



La lumière onde ou corpuscule?!!



Le modèle ondulatoire de la lumière est suffisant pour expliquer des phénomènes comme la diffraction et les interférences lumineuses, mais il est insuffisant pour décrire les échanges d'énergie entre la matière et la lumière, tel l'effet photo électrique!!!

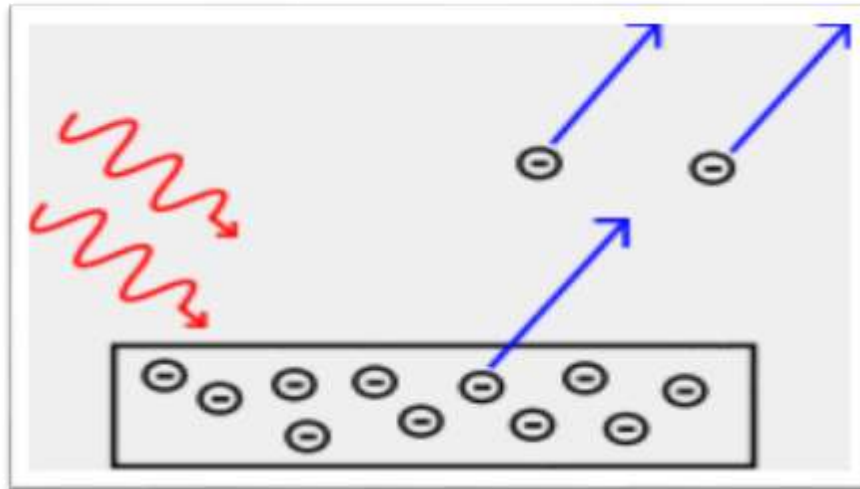


L'effet photoélectrique

Hertz a découvert en 1886 la photoélectricité : une plaque de métal étant soumise à une lumière émettra des électrons.



ingénieur et physicien allemand renommé pour avoir découvert les ondes hertziennes auxquelles il a donné son nom. Il a aussi découvert l'effet photo électrique en 1886.





toute l'énergie du photon incident se transmet à l'électron périphérique. Une quantité d'énergie minimale est nécessaire pour extraire l'électron de l'atome, l'énergie excédentaire est transmise à l'électron sous forme d'énergie cinétique. Une absorption partielle est caractérisée par la diffusion Compton.



La nature ondulatoire de la lumière ne pouvait pas interpréter cette expérience, les physiciens ont été amenés à admettre que la lumière a un double comportement, onde et corpuscule

la lumière est un ensemble de grains sans masse, animé de la vitesse $C=3.10^8$ m/s (dans le vide) et portant chacun une quantité d'énergie qui ne dépend que de la fréquence de l'onde $E=h \times \nu$

Constante de Planck

fréquence



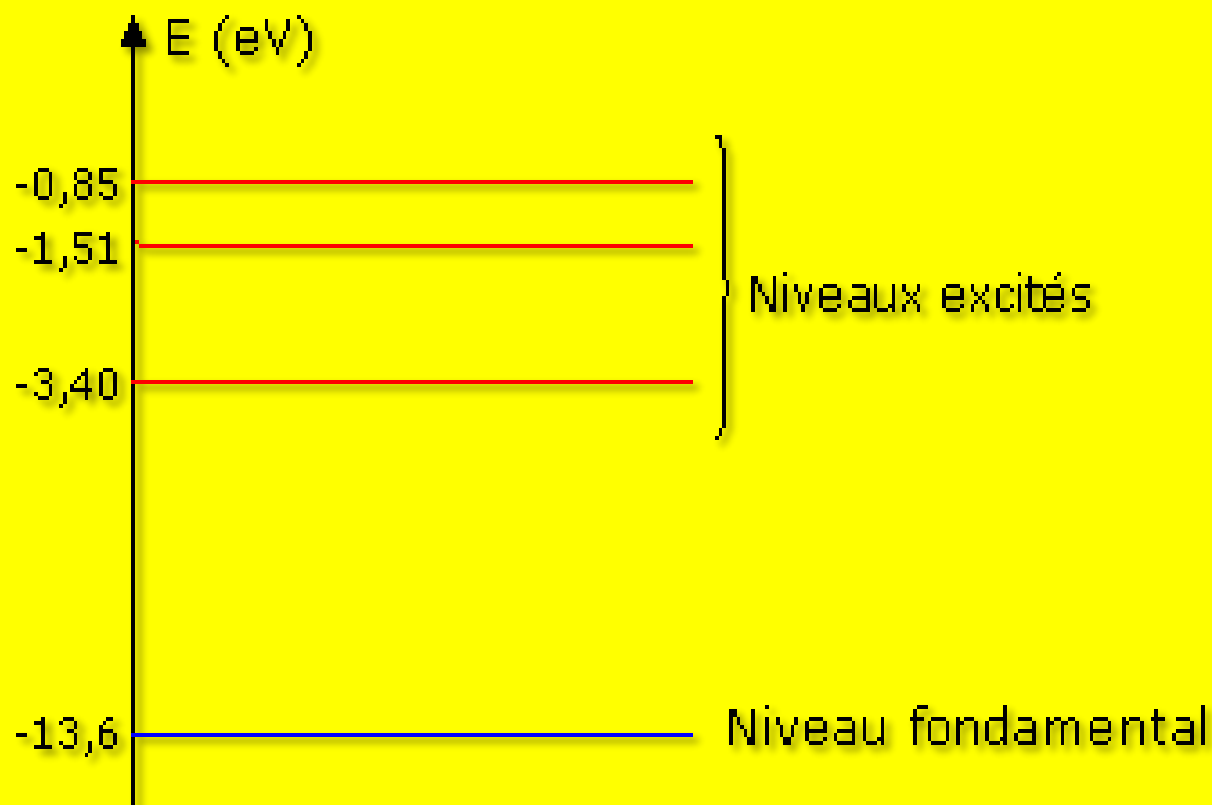
Les niveaux d'énergie de l'atome

Postulat

L'énergie d'un atome ne peut prendre que des valeurs discrètes appelées **niveaux d'énergie**

Le niveau d'énergie le plus faible d'un atome correspond à son état stable. Il est appelé état fondamental.

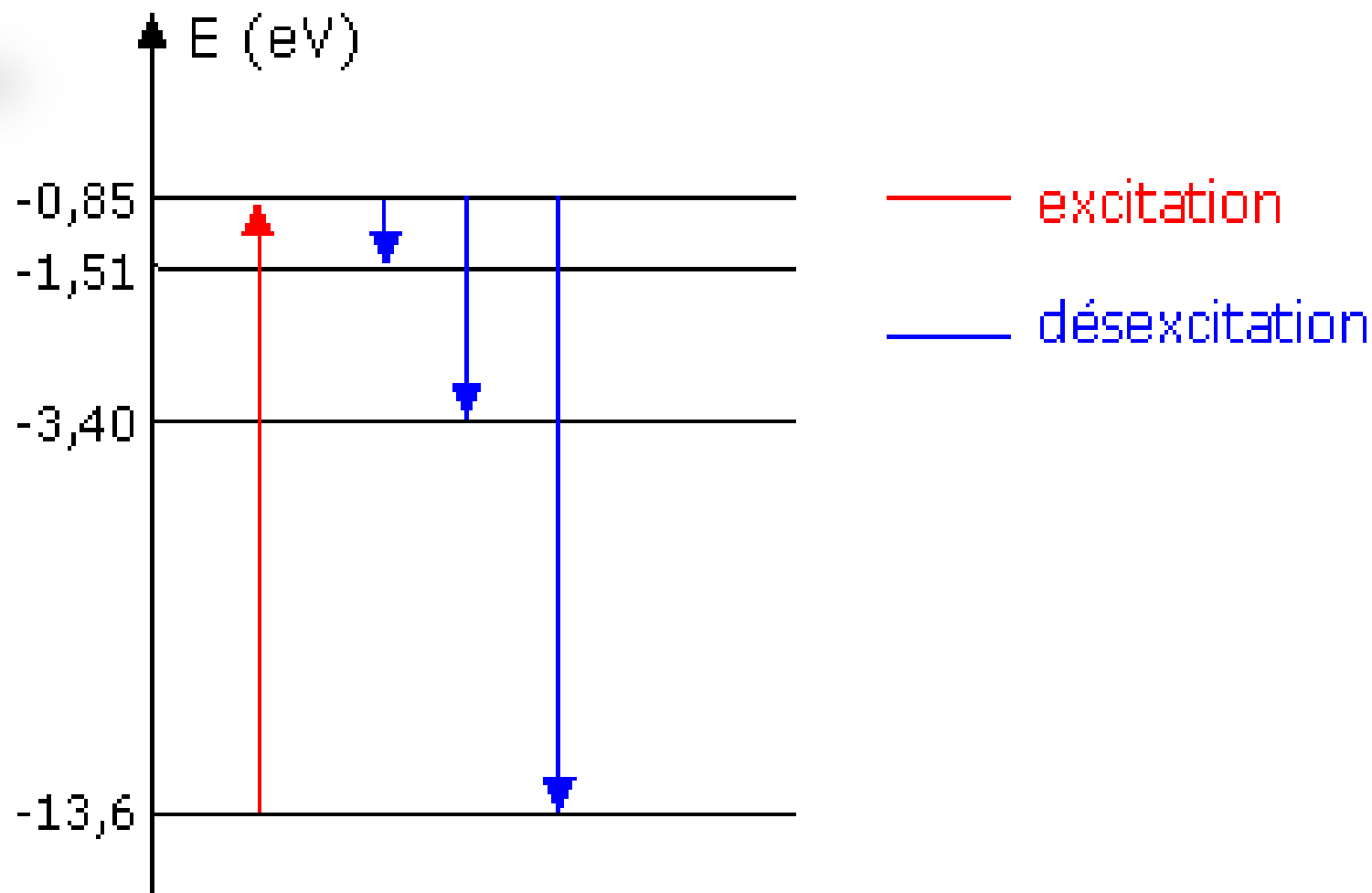
Les niveaux d'énergie plus élevés que l'état fondamental correspondent à un état excité de l'atome.



Quelques niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène



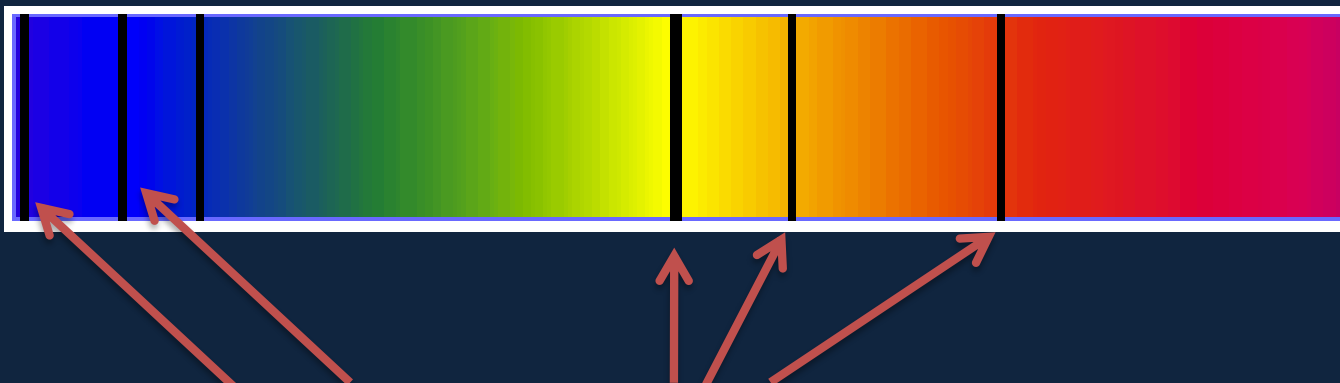
Le passage d'un niveau d'énergie E_1 à un autre E_2 est appelé transition.





Interprétation des spectres discrets

spectre d'absorption



Raies d'absorption (noirs)

En effet, ce sont les radiation absorbées par la substance (mercure) placée a travers la lumière blanche

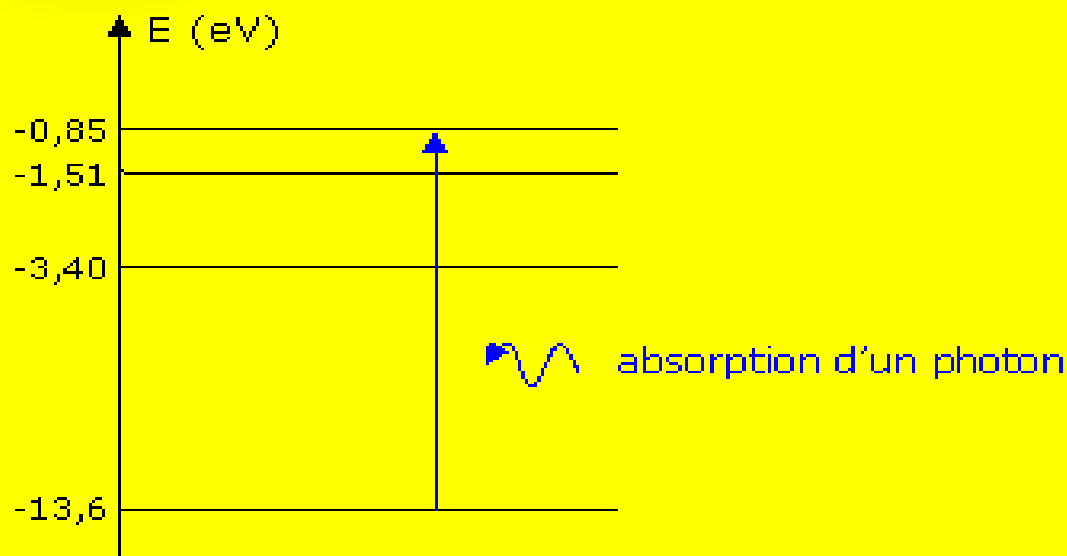
on intercale une substance sur le trajet de la lumière blanche (ici du mercure), on obtient un spectre d'absorption.

Explication



$$E = h\nu = \Delta E$$

Energie du photon absorbé

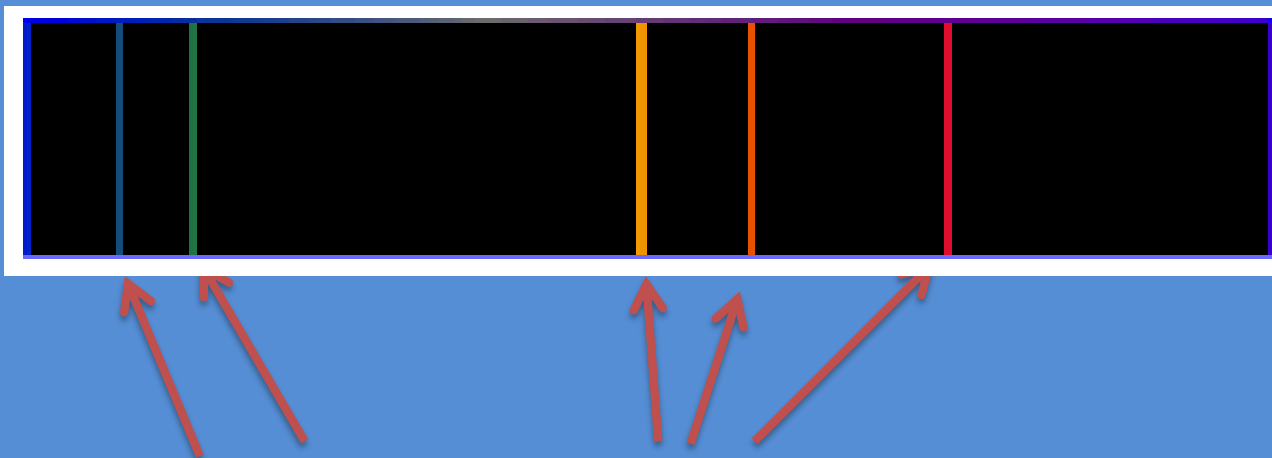


L'absorption d'un photon par un électron augmente son énergie de $E=h\nu$ qui est l'énergie transportée par le photon de fréquence ν , cette absorption se manifeste au niveau du spectre d'absorption par une raie noire.

le photon absorbé a une énergie exactement égale à la différence d'énergie entre les deux couches internes.

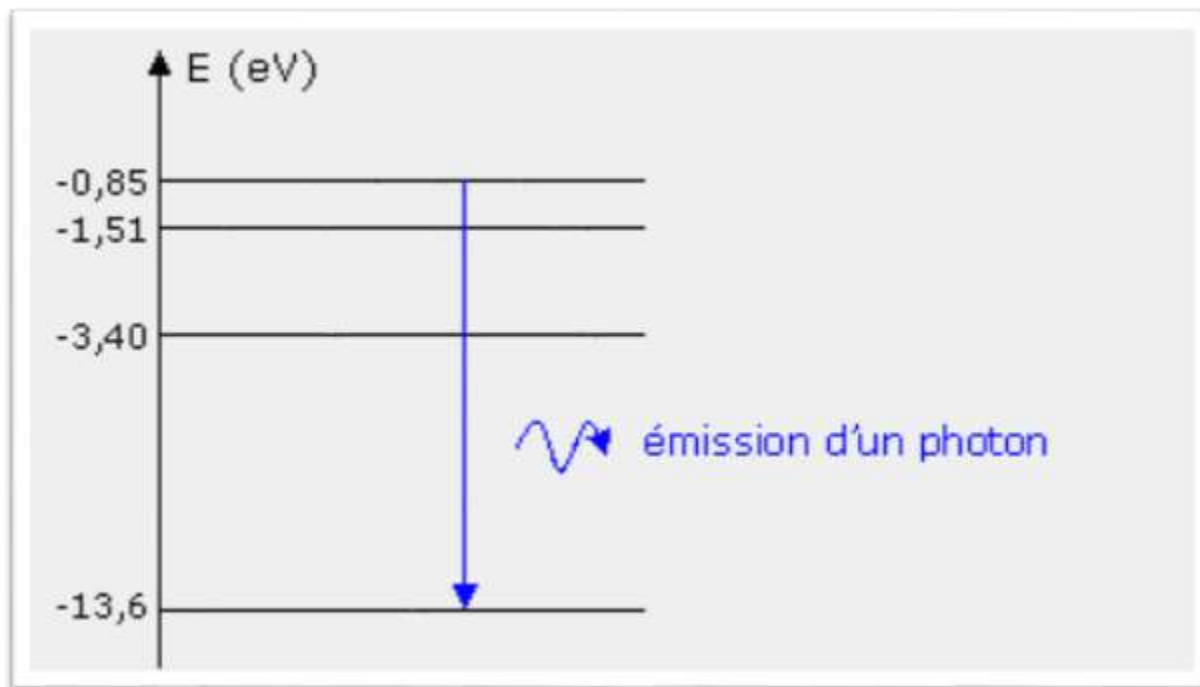


spectre d'émission



Raies d'émission

Dans un atome le passage d'un électron d'un niveau excité vers un niveau d'énergie plus bas est accompagné de **l'émission d'un photon** dont l'énergie est égale à la différence d'énergie des niveaux des transitions



$$E = h\nu = |\Delta E|$$

Energie du photon émis



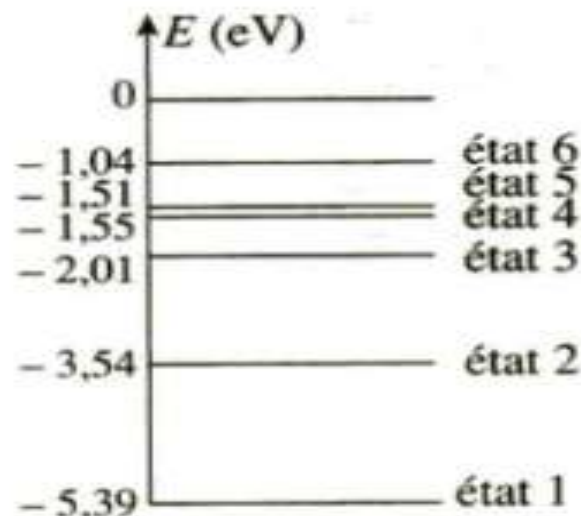
Application 1

- 1) Le spectre de l'atome de lithium est représenté ci-après :
 - a) S'agit-il d'un spectre d'émission ou d'absorption ? Justifier la réponse.
 - b) Comment appelle-t-on ce type de spectre ?



- 2) Le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome de sodium est donné ci-dessous :

- a) L'atome passe du niveau d'énergie 1 à l'état d'énergie 3. Cette transition a lieu au cours d'une interaction lumière-matière. Les photons mis en jeu sont-ils émis ou absorbés ? Justifier la réponse.
- b) Calculer, en électronvolt (eV), l'énergie d'un photon responsable de cette transition.
- c) indiquer par une flèche, sur le diagramme des niveaux d'énergie, la transition correspondante.
- d) Exprimer l'énergie d'un photon en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation correspondante.
- e) Calculer cette longueur d'onde λ puis donner sa valeur en nm ; à quel domaine de longueur d'onde appartient cette radiation ?
- f) Déterminer également la fréquence du photon.



Données :

$$h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s ;}$$

$$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

Solution



Application 1

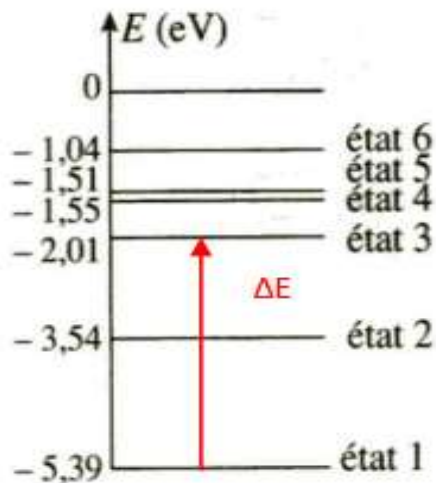
1)

a) Un spectre d'émission : présence de raies colorées (radiations émises) sur un fond noir. **1 pt**

b) C'est un spectre de raies d'émission. **0,5pt**

2) a) Passage d'un niveau d'énergie inférieur à un niveau d'énergie supérieur : absorption de photons synonyme d'excitation de l'atome. **1 pt**

b) $\Delta E = E_3 - E_1 = (-2,01) - (-5,39) = 3,38 \text{ eV}$. **1 pt**



c) **0,5 pt**

d) $\Delta E = h.c / \lambda$ **0,5 pt**

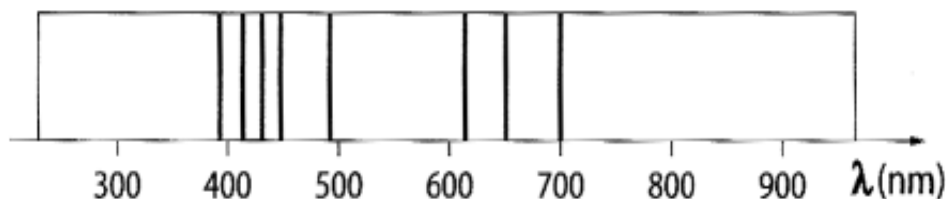
e) $\lambda = h.c / \Delta E$ avec ΔE en Joule ! soit $\lambda = (6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8) / (3,38 \times 1,60 \times 10^{-19})$
 $= 3,68 \times 10^{-7} \text{ m} = \mathbf{368 \text{ nm}}$ **1 pt** : Radiations UV. **0,5 pt** (voir domaine exo 2)

f) $\gamma = c / \lambda = 3,00 \times 10^8 / 3,68 \times 10^{-7} = 8,15 \times 10^{14} \text{ Hz}$ **1 pt**

Application 2

Partie A :

Dans la nuit du 12 au 13 mai 2002, alors qu'ils observaient une supernova dans une galaxie éloignée à l'aide du *Very Large Telescope* (situé à l'observatoire de Paranal au Chili), des astronomes ont eu la chance d'apercevoir une étoile filante traverser le champ du télescope. Ils ont ainsi pu enregistrer le spectre de la lumière émise, dont voici une partie :



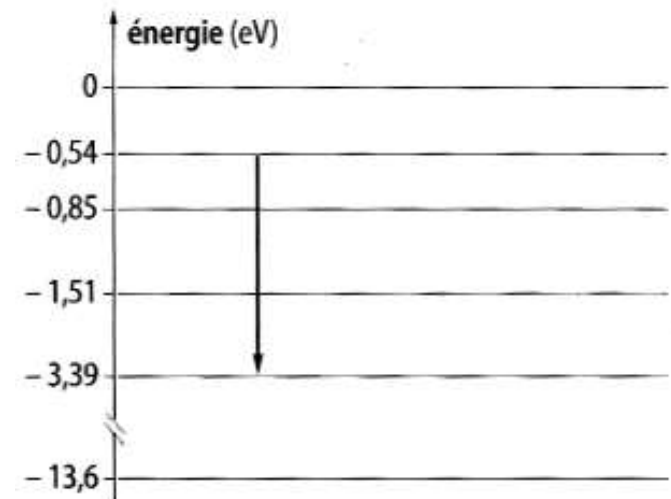
- 1) Comment nomme-t-on ce type de spectre ? Que verrait-on sur un **enregistrement** en couleur ? Expliquer les caractéristiques (forme, raies,...) de ce spectre dont l'allure est analogue au spectre solaire.
- 2) Quelles sont les limites approximatives en longueur d'onde dans le vide du domaine visible ? En déduire les fréquences des radiations correspondant aux valeurs limites précédentes.
- 3) Indiquer sur le spectre les domaines des radiations ultraviolettes et infrarouges.

Application 2

Partie B :

On donne le diagramme d'énergie d'un des éléments mis en évidence par le spectre précédent :

- 4) Citer les 3 scientifiques **qui ont** introduit les bases de la physique quantique. Sur quoi repose la théorie de la physique quantique concernant l'émission de lumière par un atome ?
- 5) Que représente la flèche sur le diagramme ? Cela correspond-il à une émission ou une absorption de photon ?
- 6) Déterminer (en J) l'énergie transportée par ce photon. En déduire la longueur d'onde λ dans le vide correspondante puis identifier l'élément chimique associé.
- 7) Cet élément chimique est également responsable de l'absorption d'un photon de longueur d'onde $\lambda' = 103 \text{ nm}$. A l'aide du diagramme, expliquer, en justifiant, l'absorption de ce photon.





Application 2

1	Spectre de raies d'absorption. Des raies noires sur un fond continu coloré. La lumière est donc émise grâce à une augmentation de température (source à incandescence) et certaines radiations sont absorbées par les éléments chimiques présents dans l'atmosphère de l'étoile.
2	400 et 800 nm. On a $\lambda = c / \gamma$ donc $\gamma = c / \lambda$. Pour 400nm, $\gamma = 3,00 \times 10^8 / 400 \times 10^{-9} = 7,50 \times 10^{14}$ Hz et pour 800nm, on a $\gamma = 3,75 \times 10^{14}$ Hz
3	UV avant 400 nm et IR après 800 nm
4	Planck, Einstein, Bohr. L'énergie d'un atome est quantifiée (elle ne peut prendre que certaines valeurs) donc l'atome ne peut émettre que certains photons de certaines longueurs d'onde, en se désexcitant (en passant d'un niveau supérieur à un niveau inférieur d'énergie).
5	Une baisse d'énergie de l'atome due à l'émission d'un photon qui transporte cette énergie.
6	$\Delta E = -0,54 - (-3,39) = 2,85$ eV = $2,85 \times 1,60 \times 10^{-19} = 4,56 \times 10^{-19}$ J. $\lambda = h c / \Delta E = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / 4,56 \times 10^{-19} = 4,36 \times 10^{-7}$ m = 436 nm. Elément hydrogène.
7	$\Delta E' = h c / \lambda' = 1,93 \times 10^{-18}$ J = 12,1 eV. Cela correspond au passage du niveau d'énergie -13,6 eV à celui -1,51 eV (augmentation d'énergie de l'atome due à l'apport d'énergie du photon absorbé).

Application 3

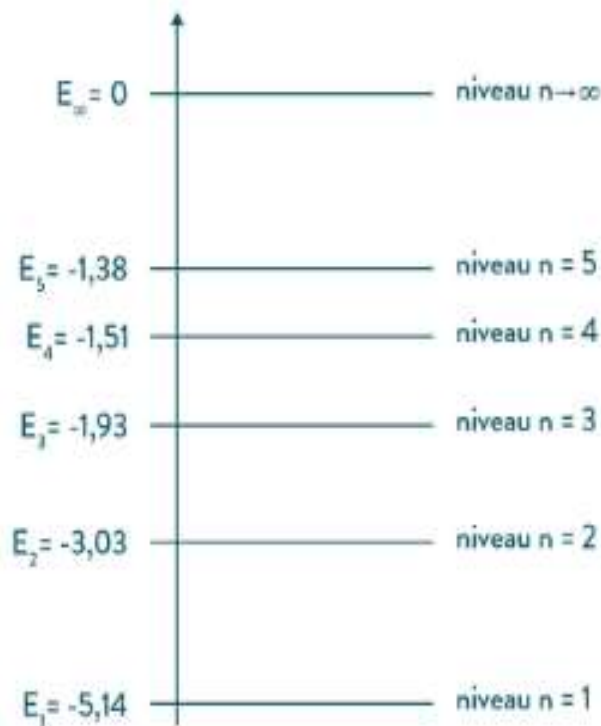
Lors de l'éclipse totale du Soleil du 18 août 1868, le français Pierre Janssen et le britannique Norman Lockyer ont analysé le spectre de la couronne solaire et ont remarqué qu'il présentait une raie brillant dans le jaune très proche de celle du sodium. Lockyer a émis l'hypothèse que cette raie était due à un nouvel élément qu'il baptisa hélium. Ce n'est que 27 ans plus tard que cet élément chimique fut identifié sur Terre.

Données : $c = 3,00.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ $h = 6,63.10^{-34} \text{ J.s}$ $1 \text{ eV} = 1,60.10^{-19} \text{ J}$

On note E l'énergie du photon émis lors d'une transition énergétique d'un atome. Donner l'expression littérale de E en fonction de la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse émise dans le vide, de la constante de Planck h et de la célérité de la lumière dans le vide c .

Application 3

La figure ci-dessous représente le diagramme énergétique de l'atome de sodium. (Les énergies sont indiquées en eV). On s'intéresse à la raie D_2 du sodium de longueur d'onde $\lambda_{Na} = 589,0 \text{ nm}$. Calculer la valeur de l'énergie E du rayonnement correspondant à cette raie.



4. Déterminer à quelle transition cette émission correspond.

Solution



Application 3

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

Avec E l'énergie en J, λ la longueur d'onde (en m), h la constante de Planck en J.s et c la célérité de la lumière en m.s^{-1} .

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,63.10^{-34} \times 3,00.10^8}{589,0.10^{-9}} = 3,38.10^{-19} \text{ J} = 2,11 \text{ eV}$$

D'après les valeurs d'énergie du diagramme, on constate que la transition $E_2 \rightarrow E_1$ a pour énergie :

$$|E_2 - E_1| = |-3,03 + 5,14| = 2,11 \text{ eV}$$

Cette énergie correspond bien à l'émission de la raie D_2 du sodium.



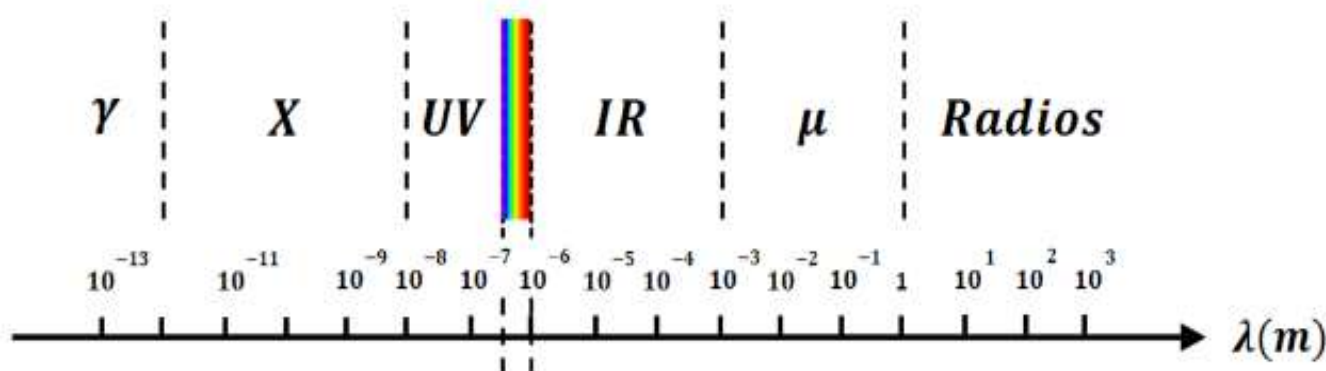
Application 4

Document 1 : rayonnement ionisant

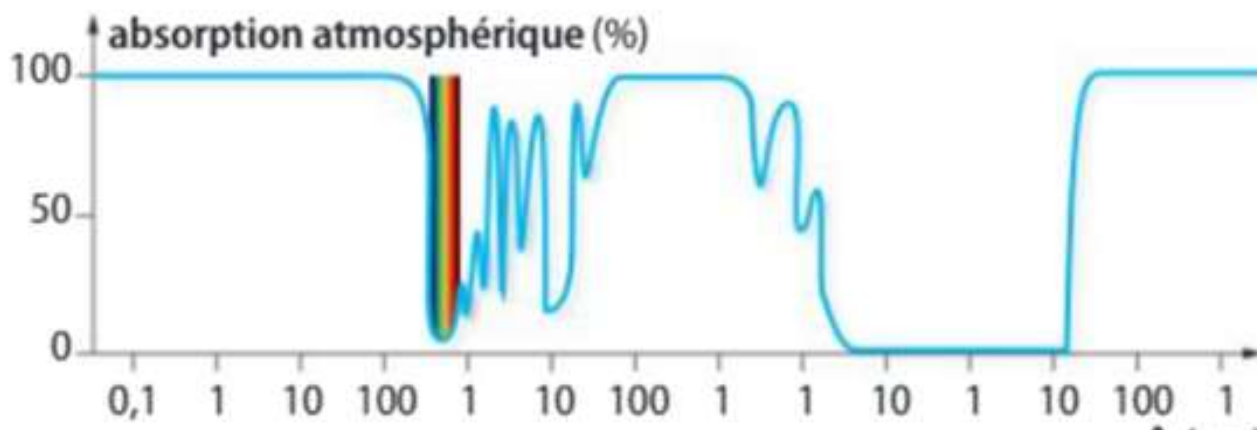
Un rayonnement ionisant est un rayonnement électromagnétique capable de produire des ions en faisant absorber une énergie suffisamment grande à l'électron d'un atome pour que celui-ci passe de son état fondamental à un état « infiniment excité », c'est-à-dire sur une couche électronique se situant à l'infini (l'électron est donc arraché de l'atome).

On considère qu'un rayonnement est ionisant si l'énergie qu'il transporte est supérieure à 13,6 eV. Ces rayonnements peuvent être nocifs pour les organismes vivants.

Document 2 : spectre électromagnétique



Document 3 : absorption atmosphérique



1. Déterminer la fréquence et la longueur d'onde d'un photon dont l'énergie a pour valeur 13,6 eV.
2. Quelles sont les familles d'ondes électromagnétiques ionisantes ?
3. Expliquer pourquoi l'atmosphère terrestre nous protège en grande partie de ces rayonnements ionisants ?

Solution



Application 4

L'énergie de 13,6 eV a pour valeur, en Joules : $E = 2,18 \cdot 10^{-18} \text{ J}$

$$\text{Or } E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \text{ donc } \nu = \frac{E}{h} = \frac{2,18 \cdot 10^{-18}}{6,63 \cdot 10^{-34}} = 3,28 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$$

$$\text{Et donc } \lambda = \frac{c}{\nu} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{3,28 \cdot 10^{15}} = 91,4 \text{ nm}$$

L'énergie précédente correspond à un rayonnement ultraviolet d'après le document 2. Or l'énergie est inversement proportionnelle à la longueur d'onde donc si les rayonnements ionisants sont ceux d'énergie supérieure à 13,6 eV, il s'agit de ceux de longueur d'onde inférieure à 91,4 nm, ce qui englobe les rayons gamma, les rayons X et une partie des ultraviolets.

D'après le document 3, on voit que l'absorption atmosphérique est de 100% pour presque l'intégralité des rayonnements situés dans le domaine gamma, X et UV, ce qui explique que l'atmosphère nous protège de ces rayonnements. Seuls les UV proches du visible ne sont pas absorbés à 100%, ce qui explique la nécessité de se protéger avec de la crème solaire !