

Utiliser des sources de lumière

C'est la lumière de notre étoile qui façonne le jour et la nuit, cette alternance de cycles permet la respiration des plantes, qui puisent leur énergie de la lumière et oxygènent l'atmosphère... Autrement dit, sans lumière, pas de vie! Si la lumière est essentielle à la vie, elle est aussi un objet de fascination pour l'homme qui longtemps l'associa au divin. Les civilisation égyptiennes, mayas, celtes, etc... vouaient un véritable culte à l'astre Soleil. Les grecs anciens et les chrétiens médiévaux usaient de savants jeux de lumière, de vitraux pour faire pénétrer la lumière dans les lieux de cultes, telle une présence divine rythmée par le jour. Enfin, l'éclairage électrique, à la pointe de la technologie, laissait rêveurs les clients des fêtes foraines du XIX^{ème}.

Mais qu'est-ce que la physique peut dire des techniques d'éclairage? Ce chapitre fournit des outils pour caractériser les sources de lumière en section 1, puis expose des principes physiques de l'émission de lumière en section 2. Enfin il donne quelques pistes sur l'utilisation contemporaine des sources de lumière 3.



FIGURE 13.1 – Un des premiers manèges éclairés électriquement. À la pointe de la technologie au XIX^{ème}

1 Caractérisation d'une source par son spectre

Dans cette section, nous définissons la notion de spectre, qui permet de quantifier la décomposition d'une source lumineuse en différentes longueurs d'onde. Nous présentons ensuite deux types de sources lumineuses : les sources à spectre de raies et les sources à spectre continu.

1.1 Le spectre d'émission d'une source

Définition 13.1: Le prisme

Un prisme est un bloc de verre taillé, composé classiquement de trois faces sur une base triangulaire mais peut adopter des formes plus complexes et éloignées du prisme usuel. (voir fig. 13.2)

On peut l'utiliser pour décomposer la lumière d'une source en différentes longueurs d'ondes, car le verre est un matériau *dispersif*, c'est-à-dire qu'il réfracte différemment différentes longueurs d'onde.

Le prisme nous fournit une information qualitative sur l'émission ou non d'une certaine longueur d'onde par une source lumineuse. Si l'on souhaite obtenir une information quantitative sur la puissance relative de chaque longueur d'onde, on doit faire appel à un *analyseur de spectre*. Cet appareil permet de réaliser le *spectre d'émission de la source*.

Définition 13.2: Spectre d'émission d'une source

Pour une source lumineuse donnée, le graphe qui porte en abscisse la longueur d'onde d'émission et en ordonnée la puissance d'émission à cette longueur d'onde est appelé *spectre d'émission* de la source. Voir figure 13.3.

1.2 Spectres continus

Il existe des sources lumineuses dont le spectre varie de façon continue. Par exemple on peut citer :

- Le soleil (mise en évidence par les arc-en-ciel, ou par l'expérience du prisme de Newton figure 13.4).
- Les lampes à incandescence.
- Les DEL (Diodes Électro-Luminescentes, LED en anglais).

1.3 Spectres de raies

Il existe des sources dont le spectre est constitué de pics étroits à des longueurs d'onde bien précises, on peut par exemple citer :

- Les lampes à décharges, telles que les lampes à vapeur de sodium fig. 13.5.
- Les néons, qui, cependant, sont recouverts d'une poudre fluorescente qui redistribue le rayonnement en un spectre continu.

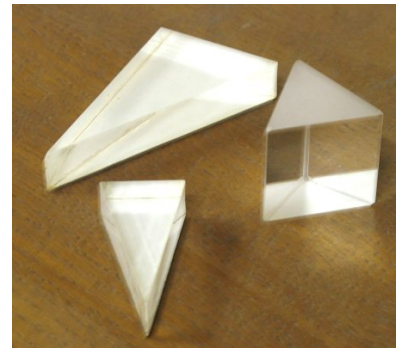


FIGURE 13.2 – Le prisme est un dispositif qui permet de mettre en évidence la polychromie de la lumière..

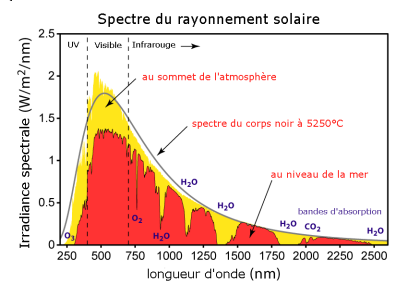


FIGURE 13.3 – Le spectre d'émission du soleil est centré sur la longueur d'onde visible $\lambda = 504 \text{ nm}$, qui correspond à du vert. Le soleil émet par ailleurs assez largement dans l'infrarouge, ce qui permet un transfert de chaleur par rayonnement.



FIGURE 13.4 – Un Schéma de Newton pour illustrer la décomposition de la lumière blanche du Soleil

- Les LASER (Light Amplification per Stimulated Emission of Radiation) qui produisent un rayonnement très localisé en longueur d'onde.

2 Production de la lumière

Dans cette section, nous présentons deux phénomènes physiques qui permettent de produire de la lumière. Dans un premier temps nous évoquons la production de lumière par un corps lorsqu'il est chauffé, dans un second temps nous évoquons la production de lumière par un laser.

2.1 Rayonnement d'un corps chaud

Propriété 13.1: Rayonnement d'un corps chaud

L'expérience montre que tout corps porté à haute température émet un rayonnement d'intensité égale dans toutes les directions. Ce rayonnement possède un spectre continu caractéristique, en forme de cloche, voir fig 13.6. Plus sa température est élevée, plus le maximum de ce spectre se décale vers le bleu.

Définition 13.3: Température de couleur

La température de couleur caractérise une source de lumière par comparaison au spectre d'un matériau idéalisé (corps noir) émettant de la lumière uniquement par l'effet de la chaleur. Voir fig 13.6.

Ce principe permet de produire des images en fausses couleurs pour visualiser la répartition des températures dans un corps au moyen de caméras infrarouges. Ces images peuvent ensuite être exploitées dans une variété de domaines que seule l'imagination limite :

- Pour localiser les fuites d'un chauffage par le sol qui aurait éclaté en hiver.
- Pour étudier les coulées de magma lors d'une éruption volcanique 13.7.
- Pour localiser les personnes enfiévrés dans une foule en période d'épidémie... ce qui n'est pas sans poser de problèmes quant au respect de la vie privée!
- ...

2.2 Le LASER

Le laser émet un rayonnement monochromatique, très directif, cohérent.

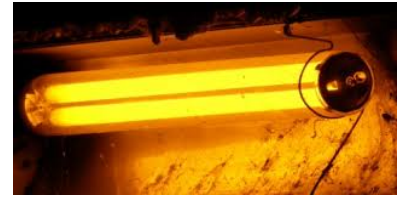


FIGURE 13.5 – Une lampe à vapeur de sodium basse pression émet un doublet reserré de raies jaunes à 589 nm et 589.6 nm.

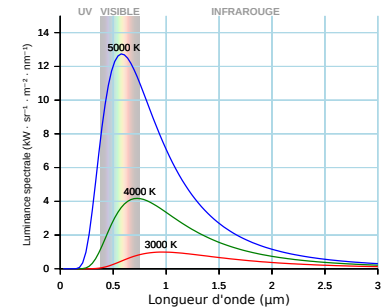


FIGURE 13.6 – Rayonnement d'un corps chaud idéalisé, appelé "corps noir". On observe un décalage du maximum vers le bleu lorsqu'on augmente la température. Par comparaison, le spectre du corps noir permet de définir la température de couleur d'une source réelle.

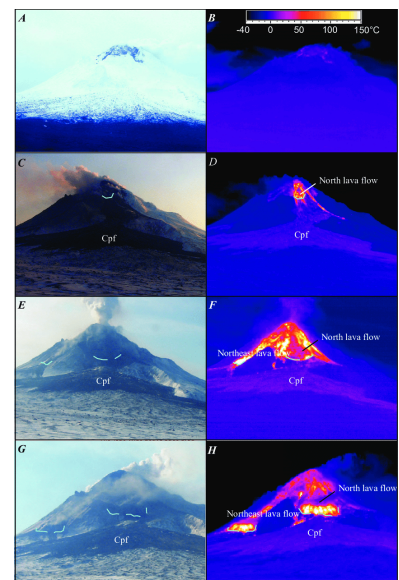


FIGURE 13.7 – Images infrarouges d'écoulements volcaniques sur le volcan Augustin, du 4 janvier au 24 février 2006. **High-Resolution Satellite and Airborne Thermal Infrared Imaging of the 2006 Eruption of Augustine Volcano**

3 Choix d'une source en fonction des applications

3.1 Propagation dans une fibre optique

La fibre optique peut être utilisée pour propager un faisceau lumineux sur une trajectoire courbe. D'une part cette propagation permet un transfert de données très haut débit dans le domaine des télécommunications. D'autre part elle peut avoir une finalité artistique comme l'illustre la figure 13.8

Une fibre optique se compose de 3 parties : la protection en plastique, la gaine et le cœur. L'indice de réfraction du cœur est supérieur à celui de la gaine.

On distingue plusieurs fibres optiques, voir figure 13.9 :

Les fibres multimodales, à saut d'indice ou à gradient d'indice : Les radiations subissent des réflexions totales successives dans la fibre. Le trajet de la radiation est donc supérieur à la longueur de la fibre et dépend de l'angle d'entrée. Des radiations émises simultanément peuvent alors suivre des trajets différents, appelés modes, et peuvent donc avoir des durées de parcours différentes. Le signal en sortie est dégradé par rapport au signal d'entrée, car il s'étale dans le temps. Ce phénomène est une sérieuse limitation à l'utilisation des fibres optiques multimodales sur une longue distance.

Les fibres monomodales Le signal est transmis sur un seul mode. La durée de propagation lors du parcours est unique, de sorte que le signal est transmis sans déformation.

3.2 Choix d'un éclairage et préservation de l'environnement

Lors du choix d'un éclairage, il faut garder à l'esprit les trois temps de sa vie :

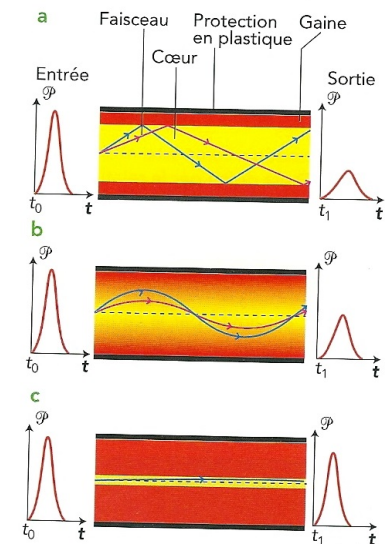
La fabrication Lors de la fabrication d'un dispositif d'éclairage, il faut fournir de l'énergie et utiliser les ressources de la planète : si ce coût écologique est démesuré il vaut mieux se détourner d'une solution au profit d'une autre.

L'utilisation En fonction de son utilisation, un éclairage doit obéir à des contraintes esthétiques et techniques : la durée de vie, la température de couleur, la puissance d'éclairage, la consommation électrique, sont autant de critères à prendre en compte lors de l'achat !

Le recyclage En fin de vie, certains éclairages se recyclent et d'autres pas. Dans un souci d'écologie, on préférera les premiers. Cela permet d'éviter



FIGURE 13.8 – Mise en valeur d'une porte par des fibres optiques.



a. Fibre multimodale à saut d'indice : l'indice de réfraction varie brusquement entre le cœur et la gaine.
b. Fibre multimodale à gradient d'indice : l'indice de réfraction varie progressivement entre le cœur et la gaine.
c. Fibre monomodale : le diamètre du cœur est de l'ordre de grandeur des longueurs d'onde des radiations.

FIGURE 13.9 – Propagation fibre optique

le déversement de métaux lourds (Mercure, Plomb ...) dans la nature, ainsi que de réemployer les matières premières.

À la fin de ce chapitre, je sais faire (extrait du B.O.) :

- Caractériser une source lumineuse par son spectre.
- Citer les phénomènes physiques mis en œuvre dans diverses lampes d'éclairage intérieur.
- Citer les règles de sécurité préconisées lors de l'utilisation de sources lumineuses.
- Expliquer le guidage de la lumière dans une fibre optique.
- Citer les caractéristiques d'un rayonnement laser.
- Choisir une lampe en fonction de son utilisation et de son impact environnemental (fabrication, utilisation, durée de vie, recyclage).