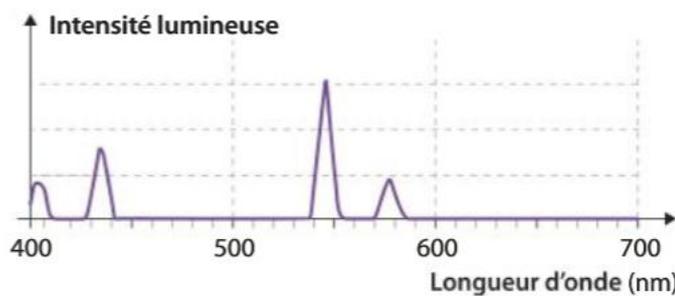
.....

.....

La lumière émise par le gaz mercure excité dans une lampe est composée notamment de quatre radiations de longueur d'onde 405 nm, 436 nm, 546 nm et 579 nm.



**a** Spectre d'émission du gaz mercure observé avec un spectroscopie



**b** Spectre d'émission du gaz mercure réalisé avec un spectrophotomètre

### 3. Activité 1 : Vitesse de la lumière

#### Objectif :

- Citer la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide ou dans l'air et la comparer à d'autres valeurs de vitesses couramment rencontrées.

La lumière se déplace si vite que pendant des siècles, les astronomes ont pensé qu'elle se propageait instantanément. Avec les progrès techniques, il a été peu à peu possible de déterminer de plus en plus précisément la valeur de la vitesse de propagation de la lumière.

Quelle est la valeur de la vitesse de propagation de la lumière dans l'air ?

Le physicien et astronome italien GALILÉE (1564-1642) pense que la propagation de la lumière n'est pas instantanée.

Il est le premier à tenter de mesurer la valeur de la vitesse de propagation de la lumière, assisté de deux aides, placés chacun au sommet d'une colline et équipés d'une lanterne.



1 Le premier aide allume sa lanterne et déclenche une clepsydre (horloge à eau).

2 Dès qu'il aperçoit la première lumière, le second aide allume à son tour sa lanterne.

3 Le premier aide arrête sa clepsydre dès qu'il aperçoit la lumière du second.

Avec ce dispositif, GALILÉE ne réussit pas à obtenir des résultats, car les allumages des lanternes semblent instantanés.

FIGURE 1 – Les premiers essais

Les progrès scientifiques et techniques en astronomie mettront en évidence que la propagation de la lumière n'est pas instantanée.

En 1849, Hippolyte FIZEAU (1819-1896) invente un appareil qu'il place au mont Valérien. Il installe par ailleurs un miroir à Montmartre.

Après plusieurs expériences, il obtient une durée moyenne de  $55 \mu\text{s}$  pour l'aller-retour de la lumière entre ces deux objets.



> Plan de situation avec les monuments actuels

FIGURE 2 – Les premières mesures

1. **Schématiser** les expériences de Galilée et de Fizeau, et **indiquer** la grandeur que cherche à mesurer chacun de ces deux physiciens pour calculer la valeur de la vitesse de propagation de la lumière.
2. **Calculer** la valeur de la vitesse de propagation de la lumière obtenue par Fizeau.
3. La valeur exacte de la vitesse de propagation de la lumière dans le vide est égale à  $299\,792\,458 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Dans l'air, cette valeur est très peu modifiée.
  - a) **Calculer** la durée qu'aurait mesurée Galilée lors de son expérience.
  - b) **Expliquer** pourquoi la mesure était impossible à son époque.
  - c) **Comparer** la valeur obtenue par Fizeau et celle de référence.

**Bilan :** Quelle est la valeur de la vitesse de propagation de la lumière dans l'air ? **L'écrire** en notation scientifique, arrondie avec trois chiffres significatifs.

## 4. Activité 2 : Les spectres de raies d'émission

### Objectif :

- Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.
- Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.

Équipé de l'instrument ChemCam, le robot Curiosity est arrivé sur Mars en août 2012. En analysant la lumière émise par un grand nombre d'échantillons de sol martien, ChemCam a permis d'en déterminer la composition.

**Comment l'analyse de la lumière émise par les échantillons du sol permet-elle au robot Curiosity d'identifier les éléments chimiques présents sur Mars ?**



FIGURE 1 – Image de synthèse du travail du robot Curiosity sur la planète Mars

L'instrument ChemCam (« CHEMistry CAMera ») analyse à distance le sol martien grâce à des tirs laser. Lors de chaque tir, les roches se vaporisent. Les atomes qui les constituent, gagnent de l'énergie et sont alors dans un état « excité ». En se désexcitant, ils émettent de la lumière qui est ensuite décomposée par le spectromètre de l'appareil. La couleur de cette lumière dépend de la nature de l'atome « excité ». Ainsi, un atome d'oxygène n'émettra pas la même lumière qu'un atome de carbone. L'analyse du spectre de raies d'émission permet donc de déterminer le (ou les) élément(s) constitutifs de la roche.

FIGURE 2 – Principe de fonctionnement de ChemCam

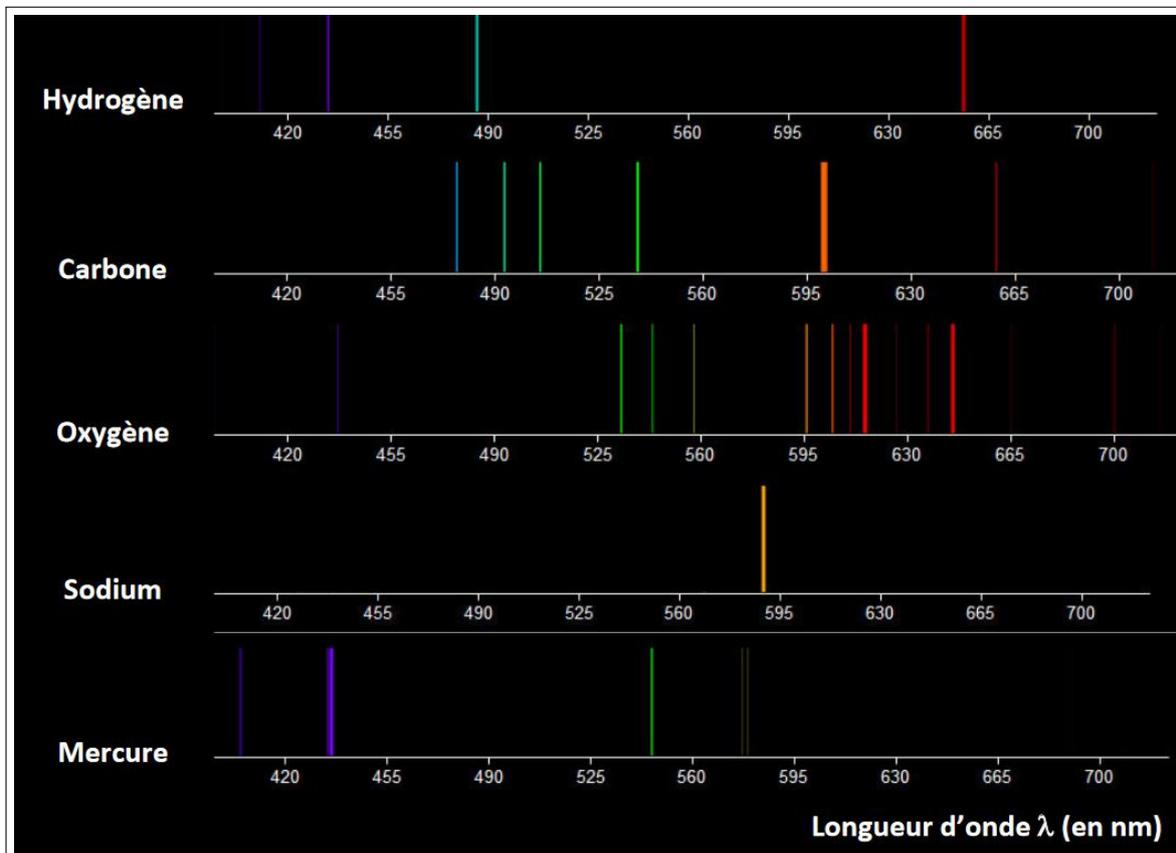
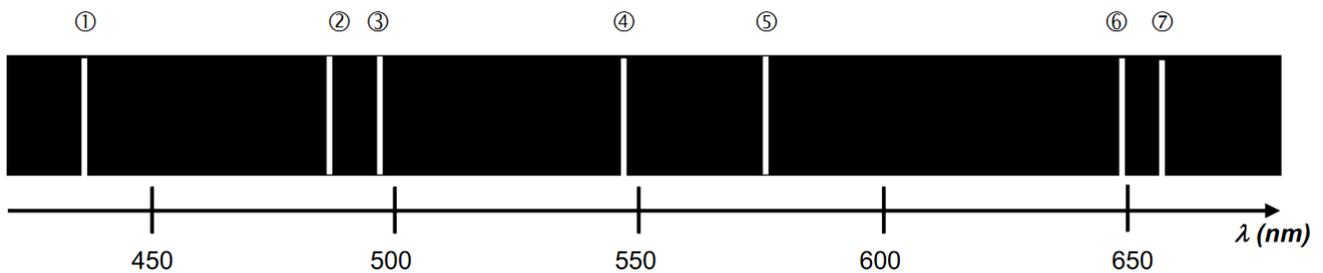


FIGURE 3 – Spectres de raies d'émission simplifiés de différents éléments chimiques

1. **Nommer** l'instrument permettant à Curiosity de décomposer la lumière émise lors d'un tir laser.
2. On associe à trois des raies du spectre d'émission du mercure une des valeurs suivantes : 405 nm, 436 nm, 546 nm.  
Que représentent ces valeurs? **Associer** chaque valeur à la raie correspondante.
3. En quoi les spectres de la figure 3 diffèrent-ils? À quelle phrase du texte de la figure 2 peut-on le relier?
4. **Rédiger** une synthèse de quelques lignes afin de répondre au problème posé. On expliquera notamment comment l'étude du spectre obtenu permet de déterminer les éléments chimiques présents sur Mars.
5. Application : On dispose d'un spectre lumineux obtenu après vaporisation d'une roche et émission d'une lumière par cette dernière (voir ci-dessous).
  - a) **Déterminer** le plus précisément possible les longueurs d'onde des radiations émises par la roche.
  - b) **Associer** une couleur à chaque radiation émise.
  - c) À l'aide des documents, quels sont les éléments chimiques que l'on peut identifier dans cette roche? La roche contient-elle des éléments chimiques non identifiés?



**Bilan** : Quelles sont les caractéristiques du rayonnement émis par un corps chaud ?

## 5. Activité 3 : Les messages de la lumière

### Objectif :

- Caractériser le spectre du rayonnement émis par un corps chaud.
- Caractériser un rayonnement monochromatique par sa longueur d'onde dans le vide ou dans l'air.
- Exploiter un spectre de raies.

En 1835, Auguste Comte, dans son cours de philosophie, cite « nous ne saurons jamais étudier, par aucun moyen la composition chimique des étoiles ». Pourtant aujourd'hui nous savons que le Soleil et les étoiles sont principalement constitués d'hydrogène et d'hélium. Nous savons également mesurer la température à la surface de ces astres sans jamais y être allé.

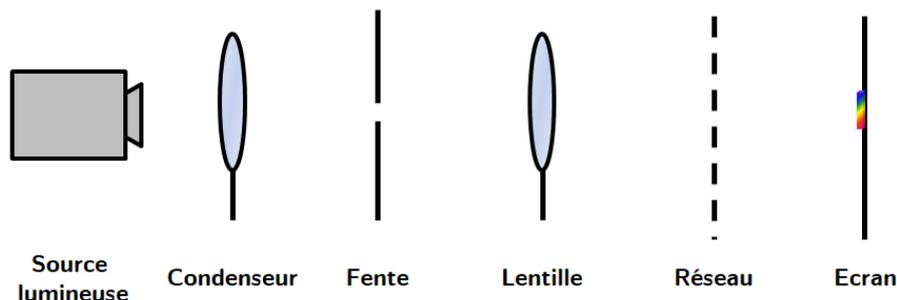
### Comment fait-on pour mesurer la température et déterminer la composition chimique d'un astre inaccessible ?

Notre seul moyen est d'utiliser la lumière qu'elles nous envoient et d'étudier leur spectre. La séance d'aujourd'hui présente différents types de spectres que l'on peut rencontrer. On étudiera plus tard comment utiliser ces spectres pour étudier les étoiles.

#### 1. La lumière blanche

Vous disposez d'un banc optique qui comporte une lampe à incandescence suivie d'une fente dont on fait l'image sur un écran.

**Reproduire** le schéma ci-dessous et sur le chemin du faisceau lumineux, intercaler un réseau.



1. Dessiner ce que vous observez sur l'écran.
2. La lumière émise par la lampe à incandescence contient-elle toutes les couleurs de l'arc-en-ciel ?
3. Décrire en une phrase, le spectre de la lumière blanche (à partir de l'observation de la lampe).
4. Quelle est la couleur de la radiation la plus déviée par le réseau ?
5. Quelle est la couleur de la radiation la moins déviée par le réseau ?
6. Quelle est l'action du réseau sur la lumière blanche ?

**Reprendre** le montage précédent et :

- Régler la lanterne au maximum d'intensité lumineuse à l'aide du curseur du rhéostat.
- Régler le dispositif pour obtenir un spectre net sur l'écran. Dessinez le spectre
- À l'aide du curseur du rhéostat, baisser l'intensité lumineuse et noter l'effet produit sur le spectre

7. Dessiner ce que vous observez sur l'écran lors du **minimum d'intensité** et lors du **maximum d'intensité**.
8. À l'aide de vos connaissances, indiquer comment évolue la température du filament de l'ampoule lorsque l'intensité de courant qui le traverse augmente ?

Aller sur le site suivant : <http://acver.fr/lvo>

Faire varier la température du corps noir et **observer** l'évolution du spectre de la lumière blanche. La couleur de l'étoile en haut au milieu de l'écran vous indique la couleur observée.

9. **Décrire**, en une phrase, l'évolution du spectre lorsque la température du filament augmente.

10. Lorsque la température du filament augmente, comment évoluent sa couleur et le spectre de la lumière qu'il émet ?

11. Ce spectre est appelé spectre continu d'origine thermique. **Expliquer** pourquoi.

## 2. Lumière émise par un gaz excité

Une lampe à décharge est un dispositif permettant de porter à haute température un gaz constitué d'atomes (mercure, sodium ou hydrogène par exemple).

À l'aide du site : <http://acver.fr/lvr>, nous allons étudier la composition spectrale de la lumière émise par une lampe à décharge.

**Choisir** comme source "Lampe spectrale à vapeur de mercure" et **observer** le spectre en bas à droite de l'écran. **Faire** de même pour le sodium et l'hydrogène.

12. Quelle est la différence entre le spectre de la lumière émise par une lampe à décharge et celui de la lumière blanche ?

13. Pourquoi qualifie-t-on le spectre de la lumière émise par une lampe à décharge de spectre de raies ?

14. Le spectre observé dépend-il de la nature du gaz qui est soumis à des décharges électriques ?

À chacune des raies du spectre est associé une radiation lumineuse caractérisée par une grandeur bien précise appelée « longueur d'onde », allant de 400 nm (pour le violet) à 700 nm (pour le rouge).

15. **En déduire** pourquoi il est possible de caractériser un atome par son spectre d'émission.

**Bilan : Conclure** sur la séance en incluant une définition d'un spectre continu d'émission, d'un spectre de raie d'émission et en proposant une réponse à la question posée en début d'activité.

## 6. Exercices

### Exercice 1

Les lampes à décharge sont constituées d'un tube de verre contenant un gaz qui, soumis à un courant électrique, émet de la lumière. Le spectre de la lumière émise par une de ces lampes est représenté ci-dessous :



1. De quel type de spectre s'agit-il ?
2. S'agit-il du spectre d'une lumière monochromatique ?
- 3.a) Repérer les longueurs d'onde des radiations présentes dans le spectre de la lumière émise par cette lampe.
- b) Identifier l'entité responsable de l'émission lumineuse.

Données : Longueurs d'onde (en nm) de quelques radiations caractéristiques de trois entités.

Hydrogène	410, 434, 486, 656
Lithium	412, 497, 610, 671
Mercure	405, 436, 546, 579

### Exercice 2

On a réalisé le spectre de raies d'émission de la lumière émise par un gaz inconnu :

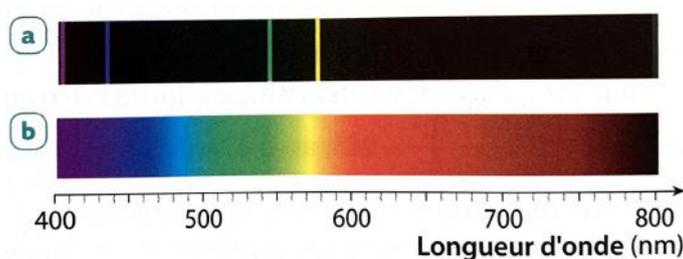


FIGURE 1 – Spectre d'émission d'un gaz inconnu (a) et la lumière blanche (b)

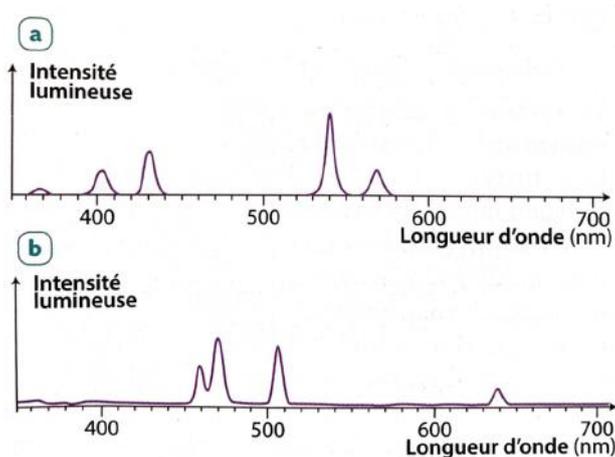


FIGURE 2 – Spectre du mercure (a) et du cadmium (b) obtenus avec un spectrophotomètre

1. À l'aide du spectre de la lumière blanche, **évaluer** les longueurs d'onde des radiations émises par le gaz inconnu.
2. **Repérer** les longueurs d'onde des radiations des spectres des deux gaz (figure 2).
3. En comparant les longueurs d'onde obtenues aux questions 1. et 2., **identifier** le gaz inconnu.

### Exercice 3

Lors des missions lunaires, les astronautes ont déposé des miroirs sur la Lune. Ces miroirs sont utilisés pour déterminer précisément la distance entre la Terre et la Lune.



Une mesure a donné pour l'aller-retour de la lumière une durée  $\Delta t = 2,4292278641$  s avec une précision de  $3 \times 10^{-10}$  s.

1. **Schématiser** le trajet de la lumière.
- 2.a) **Exprimer** la distance  $d$  entre la station laser et le miroir visé à la surface de la Lune en fonction de  $c$  et de  $\Delta t$ .
- b) **Calculer** cette distance  $d$  sachant que la vitesse de la lumière est donnée par  $c = 299792458$   $m.s^{-1}$ .
- c) Quelle distance la lumière parcourt-elle en  $3 \times 10^{-10}$  s ?
- d) **En déduire** la précision de la mesure de  $d$ .

### Exercice 4

Les lampadaires émettent parfois une lumière jaune. Cette couleur due au gaz présent dans les lampes. On a réalisé, à l'aide d'un spectrophotomètre, le spectre d'émission de la lumière émise par une lampe comportant le même gaz.

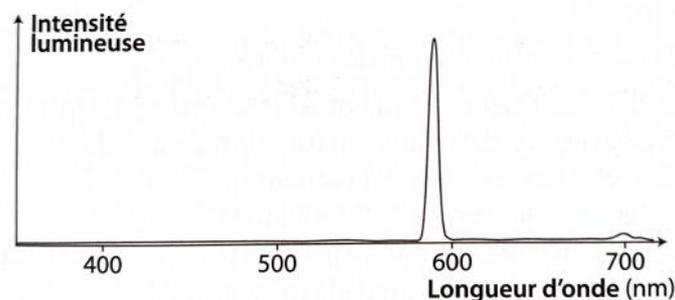


FIGURE 3 – Spectre d'émission de la lumière émise par une lampe comportant le même gaz.

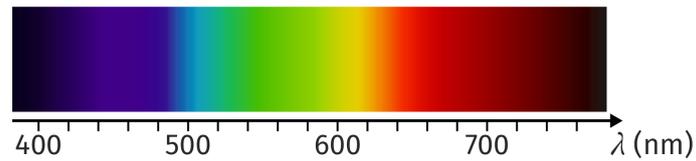


FIGURE 4 – Spectre de la lumière blanche.

Mercure	405, 436, 546, 579
Cadmium	468, 480, 508, 643
Hélium	447, 501, 588, 668, 706
Sodium	589

FIGURE 5 – Longueurs d'onde (en nm) de quelques radiations caractéristiques de quatre entités.

1. Cette lumière est-elle polychromatique ou monochromatique ?
2. **Déterminer** la couleur de cette radiation.
3. Le gaz peut-il être l'hélium ?

### Exercice 5

Pour étudier la relation entre la température d'une source lumineuse et la longueur d'onde de la radiation de son spectre émise avec le maximum d'intensité, on prend un morceau de métal dont on augmente progressivement la température  $\theta$ .

Pour chaque température, on mesure à l'aide d'une spectrophotomètre la longueur d'onde de la radiation pour laquelle l'intensité lumineuse est maximale. On obtient les résultats suivants :

$\theta$ (°C)	1 200	1 400	1 600	1 800	2 000
$\lambda_{\max}$ (nm)	1 960	1 730	1 540	1 400	1 270
$\frac{1}{\lambda_{\max}}$ (nm <sup>-1</sup> )					

$\theta$ (°C)	2 200	2 400	2 600	2 800	3 000
$\lambda_{\max}$ (nm)	1 170	1 080	1 010	940	880
$\frac{1}{\lambda_{\max}}$ (nm <sup>-1</sup> )					

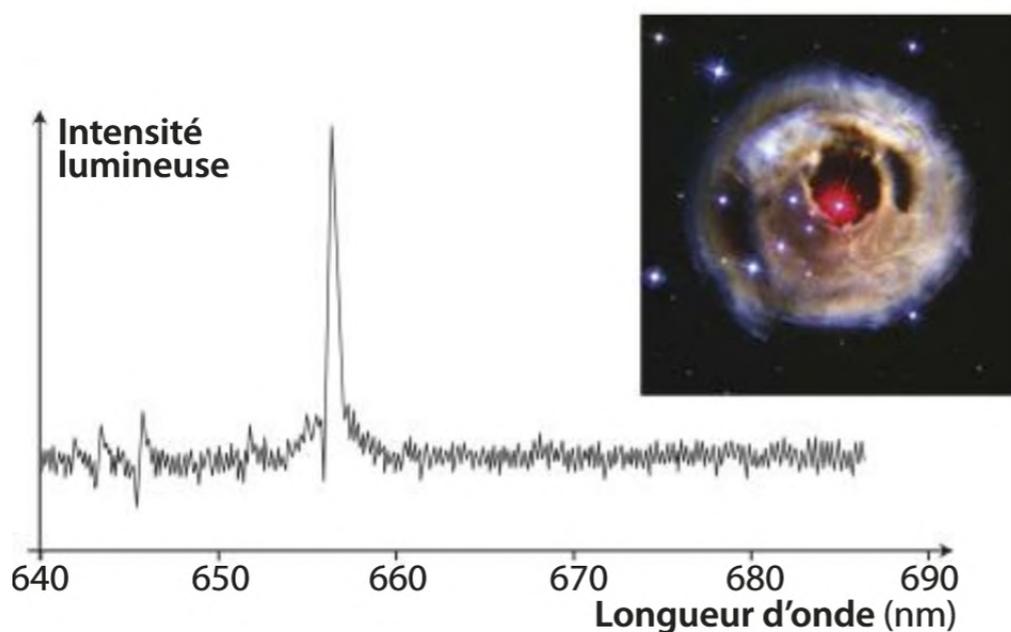
- 1.a) À l'aide d'un tableur ou d'une calculatrice graphique, **tracer**  $\theta$  en fonction de  $\lambda_{\max}$ .
- b) Ces deux grandeurs sont-elles proportionnelles ?
- 2.a) Dans une nouvelle colonne, **calculer**  $\frac{1}{\lambda_{\max}}$  puis **représenter** le graphique donnant  $\theta$  en fonction de  $\frac{1}{\lambda_{\max}}$ .
- b) Quelle est la nature de la courbe obtenue ?
- 3.a) **Établir** l'équation de la courbe obtenue à l'aide du tableur ou de la calculatrice graphique.
- b) **Montrer** qu'elle est en accord avec la loi de Wien qui s'écrit :

$$\theta = \frac{2,89 \times 10^6}{\lambda_{\max}} - 273 \quad (1)$$

avec  $\theta$  en °C et  $\lambda_{\max}$  en nm.

4. Dans le cas où cette loi est applicable à n'importe quel corps chaud, **identifier** la grandeur que l'on peut déterminer par analyse du spectre de la lumière émise.

## Exercice 6



En janvier 2002, la surface de l'étoile V838 s'est soudainement et considérablement dilatée ; cette étoile est ainsi devenue la plus brillante de la Voie lactée. Puis, tout aussi soudainement, elle s'est éteinte. Le spectre de la lumière émise lors de cet événement est donné ci-dessus.

- 1.a) **Relever** la longueur d'onde de la radiation observée.
  - b) **Indiquer** la couleur de la radiation.
  - c) **Identifier** l'élément chimique à l'origine de cette radiation.
2. En examinant la photographie de cette étoile, **donner** la région dans laquelle se situe l'émission de cette radiation.

## Données :

- Quelques radiations caractéristiques en nm :  
hydrogène : 656 ; calcium : 646 et 672 ; fer : 668
- Spectre de la lumière blanche :

