

Chapitre 9

Les spectres lumineux

RÉVISION ET RÉSUMÉ

Rayonnement thermique Tout corps rayonne des radiations, dont la longueur d'onde moyenne ne dépend que de la température du corps considéré. Quand le corps est suffisamment chaud, le rayonnement est dans l'infrarouge, voir même dans le domaine visible si le corps est très chaud.

Ce phénomène est appelé rayonnement thermique. Une application de ce phénomène est qu'il suffit de chauffer un corps à suffisamment haute température, pour obtenir une source de lumière. C'est là le principe des ampoules à filament incandescent.

Échelles de température À l'échelle des degrés Celsius, telle que l'eau pure se solidifie à 0°C et entre en ébullition à 100°C , on peut substituer une échelle dite *absolue*. En notant θ (lettre grecque *theta*) la température en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$) et T la température absolue en kelvin (K) :

$$T = \theta + 273,15$$

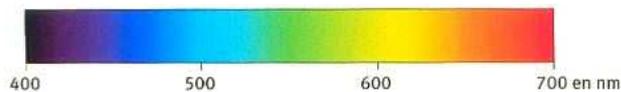
L'échelle absolue est telle qu'à zéro kelvin, l'*agitation thermique* cesse totalement : à cette température, les atomes, molécules ou ions sont totalement immobiles.

Loi de Wien La relation entre la longueur d'onde moyenne émise λ_m (lettre grecque *lambda*, avec l'indice *m* comme moyenne) en micromètres (μm) et la température absolue du corps T en kelvin (K) est :

$$\lambda_m T = 2,9 \times 10^3 \mu\text{m.K}$$

Spectre continu Les radiations émises par rayonnement thermique forment un spectre continu,

centré sur la radiation moyenne de longueur d'onde λ_m .



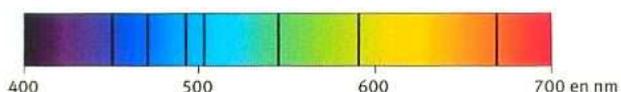
Spectre de raies Lorsque les atomes, ions ou molécules d'un corps sont excités soit par chauffage soit par la circulation d'un courant, ces entités peuvent émettre des radiations par un mécanisme appelé *émission induite*.

Ce mode d'émission de radiations est différent du rayonnement thermique. Le spectre obtenu est uniquement formé de raies monochromatiques :



Un tel spectre de raies est caractéristique de l'élément considéré.

Spectre d'absorption Lorsque des radiations lumineuses traversent un corps, ses atomes, ions ou molécules peuvent absorber *sélectivement* certaines radiations bien précises, selon un mécanisme appelé *absorption induite*. Si le spectre du rayonnement incident était continu, il est amputé de certaines raies monochromatiques après passage au travers du corps considéré :



Ces raies sont appelées raies d'absorption, elles sont exactement complémentaires des raies d'émission que l'on peut obtenir avec le corps considéré.

N'oubliez pas l'exercice résolu sur les spectres de raies, page 67 de votre livre !

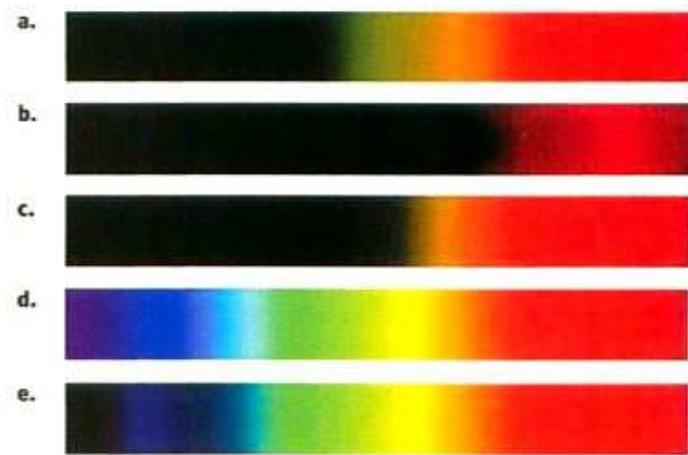
Rayonnement thermique

9.1 Filament d'une lampe de poche

On observe l'éclat de la lumière émise par une lampe de poche, au fur et à mesure de l'usure de la pile qui l'alimente. On note les observations suivantes :

Pile	neuve	10 min	30 min	1 h	2 h
Lumière émise	Blanc	Jaune-blanc	Jaune	Orange	Rouge-orangé

À l'aide d'un spectroscope, on analyse la lumière émise par le filament aux différents stades d'usure de la pile précédents. Les spectres obtenus sont les suivants :



1. Classez les cinq spectres **a**, **b**, **c**, **d** et **e** dans l'ordre croissant de la température du filament.
2. Les spectres ont été malencontreusement mélangés ; sauriez-vous les remettre dans l'ordre d'usure de la pile ?
3. Les spécifications techniques de l'ampoule indiquent une température du filament de 2 500°C, quand elle est branchée sur une pile neuve.
 - a. Convertir la température indiquée en kelvin (K).
 - b. À l'aide de la loi de Wien, calculez la longueur d'onde moyenne λ_m correspondant au maximum d'intensité lumineuse émise par le filament incandescent dans le cas d'une pile neuve. Exprimez le résultat en micromètres (μm) puis en nanomètres (nm).
 - c. Indiquez la couleur correspondant à cette valeur de λ_m .
 - d. Lorsque la pile s'use, comment varie λ_m ? Justifiez.

9.2 N°8 p. 68

Question supplémentaire pour l'exercice N°8 p. 68 :

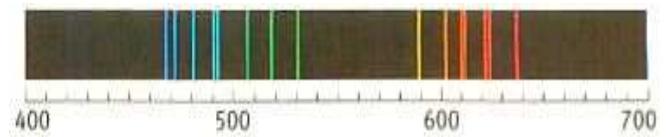
À l'aide de la loi de Wien, calculez la longueur d'onde moyenne λ_m correspondant au maximum d'intensité lumineuse émise par chaque filament incandescent des deux lampes. Les résultats seront exprimés en micromètres (μm) puis convertit en nanomètres (nm).

Spectres de raies

9.3 N°9 p. 68

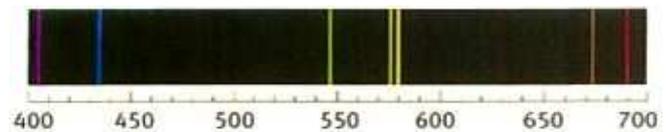
9.4 Spectres du zinc et du mercure

1. Le document ci-dessous reproduit le spectre émis par la vapeur de zinc.



- a. Est-ce un spectre d'émission ou d'absorption ?
- b. Quelle est la grandeur représentée sur le segment gradué ? L'unité n'est pas précisée : quelle est-elle ?
- c. Déterminer la valeur de la plus petite longueur d'onde des raies du spectre, située dans le bleu, le plus à gauche.
- d. Même question pour la plus grande longueur d'onde, située dans le rouge, le plus à droite.

2. Le document ci-dessous reproduit le spectre émis par la vapeur de mercure.



- a. Nous avons indiqué dans le cours qu'un spectre est caractéristique de l'élément considéré ; justifiez cette affirmation, en vous basant sur une comparaison des spectres du mercure et du zinc.
- b. Pour obtenir ces spectres, il a été nécessaire de placer les éléments zinc et mercure, qui sont des métaux, sous forme d'une vapeur (les métaux sont alors dans l'état gazeux, en suspension dans l'air). Pourquoi ?
- c. Quelle serait l'allure du spectre, si on mélangeait les vapeurs de zinc et de mercure ?

Spectres d'absorption

9.5 N°10 p. 69

9.6 N°12 p. 69

Corrigé 9

Les spectres lumineux

EXERCICES

Rayonnement thermique

9.1 Filament d'une lampe de poche

9.2 N°8 p. 68

Le premier spectre, comportant le violet, de longueur d'onde plus faible, correspond à l'ampoule dont le filament est le plus chaud : $3\,200^\circ\text{C}$. Le second spectre correspond au filament à $2\,600^\circ\text{C}$.

L'ajout d'halogène (une famille d'éléments chimiques très stables) permet de porter le filament à plus haute température, et d'obtenir une lumière plus intense, plus blanche.

Question supplémentaire : les températures absolues des deux filaments sont respectivement :

$$\begin{cases} T_1 = 2\,600 + 273 = 2\,813 \text{ K} \\ T_2 = 3\,200 + 273 = 3\,413 \text{ K} \end{cases}$$

La loi de Wien permet de trouver la longueur d'onde moyenne λ_m d'un rayonnement thermique :

$$\lambda_m T = 2,9 \cdot 10^3 \quad \Leftrightarrow \quad \lambda_m = \frac{2,9 \cdot 10^3}{T}$$

Application numérique pour chaque filament, respectivement :

$$\begin{cases} \lambda_{m,1} = \frac{2,9 \times 10^3}{T_1} = \frac{2\,900}{2\,813} = 1,0 \text{ } \mu\text{m} \\ \lambda_{m,2} = \frac{2,9 \times 10^3}{T_2} = \frac{2\,900}{3\,413} = 0,85 \text{ } \mu\text{m} \end{cases}$$

Conversion des micromètres en nanomètres :

$$\begin{cases} \lambda_{m,1} \simeq 1\,000 \text{ nm} \\ \lambda_{m,2} \simeq 850 \text{ nm} \end{cases}$$

Ces deux longueurs d'onde sont dans l'infrarouge. On ne sait pas fabriquer de lampe à incandescence dont le filament résiste à des températures suffisamment élevées pour que la longueur d'onde moyenne soit dans le domaine visible. Cette difficulté technique explique la forte consommation d'énergie des ampoules à incandescence, une grande partie étant perdue en chaleur.

Spectres de raies

9.3 N°9 p. 68

9.4 Spectres du zinc et du mercure

- Il s'agit d'un spectre de raies d'émission.
 - La grandeur portée en abscisse est la longueur d'onde λ ; l'unité est le nanomètre (nm).
 - Avec de bons yeux, on peut lire $\lambda_{\text{bleu}} \simeq 470 \text{ nm}$.
 - $\lambda_{\text{rouge}} \simeq 640 \text{ nm}$.
- Les spectres du mercure et du zinc sont totalement différents; ils ne comportent quasiment aucune raie monochromatique en commun. On a bien là une véritable *signature* de l'élément considéré (l'existence d'un spectre est la manifestation de la structure interne de l'atome, différente pour chaque élément).
 - Les éléments ont été portés à haute température, afin d'exciter leurs atomes ou ions constituants. Ces entités, une fois excitées, se désexcitent en émettant les spectres de raies observés.
 - Le spectre résultant serait un exact mélange des deux spectres. Tout l'art du spécialiste en spectroscopie stellaire consiste à *reconnaître* les raies caractéristiques de tel ou tel élément, mélangées qu'elles sont avec toutes les autres raies du spectre d'une étoile.

Spectres d'absorption

9.5 N°10 p. 69

9.6 N°12 p. 69

- Les traits verticaux noirs représentent les raies d'absorption, dues aux éléments présents dans l'atmosphère de l'étoile. Ces éventuellements éléments de l'atmosphère absorbent certaines radiations du spectre continu émis (par rayonnement thermique) par la surface de l'étoile, très chaude.
- On constate que le spectre de raies (1) complète partiellement le spectre d'absorption (3); cet élément est donc présent dans l'atmosphère de l'étoile. En revanche le spectre de raies (2) ne complète pas le spectre d'absorption (3), malgré quelques raies communes. Cet élément doit donc être écarté, et l'on doit chercher l'origine des raies d'absorption non encore élucidées avec d'autres éléments.