



Notions et contenus	Compétences exigibles
<p>Sources de lumière colorée</p> <p>Interaction lumière-matière : émission et absorption. Quantification des niveaux d'énergie de la matière. Modèle corpusculaire de la lumière : le photon. Énergie d'un photon. Relation $E = h\nu$ dans les échanges d'énergie.</p> <p>Spectre solaire.</p>	<p>Interpréter les échanges d'énergie entre lumière et matière à l'aide du modèle corpusculaire de la lumière. Connaître les relations $\lambda = c/\nu$ et $\Delta E = h\nu$ et les utiliser pour exploiter un diagramme de niveaux d'énergie.</p> <p>Expliquer les caractéristiques (forme, raies) du spectre solaire.</p>

Introduction

On a expliqué, dans le chapitre précédent, comment un corps chauffé peut émettre de la lumière (spectre d'émission continu). Nous allons maintenant essayer de comprendre le fonctionnement des sources « froides » : lampe à vapeur de mercure, de sodium dont le spectre est discontinu, constitué d'une ou plusieurs raies...

I. Lumière et énergie

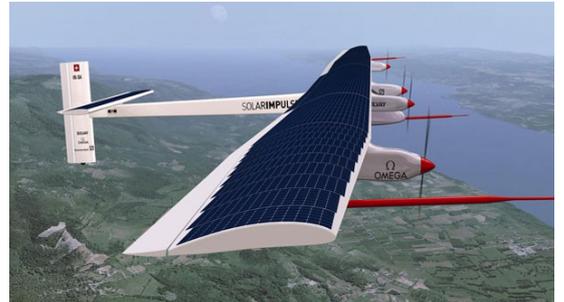
Projeter l'image ci-contre.

Qu'est-ce que c'est ?

- un avion à énergie solaire : solar impulse (planeur solaire de Bertrand Picard) : juillet 2012 : Rabat-Madrid en 17h

Quelle est l'énergie qui permet :

- à l'avion de voler,
 - de faire tourner les hélices de l'avion (4 moteurs électriques)
- énergie solaire



Conclusion : La lumière transporte de l'énergie.

II. Le photon

A. Définition

Depuis les travaux d'**Albert Einstein**, publiés en **1905**, on considère que la lumière est constituée de **corpuscules** (particules) : les **photons** (c'est le modèle corpusculaire de la lumière). L'énergie de la lumière est transportée par les photons.

B. Énergie transportée par un photon

On appelle ΔE l'énergie transportée par un photon. De quoi dépend elle ? (Comment faire pour augmenter cette énergie ?)

→ De l'intensité lumineuse (réponse attendue des élèves)

animation [Nathan](#) ou [Phet_colorado](#) (modifier la longueur d'onde pour avoir lumière rouge)

- augmenter l'intensité : conclusion : rien ne se passe : ΔE ne dépend pas de I
- on fait varier l'autre paramètre : λ : plus λ diminue, plus ΔE augmente. Au delà d'une certaine valeur de longueur d'onde, il n'y a pas d'énergie.

Chaque photon de longueur d'onde dans le vide λ (m), transporte le quantum d'énergie suivante :

$$\Delta E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

ΔE : énergie du photon (en joule : J)
 $h = 6,63 \times 10^{-34}$ J.s : constante de Planck¹
 $c = 3,00 \times 10^8$ m.s⁻¹ : vitesse de la lumière dans le vide
 λ : longueur d'onde dans le vide de la radiation (m)

¹ Physicien allemand. Obtient le prix Nobel en 1918 pour ses travaux en théorie des quanta.

Application : calculer l'énergie d'un photon de couleur violette ($\lambda = 400 \text{ nm}$)

$$\Delta E = \frac{h \times c}{\lambda} = \frac{6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{400 \times 10^{-9}} = 4,97 \times 10^{-19} \text{ J} = 3,11 \text{ eV}$$

Remarque 1 : les valeurs des énergies des photons exprimées en joules étant extrêmement faibles, on utilisera souvent une autre unité : l'électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

La lumière est aussi une onde. À part la longueur d'onde, quel paramètre utilise-t-on habituellement pour caractériser une onde ?

→ la fréquence

Quelle relation entre longueur d'onde et fréquence ?

Ex 4 p.88 (corrigé) et 5 p.88 (corrigé)

→ la longueur d'onde est la distance parcourue par l'onde en une période

Je connais la célérité de l'onde : c. Quelle distance parcourt-elle en un temps T ? λ . On a donc la relation

suivante : $c = \frac{\lambda}{T}$ donc $\lambda = c \times T = \frac{c}{\nu}$ car $T = \frac{1}{\nu}$. $\Delta E = \frac{h \times c}{\lambda} = \frac{h \times c}{\frac{c}{\nu}}$ donc $\Delta E = h \nu$. Autre

expression de l'énergie lorsqu'on connaît la fréquence.

Application : calculer l'énergie d'un photon de fréquence $3,75 \times 10^{14} \text{ Hz}$ (rouge)

$$\Delta E = h \nu = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,75 \times 10^{14} = 2,47 \times 10^{-19} \text{ J} = 1,55 \text{ eV}$$

Remarque 2 : l'énergie du photon augmente lorsque la fréquence augmente et lorsque la longueur d'onde dans le vide diminue.

C. La lumière : onde et particule

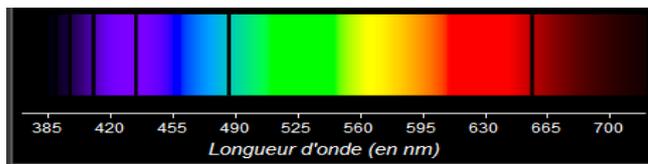
La lumière peut être modélisée comme le déplacement de photons, particules qui possèdent une énergie mais dont la masse est nulle.

Elle peut également être modélisée comme une onde.

Conclusion : La structure de la lumière est à la fois ondulatoire (permet d'expliquer les phénomènes de diffraction et d'interférences) et corpusculaire (permet d'expliquer les échanges lumière/matière).

III. Les échanges d'énergie entre lumière et matière

Spectre d'absorption :



On positionne une ampoule contenant un gaz après une lampe à incandescence. On observe un spectre continu qui correspond à la source de lumière chaude, auquel il manque quelques radiations : raies noires : l'hydrogène a absorbé certaines radiations, de longueur d'onde particulière.

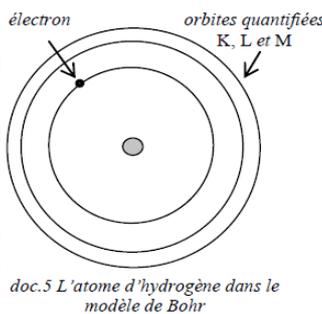
POURQUOI ?

A. Quantification des énergies de l'atome

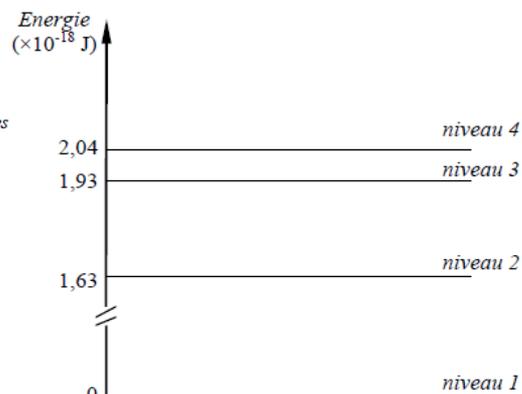
Comme l'a postulé Niels Bohr en 1913, l'énergie de l'atome ne peut prendre que certaines valeurs.

Considérons le plus simple des atomes, l'atome d'hydrogène (1 seul électron).

Dans son état fondamental, l'électron se trouve sur l'orbite la + proche du noyau, celle de plus faible énergie. Pour changer d'orbite, on doit fournir à l'électron une énergie égale à la différence d'énergie entre les couches.



doc.5 L'atome d'hydrogène dans le modèle de Bohr



doc.6 Premiers niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène

2 1 eV est l'énergie acquise par un électron soumis à un potentiel électrique de 1 V

Par exemple, pour passer de la couche n°2 à la couche n°4, on doit fournir à l'électron une énergie égale à $2,04 \times 10^{-18} - 1,63 \times 10^{-18} = 0,41 \times 10^{-18} \text{ J}$

Cette énergie peut provenir de la lumière qui éclaire l'atome.

Quelle est la longueur d'onde du photon qui sera absorbé par l'atome ?

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \times 3,00 \cdot 10^8}{0,41 \cdot 10^{-18}} = 4,85 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 485 \text{ nm}$$

Correspond à la radiation cyan du spectre

d'absorption. La radiation de longueur d'onde 485 nm a permis à l'électron d'atteindre un couche de niveau d'énergie plus élevée.

Un atome ne peut exister que dans des états d'énergies bien définis (qui correspondent aux orbites occupées par ses électrons). On dit que **l'énergie d'un atome est quantifiée**.

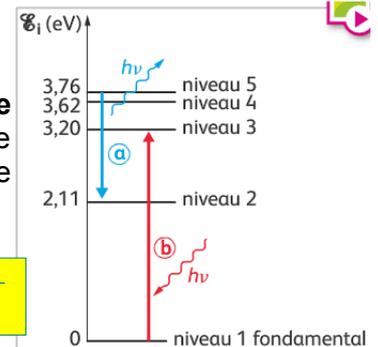
Lorsque l'atome est dans **son niveau d'énergie le plus bas**, on dit qu'il est à **l'état fondamental**.

Un changement de niveau s'appelle une **transition**. Elle peut se faire par échange d'un **photon** et d'un **seul**.

B. Interprétation du spectre d'absorption

Lorsqu'un atome **reçoit de l'énergie**, il passe d'un niveau de **basse énergie** à un niveau de **plus haute énergie (b)**. Cette transition peut être provoquée par l'absorption d'un **photon** d'énergie correspondante à la différence d'énergie entre les niveaux.

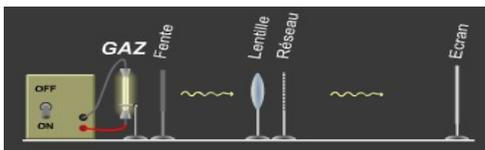
C'est ce qui explique les spectres de raies d'absorption.



10 Diagramme des premiers niveaux d'énergie de l'atome de sodium. Le niveau de référence choisi est le niveau fondamental.

C. Interprétation du spectre de raies d'émission

Ex 12 et 16 p.89 - 21 p.91 - 27 p.92



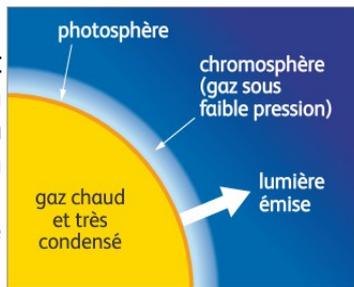
Dans la lampe, le gaz se trouve à **l'état excité** (les atomes sont dans un **niveau élevé d'énergie**). Lorsque l'atome revient dans un **niveau d'énergie moins élevé**, il **émet** un photon **(a)** d'énergie particulière, correspondant à la différence d'énergie entre les deux niveaux de l'atome.

Les longueurs d'ondes des raies du spectre d'émission et des raies du spectre d'absorption sont les mêmes car elles correspondent aux différents niveaux d'énergie à l'intérieur de l'atome. C'est pourquoi on dit que ces spectres de raies sont caractéristiques d'un atome donné.

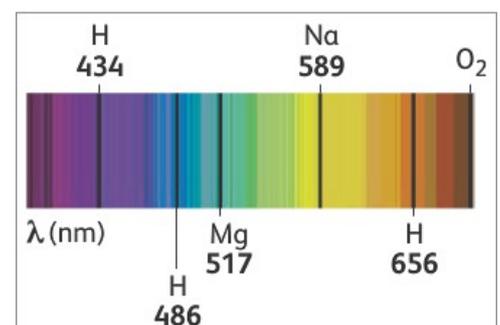
IV. Application : le spectre solaire

Photosphère : gaz chaud et condensé : le spectre d'émission sera un spectre correspondant à un corps chaud : spectre d'émission continu.

La lumière émise par la photosphère traverse ensuite la chromosphère, couche de gaz sous faible pression qui vont absorber certaines radiations. D'où l'observation de raies noires sur le spectre du Soleil.



13 Coupe schématique du soleil.



Ex 9 p.89

L'observation de spectres d'étoiles permet de renseigner :

- sur la température de l'étoile
- sur la composition de la chromosphère de l'étoile (à condition d'observer depuis Hubble et non depuis la Terre...)

Les défis de l'avion solaire Solar Impulse

Aéronautique — 09 juillet 2012

Solar impulse, l'avion solaire de Bertrand Piccard, vient de réussir son premier vol intercontinental en ralliant Rabat au Maroc à Madrid en Espagne. Il s'agissait d'un vol d'essai avant de tenter le **premier vol autour du monde en 2014**.

L'aviation solaire

Solar Impulse est le petit dernier d'une longue lignée d'avion solaire. Et quand on parle d'avion solaire, nous ne sommes pas loin des Mystérieuses Cités d'Or et de son grand Condor. Tout a commencé dans les années 1970, mais les premiers vols humains se déroulèrent dans les années 1980. Dans les années 1990, un américain, Eric Raymond, est parvenu à traverser les Etats-Unis avec son avion le SunSeeker en 21 étapes et 121 heures de vol.

L'avion solaire Solar Impulse

L'avion solaire Solar Impulse est un projet dingue. Cet avion a la même envergure qu'un Airbus A340 avec le poids d'une voiture. Pour être plus technique, l'avion pèse 1600 kg et a une envergure de 63,40 mètres. Sur ses ailes sont disposés 10.748 cellules photovoltaïques, tandis qu'il y en a 880 sur le stabilisateur horizontal. Le défi de cet avion était de pouvoir emmagasiner assez d'électricité pendant la journée pour faire tourner les 4 moteurs électriques. L'énergie est stockée dans des accumulateurs qui pèsent en tout 400 kg.

Les défis

Avec Solar Impulse, l'homme atteint les limites absolues des technologies actuelles. Il faut bien se représenter que cet avion peut décoller et rester en vol de jour comme de nuit, en étant entièrement propulsé par l'énergie solaire. Il ne transporte aucun carburant et n'émet aucune pollution. De plus, pour le pilote, cet avion est très contraignant. A cause de sa grande envergure et de sa faible vitesse (70km/h en moyenne), l'avion ne peut effectuer un virage avec un angle d'inclinaison supérieur à 5°. Sinon l'avion peut décrocher et finir en petits morceaux au sol.

Le vol transcontinental

Le 7 juillet 2012, l'avion solaire Solar impulse s'est posé à **Madrid en Espagne après avoir décollé de rabat au Maroc 17 heures plus tôt**. C'est la première fois qu'un aéronef solaire assure la liaison entre 2 continents. L'avion a donc couvert les **900 kilomètres** qui séparent les 2 villes en volant à la vitesse moyenne de **60 km/h**. Plusieurs records ont été battu pendant ce voyage, le record de vitesse d'abord : Solar Impulse a atteint les **157 km/h** grâce à des vents arrières. Et ensuite Solar Impulse a atteint un record de lenteur en volant à la vitesse de **18 km/h** à cause de vent de face. Dans tous les cas, le vol s'est déroulé sans encombre.

Conclusion

L'aventure Solar Impulse est à suivre avec intérêt car elle pousse l'homme à dépasser ses limites. Un deuxième avion est actuellement en construction, il sera encore plus performant et endurant. Nous reviendrons régulièrement sur l'avancée de ce projet aussi fou que passionnant.

En savoir plus

Le [site](#) de Solar Impulse