

Compétences exigibles

- Distinguer une source polychromatique d'une source monochromatique caractérisée par une longueur d'onde

dans le vide.

- Exploiter la loi de Wien, son expression étant donnée.

Chapitre 2 – Sources de lumière colorée

1 Les sources thermiques obéissent à la loi de Wien

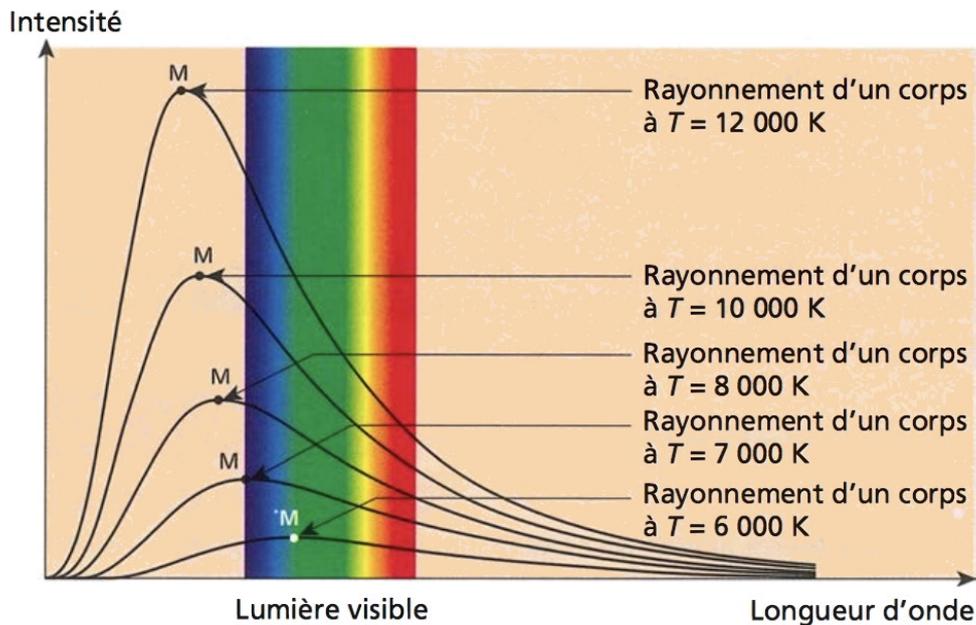


FIG. 1 – Intensité du rayonnement du corps noir à différentes températures.

1.1 Lien entre température en degré Celsius et température absolue

Pour exprimer les températures des sources de lumière, une échelle de température appelée température **Kelvin** est généralement préférée à l'échelle Celsius.

La relation entre les deux échelles est :

$$T =$$

T en (.....);
 θ en (.....).

1.2 Le rayonnement thermique des corps

Tout corps émet un rayonnement électromagnétique dans une plage de longueurs d'onde qui dépend de sa température.

L'intensité de chaque radiation du rayonnement émis a toujours une forme qui présente un

pour une longueur d'onde λ_M .

Un corps est assimilable au modèle du « » si la longueur d'onde d'intensité maximale λ_M ne dépend que de la température absolue T et vérifie la loi de Wien :

λ_M en (.....);
 T en (.....).

Attention ! La valeur $2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$ possède une unité : elle est exprimée en $\text{m} \cdot \text{K}$.

1.3 Application : Température d'un filament

Le filament d'une lampe à incandescence est chauffé électriquement jusqu'à une température voisine de 3400 K. En formulant l'hypothèse du rayonnement d'un corps noir, calculer la longueur d'onde maximale émise. La lampe

peut-elle être utilisée pour l'éclairage ?

.....
.....

1.4 Application : Température de surface d'une étoile

Une étoile peut être assimilée à une boule de gaz très chaud et sous haute pression. La lumière émise

par sa surface, la photosphère, donne le fond continu d'..... du spectre de l'étoile.

Ainsi, la couleur de l'étoile, comme celle du filament d'une lampe, renseigne sur sa de surface, conformément à la

Exemple : dans la constellation d'Orion, Rigel (11 000 °C) apparaît blanche, et Bételgeuse (3000 °C) apparaît rouge.

2 Le laser est une source monochromatique, unidirectionnelle, cohérente et de grande puissance (vrai !)

2.1 Propriétés du LASER

- Contrairement aux sources de lumière classique, la lumière laser se propage dans une direction privilégiée : elle est
- La lumière laser a une longueur d'onde clairement identifiée : elle est

Pour résumer, on dit que le laser présente des propriétés de **concentration spatio-temporelle**.

- La **concentration de l'énergie** est une conséquence directe de sa directivité : l'ensemble de l'énergie produite est dirigé selon une direction, contrairement aux sources classiques.
- Le laser peut fournir son énergie de façon continue ou de façon pulsée. Dans ce dernier cas, plus l'impulsion est brève, plus le laser délivre une puissance instantanée importante : c'est la **concentration de l'énergie**.

2.2 Quelques détails techniques

Le laser produit une lumière très directive. Pour obtenir ce faisceau, la cavité est placée entre deux, l'un parfaitement réfléchissant, l'autre semi-réfléchissant. Les photons qui ne se déplacent pas dans une direction perpendiculaire aux miroirs disparaissent ou sont absorbés par les parois (ou par interférences destructives).

Ce type de cavité est appelé **oscillateur optique entretenu**. D'où l'acronyme LASER : *light amplification by*

stimulated emission of radiation, en français : amplification de la lumière par émission stimulée de rayonnement.

On peut comparer ce processus à l'effet *Larsen*, qui se produit lorsqu'un amplificateur (une chaîne Hi-fi) a sa sortie (le haut-parleur) trop proche de l'entrée (le micro). Le moindre bruit capté par le micro est amplifié, émis par le haut-parleur, capté par le micro, ré amplifié jusqu'à la saturation du système (quand celui-ci fournit l'énergie maximum possible de par sa conception).

Dans un laser, cette énergie maximale est limitée par la puissance de la source de *pompage*, et par le nombre d'atomes qui peuvent être simultanément excités.

2.3 Le laser est un rayonnement dangereux

Du fait de ses propriétés, le laser a un caractère potentiellement pour l'œil, même à faible puissance.

2.4 Bilan des propriétés du laser

1. Un faisceau laser est un rayonnement En effet, un laser possède une fréquence très précise.
2. Un faisceau laser est un rayonnement En effet, le faisceau émis est très peu *divergent* (quelques milliradians).
3. Un faisceau laser est un rayonnement Tous les photons sont *en phase*.
4. Un faisceau laser possède une lumineuse, car il est très concentré. Par exemple, le faisceau d'un petit laser hélium-néon d'une puissance de quelques milliwatts a une luminance, dans le rouge, mille fois supérieure à celle du Soleil !

2.5 Quelques applications du laser

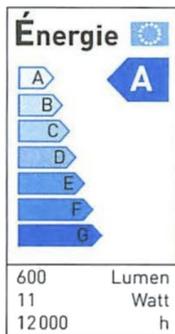
Le laser a de multiples utilisations : dans l'industrie, mais aussi pour la lecture de CD, la chirurgie ophtalmologique,

l'épilation... et bientôt dans les ordinateurs « quantiques » (dans lesquels le silicium est remplacé par des chemins optiques).

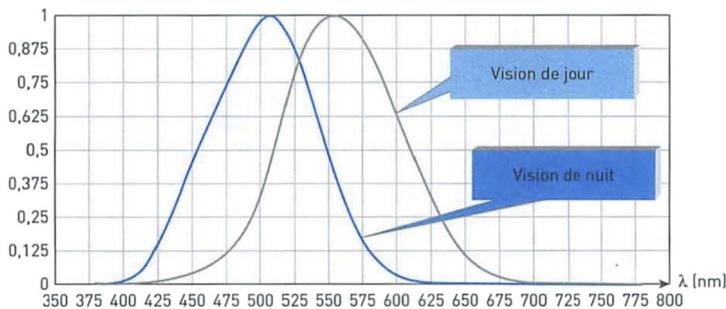
3 Pour l'éclairage quotidien, l'exploration du rayon lumineux d'un supermarché peut laisser pantois

3.1 Flux lumineux

Le flux lumineux est la mesure de la quantité de lumière émise par unité de temps. Il s'exprime en lumen (lum). Cette indication figure désormais couramment sur les emballages des lampes.



Par rapport à la puissance électrique consommée, indiquée en watt (W), le flux lumineux tient compte de la sensibilité spectrale de l'oeil, qui dépend beaucoup de la longueur d'onde. *On rapprochera ces courbes simplifiées des courbes de sensibilité déjà vues pour les cônes.*



Les emballages indiquent aussi en général la durée de vie en heure, mais celle-ci dépend largement du nombre de cycles d'allumage !

3.2 Température de couleur

La température de couleur est définie comme la température à laquelle il faudrait chauffer un corps noir pour qu'il produise la même nuance de lumière blanche. Donc cette température n'a rien à voir avec la température de fonctionnement de la lampe ! Pour vous en convaincre, voici ces deux températures pour une lampe de type LED, type de lampes désormais courant et peu onéreux.

Lampe de type LED	
Température de fonctionnement	Température de couleur
De l'ordre de 353 K (80 °C)	Entre 2 700 K et 6 500 K

Malheureusement, aucune lampe n'est actuellement à même de reproduire la température de couleur du Soleil ; la plupart des lampes fournissent fort heureusement une lumière blanche, plus ou moins orangée, ou au contraire bleutée. Il convient donc de choisir en connaissance de cause dans le rayon « lumineux ».

D'après J.-L. AZAN et P.-F. THOMAS, *Physique Chimie BTS 1^{re} et 2^e année, Nathan technique 2015.*

Température de couleur	2 700 K	3 000 K	3 500 K	4 000 K	5 000 K	6 500 K
Nuance de blanc	orangé	jaune-orangé	jaune	« sans nuance »	faiblement bleuté	bleuté

4 Correction des exercices du chapitre 1

1.1 N° 2 p. 38 – Cônes et bâtonnets

1. Trois types de cônes, sensibles au bleu, vert et rouge, respectivement.
2. a. Plus faible sensibilité des cônes.
b. Les cônes sont moins sensibles, donc il faut que l'intensité lumineuse soit suffisante.
c. Les bâtonnets n'étant que d'un seul type ne permettent pas de distinguer les couleurs. Si la lumière est suffisante pour les stimuler on voit tout en gris.

1.2 N° 3 p. 38 – La perception des couleurs

1. a. Bleue.
b. À 430 nm les courbes des cônes vert et rouge sont au-dessus de celles des cônes bleus et des bâtonnets. Donc cela signifie que les cônes bleus sont plus sensibles à cette longueur d'onde (les bâtonnets sont totalement saturés en journée, leur signal est ignoré).
c. Une impression de bleu
2. Les trois types de cônes sont stimulés.

1.3 N° 7 p. 39 – Éclairage d'une scène

1. Synthèse additive.
2. a. Pour le jaune, il faut superposer le vert et le rouge.
b. Pour le cyan, il faut le bleu et le vert.
3. Il faut superposer les trois couleurs primaires, à intensité égale.
4. On peut reproduire une infinie variété de couleurs si l'on peut faire varier continûment l'intensité des trois couleurs primaires.

1.4 N° 23 p. 41 – Sous les drapeaux

1. En lumière verte, le drapeau éthiopien (vert - jaune - rouge) apparaît vert - vert - noir. La bande verte diffuse les radiations vertes, la bande jaune diffuse les radiations vertes et le rouge (donc uniquement les radiations vertes incidentes). En revanche, la bande rouge absorbe les radiations vertes et bleues (donc toutes les radiations de la lumière verte incidente).
2. Sous un éclairage rouge, les drapeaux suisse, autrichien et bahreïnien apparaissent rouges, les drapeaux malien et italien apparaissent noir - rouge - rouge.
3. Sous un éclairage bleu, les deux drapeaux apparaîtront complètement noirs, aucune des bandes jaune, verte et rouge ne diffusant la couleur bleue.