

Première Spécialité Physique-Chimie	Thème : Ondes et signaux	M. GINEYS / M. KUNST-MEDICA	 Frères des Écoles Chrétiennes
<b>Chapitre 8 : Onde et particule</b>			
<b>Correction Activité expérimentale n°8.1 : Modèles de la lumière</b>			

### Questions :

#### Exploiter des informations, calculer :

1. **Calculer** la fréquence  $\nu$  correspondant à la longueur d'onde  $\lambda = 240 \text{ nm}$  de la lampe UV.

Calculons  $\nu$  de la lampe UV :

$$H_3 \rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

Données :  $\lambda = 240 \times 10^{-9} \text{ m}$   
 $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Application numérique :

$$\nu = \frac{3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}}{240 \times 10^{-9} \text{ m}} = 1,25 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

#### Exploiter des informations

2. Quel fait expérimental a prouvé l'insuffisance du modèle ondulatoire de la lumière ?

Pour des longueurs d'onde inférieures à  $400 \text{ nm}$ , l'intensité lumineuse diminue constamment à ce qui était prévu par le modèle ondulatoire.

#### Analyser, interpréter

3. **Expliquer** la différence entre les deux modes d'échange d'énergie entre le modèle ondulatoire et le modèle particulaire.

Pour le modèle ondulatoire, l'échange d'énergie est continu. En revanche, dans le modèle particulaire, ces échanges sont discontinus, par quanta (photons).

4. Entre la lumière du néon et celle de la lampe UV, laquelle transporte des photons de plus grande énergie ? **Citer** la phrase du texte qui le justifie.

La lampe UV possède la plus petite longueur d'onde donc transporte des photons de plus grande énergie " pour chaque radiation, l'énergie contenue dans un photon est inversement proportionnelle à sa longueur d'onde dans le vide.

### III Interaction entre photons et atomes

#### A) Observation du spectre d'émission de l'atome de mercure

- Observer sur l'écran le spectre d'émission du mercure obtenu avec la lampe à décharge à vapeur de mercure.
- Pour observer ce même spectre en animation, taper dans Google : « animation spectre émission et absorption » et cliquer sur le lien dont l'adresse est la suivante (ou rentrer l'adresse directement) : [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/spectres\\_abs\\_em.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_abs_em.swf)
- Choisir comme élément le mercure (Hg). Appuyer sur « On » pour le générateur du haut seulement.
- Baisser légèrement l'intensité des raies pour ne faire apparaître que les quatre raies les plus importantes.



#### Réaliser et calculer

5. En utilisant le curseur, **relever** la valeur des longueurs d'onde  $\lambda$  de ces quatre raies, ainsi que leur couleur et **compléter** les deux premières lignes du tableau suivant :

### III Interaction entre photons et atomes

#### A) Observation du spectre d'émission de l'atome de mercure

- Observer sur l'écran le spectre d'émission du mercure obtenu avec la lampe à décharge à vapeur de mercure.
- Pour observer ce même spectre en animation, taper dans Google : « animation spectre émission et absorption » et cliquer sur le lien dont l'adresse est la suivante (ou rentrer l'adresse directement) : [http://www.ostralo.net/3\\_animations/swf/spectres\\_abs\\_em.swf](http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_abs_em.swf)
- Choisir comme élément le mercure (Hg). Appuyer sur « On » pour le générateur du haut seulement.
- Baisser légèrement l'intensité des raies pour ne faire apparaître que les quatre raies les plus importantes.

#### Réaliser et calculer

5. En utilisant le curseur, **relever** la valeur des longueurs d'onde  $\lambda$  de ces quatre raies, ainsi que leur couleur et **compléter** les deux premières lignes du tableau suivant :

Couleur de la raie	Violet	Violet	Vert	Jaune-Orange
Longueur d'onde $\lambda$ (en nm)	405	436	546	577
Énergie du photon (en J)	$4,91 \times 10^{-19}$	$4,56 \times 10^{-19}$	$3,64 \times 10^{-19}$	$3,45 \times 10^{-19}$
Énergie du photon (en eV)	3,07	2,85	2,28	2,16
Transition associée	6 $\rightarrow$ 2	6 $\rightarrow$ 3	6 $\rightarrow$ 4	7 $\rightarrow$ 5

Le physicien allemand Max Planck a établi que l'énergie associée à un photon est proportionnelle à la fréquence de la radiation qui le porte. La constante de proportionnalité  $h$  est appelée constante de Planck.

Ainsi, l'énergie  $E$  d'un photon est donnée par la relation :

$$E = h \nu$$

Avec  $E$  : énergie en joule (symbole : J)

$\nu$  : fréquence de l'onde en hertz (symbole : Hz)

$h$  : constante de Planck ( $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s)



Max Planck (1858-1947)  
Prix Nobel de Physique en 1918  
pour sa théorie des quanta

6. **Utiliser** les deux formules données précédemment pour **donner** l'expression mathématique de l'énergie  $E$  d'un photon en fonction de  $\lambda$  et des constantes  $c$  et  $h$ :

$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

$\uparrow$  J                       $\uparrow$  J.s                       $\leftarrow$  m.s<sup>-1</sup>                       $\leftarrow$  m

7. **Calculer** les énergies  $E$  en joule (en J) des photons associées à chacune des raies du spectre de l'atome de mercure et compléter la troisième ligne du tableau. Détailler un seul calcul. Attention aux unités.

$$E_{405} = 6,63 \times 10^{-34} \times \frac{3,00 \times 10^8}{405 \times 10^{-9}} = 4,91 \times 10^{-19} \text{ J}$$

**Le joule est une unité beaucoup trop grande pour les énergies concernant les photons. On utilise l'électron-volt de symbole eV.**

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

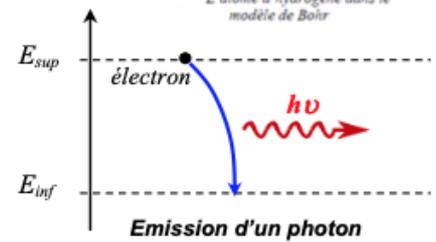
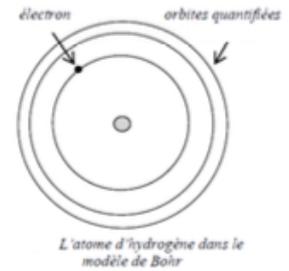
8. Convertir les énergies des photons en eV et remplir la 4<sup>ème</sup> ligne du tableau. Détailler un seul calcul.

$$E_{405} = \frac{4,31 \times 10^{-19} \text{ J} \times 1 \text{ eV}}{1,60 \times 10^{-19} \text{ J}} = 3,07 \text{ eV.}$$

### B) Interprétation de Niels Bohr des spectres

Pour expliquer le spectre de l'atome d'hydrogène (et donc celui des autres atomes par la suite), le physicien suédois Niels Bohr a adopté, en 1913, les hypothèses suivantes :

- Dans un atome, il existe des orbites circulaires stables pour les électrons, qui sont répartis en couches autour du noyau (déjà vu en Seconde).  
A chaque couche correspond une énergie bien définie et appelée niveau d'énergie de l'électron, de valeur négative.  
Les rayons des orbites des électrons ne peuvent donc pas prendre n'importe quelle valeur : elles sont **quantifiées**.
- L'électron peut passer d'une orbite stable à une autre, c'est-à-dire d'un niveau d'énergie à un autre, par **absorption** ou **émission** d'un seul photon d'énergie  $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ .



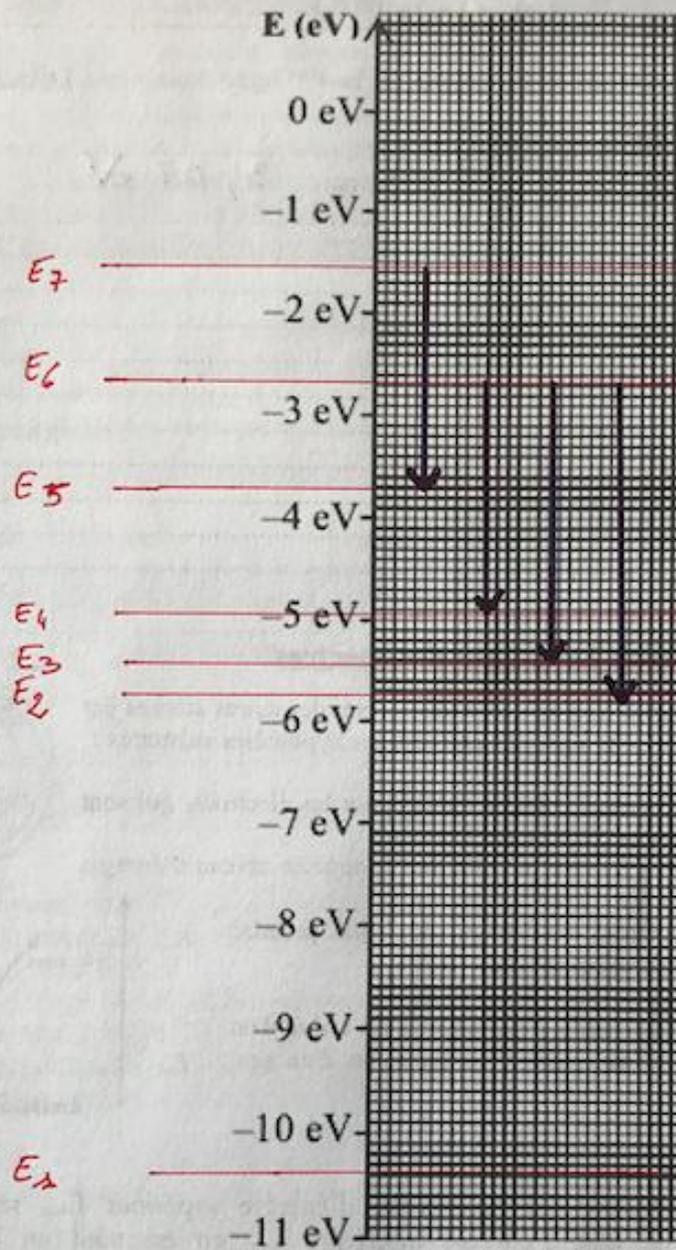
Un électron qui se trouve sur un niveau d'énergie supérieur  $E_{sup}$  retourne spontanément dans un état d'énergie inférieure  $E_{inf}$  en émettant un photon d'énergie bien définie, correspondant à une raie du spectre d'émission de l'atome. L'énergie du photon émis doit correspondre exactement à la différence d'énergie perdue  $\Delta E$  entre  $E_{sup}$  et  $E_{inf}$ .

Sa longueur d'onde sera telle que :  $\Delta E = E_{sup} - E_{inf} = \frac{hc}{\lambda}$

Voici quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure par ordre croissant :

$$\begin{array}{lll} E_1 = -10,38 \text{ eV} ; & E_2 = -5,74 \text{ eV} ; & E_3 = -5,52 \text{ eV} ; \\ E_4 = -4,95 \text{ eV} ; & E_5 = -3,71 \text{ eV} ; & E_6 = -2,68 \text{ eV} ; \\ E_7 = -1,56 \text{ eV} \end{array}$$

9. **Représenter** ces niveaux d'énergie sur le diagramme d'énergie suivant en traçant un trait horizontal correspondant à la bonne valeur d'ordonnée. On prendra comme échelle : 1 cm pour 1,0 eV



10. **Calculer** les énergies  $\Delta E$  en eV associées aux transitions entre les niveaux suivants :  $7 \rightarrow 5$  ;  $6 \rightarrow 4$  ;  $6 \rightarrow 3$  et  $6 \rightarrow 2$ . Aide : Pour la transition du niveau 7 vers le niveau 5 :  $\Delta E = E_7 - E_5$

$$\Delta E (7 \rightarrow 5) = E_7 - E_5 = -1,56 \text{ eV} - (-3,71 \text{ eV}) = 2,15 \text{ eV}$$

$$\Delta E (6 \rightarrow 4) = E_6 - E_4 = -2,68 - (-4,35) = 2,27 \text{ eV}$$

$$\Delta E (6 \rightarrow 3) = E_6 - E_3 = -2,68 - (-5,52) = 2,84 \text{ eV}$$

$$\Delta E (6 \rightarrow 2) = E_6 - E_2 = -2,68 - (-5,74) = 3,06 \text{ eV}$$

11. **Représenter** sur le diagramme les transitions précédentes par des flèches correctement orientées entre les niveaux concernés.

### Valider

12. **Comparer** ces énergies à celles calculées à la question 8 et **associer** les transitions trouvées aux énergies des photons émis. **Remplir** la dernière ligne du tableau.

On constate que les énergies correspondent à celles calculées à la question 8. On peut donc associer les transitions trouvées aux énergies des photons émis.