

## Chapitre 4 - Lumière et couleur

Manuel pages 64 à 77

### Choix pédagogiques

Ce chapitre reprend les notions introduites au collège et en classe de seconde sur les sources de lumières monochromatiques et polychromatiques.

Il complète le chapitre précédent en apportant des éléments sur la perception des couleurs, en particulier à partir de la synthèse additive trichromatique propre à la vision humaine.

Il introduit enfin la loi de Wien qui permet de préciser le lien entre la température d'un corps dense chauffé et le spectre d'émission du rayonnement thermique.

Les activités portent d'abord sur la vision trichromatique, puis sur la perception des couleurs.

Dans le cours, il a paru utile d'introduire l'unité SI de température, même si celle-ci n'apparaît pas explicitement au programme : elle est utilisée dans la forme traditionnelle de la loi de Wien et dans la plupart des notices de lampes actuelles, pour la température de couleur notamment.

*Une activité expérimentale ainsi que des exercices supplémentaires sont disponibles sur le site compagnon Sirius et dans le manuel numérique enrichi.*

### Double page d'ouverture

#### Lasers et projecteurs de lumières colorées

À partir de la photographie, une discussion peut s'engager sur les différences entre les lumières colorées émises par des projecteurs et par les lasers.

Le but de cette discussion est de rappeler le fait qu'un observateur ne peut pas savoir si une lumière colorée est monochromatique ou polychromatique, et qu'une analyse de cette lumière par un prisme ou un réseau permet de lever le doute.

#### Lumières émises et spectres d'une lampe à incandescence et d'une lampe fluorescente

L'objectif de cette photographie est de réinvestir une partie des acquis du chapitre précédent, en faisant l'hypothèse que les sensations visuelles puissent être identiques grâce à la synthèse additive des lumières colorées.

#### Barre de métal chauffé

L'objectif de la question est de faire rappeler un résultat vu en classe de seconde : la couleur d'un corps dense chauffé passe du rouge sombre au blanc lorsque sa température augmente.

## Activités

### Activité documentaire 1. La théorie trichromatique

#### Commentaire

Cette activité est une approche historique de la théorie trichromatique de la vision.

#### Réponses

##### 1. Comprendre le texte

- On imaginait que la rétine possédait des récepteurs répondant à chaque longueur d'onde. Cette hypothèse suppose un très grand nombre de cellules rétinienne de natures différentes.
- Les récepteurs imaginés par Young se trouvent sur la rétine.
- Cette théorie est basée sur une synthèse additive, à partir de trois lumières colorées.
- Les trois types de récepteurs se distinguent par le domaine de longueurs d'onde pour lequel leur sensibilité est maximale.

##### 2. Interpréter

La synthèse additive permet, à partir de lumières colorées correctement choisies (en général rouge, verte et bleue), d'obtenir la plupart des autres couleurs.

##### 3. Conclure

C'est grâce à l'activité combinée de trois types de récepteurs, sensibles principalement au rouge, au vert et au bleu, que la vision des couleurs est possible.

Ces récepteurs, les cônes, sont situés principalement dans la partie de la rétine appelée fovéa.

### **Activité expérimentale 2. Perception des couleurs**

#### **Commentaires**

Cette activité est une expérience d'égalisation de couleurs, qui permet de montrer qu'il est possible d'obtenir une même sensation de couleur avec des lumières de composition spectrales différentes.

Elle peut être réalisée en utilisant, comme sources de lumières rouge et verte :

- Soit des lanternes munies de filtres colorés ;
- Soit un vidéoprojecteur relié à un ordinateur équipé d'un logiciel qui permet de réaliser un mélange additif de couleurs.

#### **Réponses**

##### **1. Observer**

- a. La lampe à vapeur de sodium émet une lumière jaune-orangé.
- b. Le spectre observé avec un spectroscope de poche est formé d'une raie jaune-orangé.
- c. Le spectre observé dans la zone éclairée par les deux lanternes est formé de deux bandes colorées : l'une est verte et l'autre rouge.

##### **2. Interpréter**

La lumière émise par la lampe à vapeur de sodium est pratiquement monochromatique.

##### **3. Conclure**

Des lumières qui produisent la même sensation colorée n'ont pas nécessairement la même composition spectrale.

### Activité expérimentale supplémentaire. Couleur d'un corps chaud

#### Commentaires

Cette activité est disponible sur le site compagnon Sirius ainsi que dans le manuel numérique enrichi.

Le but est de présenter le principe d'un pyromètre à disparition de filament, qui permet d'évaluer la température d'un corps chauffé en comparant la couleur de la lumière qu'il émet à celle du filament d'une lampe.

#### Expérience 1

Valeurs obtenues avec une lampe de voiture 12V, P21W Arcoll.

$R_0 = 0,50 \Omega$ .

<b>U(V)</b>	0	0,41	1,32	2,55	3,66	4,7	5,9	6,44	7,35	8,25	9
<b>I(A)</b>	0	0,4	0,62	0,8	0,94	1,05	1,17	1,21	1,3	1,38	1,48

#### 1. Observer

Quand l'intensité du courant augmente, la couleur du filament passe du rouge sombre au jaune vif, et l'intensité de la lumière émise augmente.

#### 2. Exploiter les résultats

a. Pour un conducteur ohmique, la formule qui traduit la loi d'ohm est :

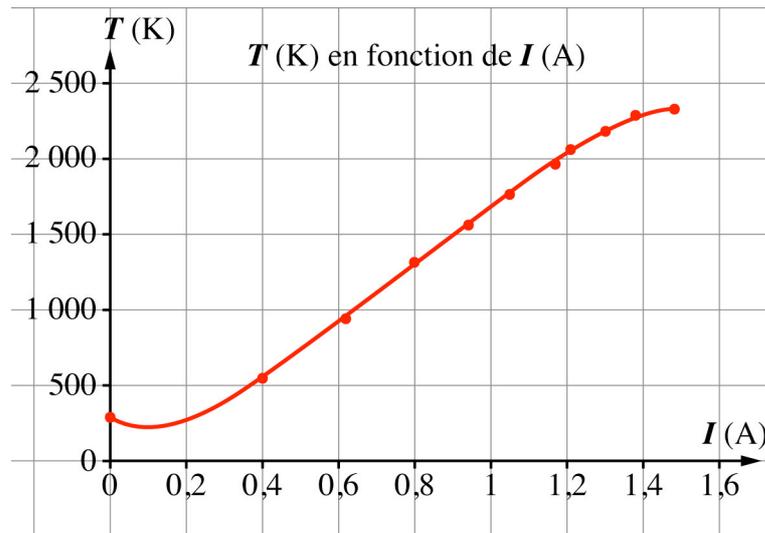
$$U = R I \text{ (} U \text{ en V ; } I \text{ en A ; } R \text{ en } \Omega \text{)}.$$

b, c, d. L'expression de  $T$  est obtenue à partir de la relation donnée dans l'énoncé :

$$\frac{R}{R_0} = 5,7 \times 10^{-3} T - 1,1 \text{ donc } \frac{\left(\frac{R}{R_0} + 1,1\right)}{5,7 \times 10^{-3}} = T ; \text{ soit } T = 175 \frac{R}{R_0} + 193$$

$U(V)$	$I(A)$	$R = \frac{U}{I} (\Omega)$	$\frac{R}{R_0} = \frac{R}{0,50}$	$T = \frac{175R}{R_0} + 193 (K)$
0	0		1	300
0,41	0,4	1,0	2,1	552
1,32	0,62	2,1	4,3	938
2,55	0,8	3,2	6,4	1309
3,66	0,94	3,9	7,8	1556
4,7	1,05	4,5	9,0	1760
5,9	1,17	5,0	10,1	1958
6,44	1,21	5,3	10,6	2056
7,35	1,3	5,7	11,3	2172
8,25	1,38	6,0	12,0	2285
9	1,48	6,1	12,2	2321

e.



© Corédoc. Nathan 2011

## Expérience 2

### 3. Observer

$I = 0,58$  A.

### 4. Exploiter les résultats

Pour une intensité  $I = 0,58$  A, on lit une température  $T_R = 873$  K = 600 °C.

### 5. Conclure

Lorsque le filament de la lampe et l'élément chauffant du bec ont la même couleur, le filament n'est pratiquement plus visible.

Cet ensemble permet d'évaluer la température d'un corps chauffé.

## Exercices

### Exercices d'application

#### 5 minutes chrono !

#### 1. Mots manquants

- produit
- polychromatique
- longueur d'onde
- supérieure
- trichromatique
- cônes
- thermique
- Wien

#### 2. QCM

- peut être l'une ou l'autre selon les cas
- inférieure à 400 nm
- peuvent avoir des spectres différents
- diminue
- se décale vers les courtes longueurs d'onde
- dépend de l'ensemble des radiations qu'il émet

### Mobiliser ses connaissances

#### Sources de lumière (§1 du cours)

3. a. Lampe, soleil.  
b. Lune, objet éclairé.
- 

4. a. La figure représente le spectre de la lumière blanche.  
b. Ce spectre peut être obtenu à l'aide d'un prisme ou d'un réseau.
- 

5. Une lumière monochromatique est indécomposable. Elle correspond à une radiation.
- 

6. a. Les radiations visibles ont une longueur d'onde dans le vide comprise entre 400 nm et 800 nm.  
b. La longueur d'onde 400 nm correspond à une radiation de couleur violette.
- 

7.  $4,50 \times 10^{-7} \text{ m} = 450 \text{ nm}$ , ce qui correspond à de la lumière visible.
- 

8. a.  $\lambda > 800 \text{ nm}$  : radiations infrarouges.  
b.  $\lambda < 400 \text{ nm}$  : radiations ultraviolettes.
-

**Vision des couleurs (§2 du cours)**

9. On peut réaliser une expérience d'égalisation des couleurs en cherchant à obtenir la même sensation colorée qu'avec la lumière étudiée à l'aide de trois sources rouge, verte, et bleu.

**Couleurs des corps chauffés (§3 du cours)**

10. Les barres d'acier ne sont pas à la même température : les plus chaudes émettent une lumière jaune orangé, les moins chaudes une lumière rougeâtre.

11. a. Le maximum de la courbe (1) est atteint pour une longueur d'onde inférieure à celle de la courbe (2). Donc, d'après la loi de Wien, le corps (1) a la température la plus élevée.

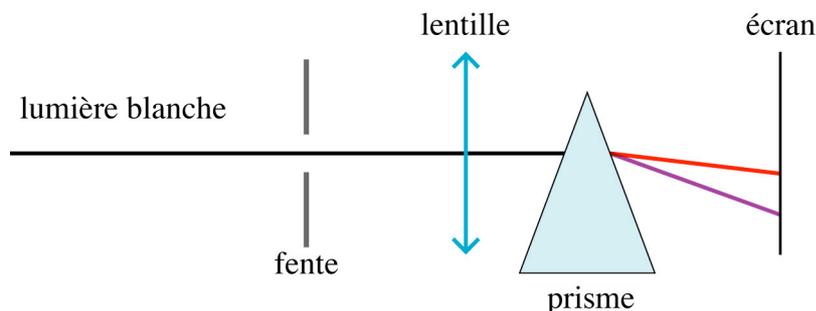
b. Pour la courbe (1),  $\lambda_{\max} = 700 \text{ nm}$  : lumière visible.

Pour la courbe (2),  $\lambda_{\max} = 950 \text{ nm}$  : infrarouge.

**Utiliser ses compétences**

12. Le spectre de la lumière blanche peut être obtenu avec un prisme, une fente fine, et une lentille convergente.

En déplaçant la lentille, on forme l'image de la fente sur un écran, puis on intercale le prisme sur le trajet du faisceau de lumière entre la lentille et l'écran.



© Corédoc. Nathan 2011

13.

	Valeur en nm	Valeur en m	Valeur en $\mu\text{m}$
Longueur d'onde dans le vide	$5,50 \times 10^2$	$5,50 \times 10^{-7}$	$5,50 \times 10^{-1}$
	$6,20 \times 10^2$	$6,20 \times 10^{-7}$	$6,20 \times 10^{-1}$
	$4,60 \times 10^2$	$4,60 \times 10^{-7}$	$4,60 \times 10^{-1}$

14. a. Si  $T$  augmente,  $\lambda_{\max}$  diminue.

b.  $T \times \lambda_{\max} = 2,90 \times 10^{-3} \text{ K}\cdot\text{m}$ . Ce produit est constant.

15. a.  $\lambda_{\max} = 1,2 \times 10^3 \text{ nm}$  (infrarouge).

b. La lumière émise ne contient pratiquement pas de violet, de bleu et de vert : le filament a une couleur rouge-orangé.

**Sirius 1<sup>re</sup> S - Livre du professeur**  
**Chapitre 4. Lumière et couleur**

16. a. D'après la loi de Wien, la longueur d'onde pour laquelle l'émission a une intensité maximale est donnée par la formule :  $\lambda_{\max} = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{T}$  ( $\lambda_{\max}$  en m ;  $T$  en K).

Application numérique :  $\lambda_{\max} = 9,67 \times 10^{-7} \text{ m} = 9,67 \times 10^2 \text{ nm}$ , pour  $T = 3\,000 \text{ K}$ .  
 $\lambda_{\max} = 1,16 \times 10^{-6} \text{ m} = 1,16 \times 10^3 \text{ nm}$  pour  $T = 2\,500 \text{ K}$

Les longueurs d'onde des radiations visibles sont comprises entre 400 nm et 800 nm.

Les deux valeurs de  $\lambda_{\max}$  correspondent à des radiations infrarouges.

b. La couleur perçue ne dépend pas seulement de  $\lambda_{\max}$ , mais de l'ensemble des radiations émises.

On pourrait avoir une idée de cette couleur à partir de la forme des courbes de l'intensité de la lumière émise en fonction de la longueur d'onde.

-----

**Exercices d'entraînement**

17. *Exercice résolu*

-----

18. La lumière émise par la DEL contient des lumières bleue, verte et rouge : l'addition des signaux produits par l'excitation des trois types de cellules en cônes de la rétine produit une sensation de lumière blanche.

-----

19. a. D'après la loi de Wien :  $T = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$  avec  $T = 273 + 15 = 288 \text{ K}$ .

D'où  $\lambda_{\max} = 1,01 \times 10^{-5} \text{ m} = 1,01 \times 10^4 \text{ nm}$ .

Cette valeur, voisine de 10 000 nm, correspond à une radiation infrarouge.

b. (1) : rayonnement d'origine solaire.

(2) : rayonnement émis par la Terre, non absorbé par l'atmosphère.

(3) : rayonnement émis par la Terre, absorbé par l'atmosphère.

(4) : rayonnement émis par l'atmosphère, qui n'atteint pas la Terre.

(5) : rayonnement émis par l'atmosphère, qui atteint la Terre.

c. Si les gaz à effet de serre deviennent plus abondants, la partie (3) augmente, donc la partie (5) aussi. La température moyenne de la surface terrestre augmente.

-----

20. a.  $9,4 \times 10^3 \text{ nm}$ .

b. Le maximum d'émission de la souris se trouve dans le domaine infrarouge, loin du domaine visible. Ce rayonnement agit sur les récepteurs infrarouges du serpent

-----

21. a. Les poussières sont des corps condensés. Elles émettent un rayonnement thermique. Si la température du nuage est basse, il n'y a pratiquement pas d'émission dans le domaine visible mais l'intensité du rayonnement infrarouge peut être suffisante pour qu'il soit détecté.

b. Le rayonnement thermique du télescope ne doit pas parasiter le rayonnement à analyser.

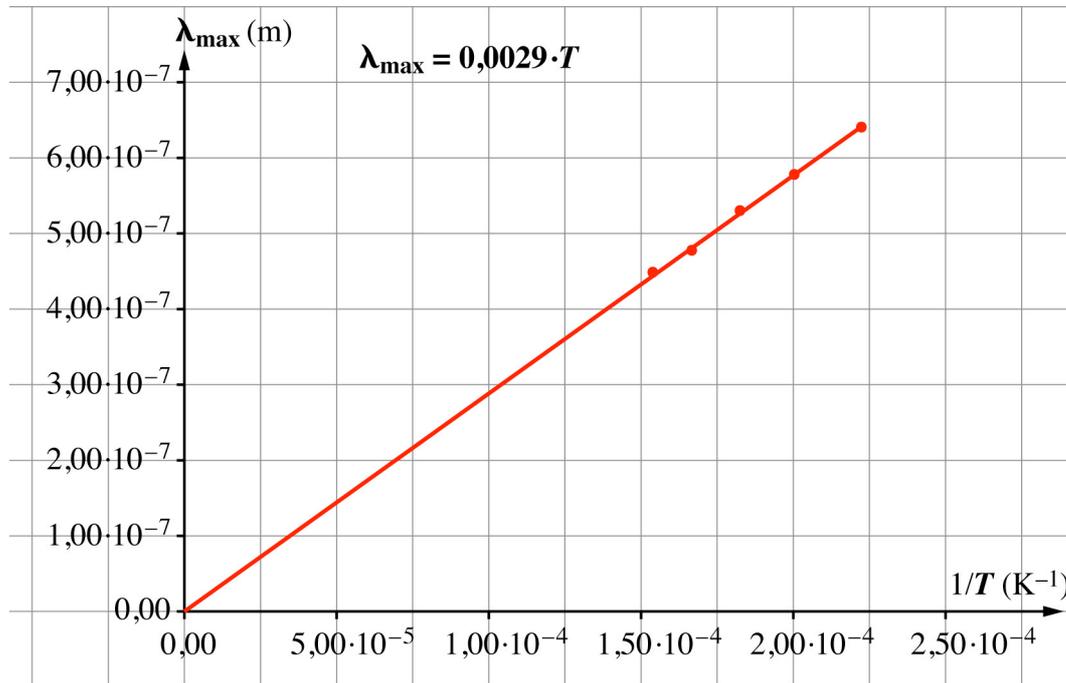
-----

**Sirius 1<sup>re</sup> S - Livre du professeur**  
**Chapitre 4. Lumière et couleur**

22. a. Les mesures sont réalisées dans l'encadré « zoom » : l'échelle mesurée donne 1 cm pour 100 nm (pour le manuel grand format).

Température $T(\text{K})$	4500	5000	5500	6000	6500
$\lambda_{\text{max}} (\text{nm})$	650	580	525	470	430
$\lambda_{\text{max}} (\text{m})$	$650 \times 10^{-9}$	$580 \times 10^{-9}$	$525 \times 10^{-9}$	$470 \times 10^{-9}$	$430 \times 10^{-9}$
$\frac{1}{T} (\text{K}^{-1})$	$2,22 \times 10^{-4}$	$2,00 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,67 \times 10^{-4}$	$1,54 \times 10^{-4}$

b.



© Corédoc. Nathan 2011

La représentation graphique est linéaire, l'équation de la droite est :  $\lambda_{\text{max}} = 2,9 \times 10^{-3} \times \frac{1}{T}$  .

c. Ce résultat correspond à la relation qui traduit la loi de Wien.

---

**Exercices complémentaires (disponibles sur le site compagnon Sirius et dans le manuel numérique)**

**23. Évaluation du rayon d'une étoile**

a.  $\lambda_{\max} = 850 \text{ nm}$ .

Les radiations correspondant aux couleurs violette et bleue sont pratiquement absentes, celles qui correspondent aux couleurs orange et rouge sont prédominantes : l'étoile est donc de couleur rouge-orangé.

D'après la loi de Wien :  $T = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$  . D'où  $T = 3,41 \times 10^3 \text{ K}$ .

b.  $R = \sqrt{\frac{P_t}{4\pi\sigma T^4}}$  soit  $R = 3,22 \times 10^{10} \text{ m}$  ;  $R = 46.R_s$ .

**24. Lampes à économie d'énergie**

a. La température de couleur est la température d'un corps condensé et chaud (dans le cas du modèle idéal de Planck) dont la couleur perçue serait la plus proche de celle de la lumière de la lampe.

b. Le spectre n'est pas continu ; ce n'est pas le spectre d'un rayonnement thermique.

c.  $\lambda_{\max} = 453 \text{ nm}$ . La lumière de la lampe n'obéit pas aux lois du rayonnement thermique, le maximum d'émission n'a pas de lien avec la longueur d'onde calculée.

d. La couleur perçue est assez proche de celle de la lumière naturelle du jour.

**25. Couleur et température et d'un corps chaud**

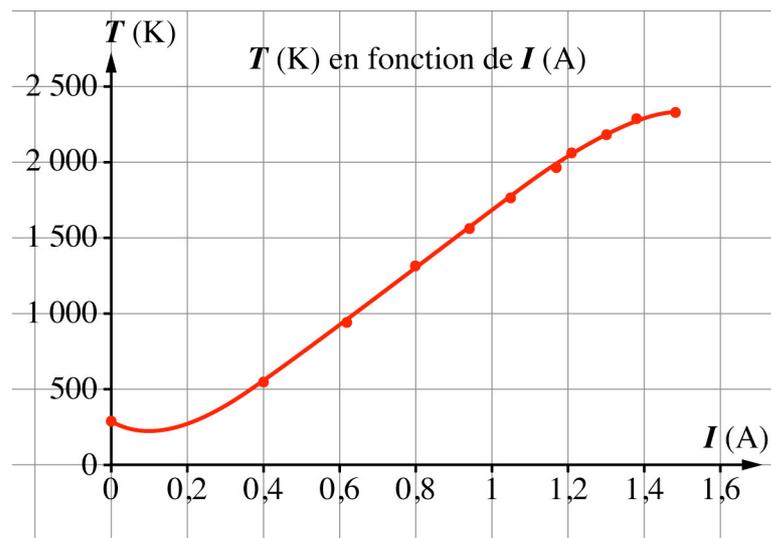
a. Pour un conducteur ohmique, la formule qui traduit la loi d'ohm est :

$$U = R I \text{ (} U \text{ en V ; } I \text{ en A ; } R \text{ en } \Omega \text{)}.$$

b. et c.

$U(\text{V})$	$I(\text{A})$	$R = \frac{U}{I} \text{ (}\Omega\text{)}$	$\frac{R}{R_o} = \frac{R}{0,50}$	$T = \frac{175R}{R_o} + 193 \text{ (K)}$
	0		1	300
0,41	0,4	1,0	2,1	552
1,32	0,62	2,1	4,3	938
2,55	0,8	3,2	6,4	1309
3,66	0,94	3,9	7,8	1556
4,7	1,05	4,5	9,0	1760
5,9	1,17	5,0	10,1	1958
6,44	1,21	5,3	10,6	2056
7,35	1,3	5,7	11,3	2172
8,25	1,38	6,0	12,0	2285
9	1,48	6,1	12,2	2321

e.



© Corédoc, Nathan 2011

Pour une intensité  $I = 0,58$  A, on lit une température  $T_R = 873$  K = 600 °C.

---