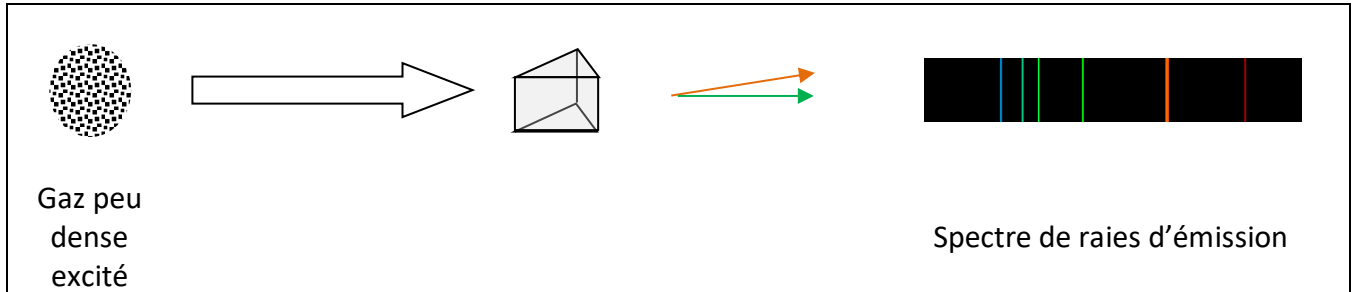


Interaction Lumière – matière ; Spectres de raies

I. Spectre de raies d'émission

Rappel de seconde : on obtient un **spectre de raies d'émission** lorsqu'on décompose la lumière émise par un gaz froid d'atomes excités électriquement. De telles sources de lumières sont appelées « lampes à décharge ». Exemples de lampes à décharge : tubes néon, réverbères servant à l'éclairage public....



Il s'agit de comprendre d'où proviennent les raies visibles dans les spectres d'émission. On s'intéressera en particulier aux spectres de l'atome d'hydrogène.

Document 1 : Quantification des niveaux d'énergie d'un atome

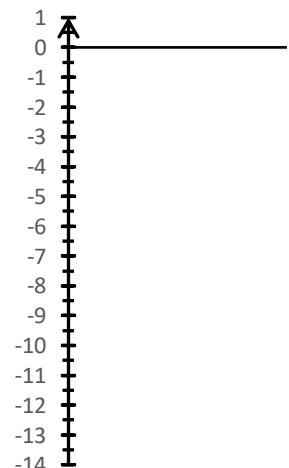
- Les électrons du cortège électronique d'un atome sont répartis en « couches » numérotées K, L, M... Il en résulte que l'énergie de l'atome ne peut prendre que certaines valeurs, selon l'occupation des couches par les électrons du cortège. On dit que l'énergie d'un atome est « quantifiée » : elle ne peut prendre que certaines valeurs bien précises. On parle alors de niveaux d'énergie de l'atome.
- Dans le cas de l'atome d'hydrogène ces niveaux d'énergie prennent les valeurs suivantes
$$E_n = \frac{-2,18 \times 10^{-18}}{n^2}$$
où n est appelé nombre quantique principal ; ne peut prendre que des valeurs entières
- Le niveau pour lequel n = 1 correspond au **niveau fondamental** de l'atome (électron dans la couche K) : c'est l'état d'énergie le plus bas de l'atome d'hydrogène.
- Lorsque l'électron se trouve dans les niveaux n=1, 2, 4... on dit que l'atome se trouve dans un état « excité »
- L'état d'énergie E = 0 correspond à l'électron arraché à l'atome. L'atome est alors ionisé.

Document 2 : Nouvelle unité d'énergie : l'électron-volt

A l'échelle de l'atome, les quantités d'énergies mises en jeu dans la liaison entre le noyau de l'atome (proton pour l'atome d'hydrogène) et l'électron sont faibles. On utilise une unité plus adaptée : l'électron-volt (eV) :
 $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

Questions :

1. Calculer en Joule puis en électron-volt des 4 premiers niveaux d'énergie (n=1 à 4) de l'atome d'hydrogène.
2. Tracer ces niveaux sur le digramme ci-contre : l'énergie est représentée sur un axe verticale gradué vers le haut en eV ; chaque niveau d'énergie sera représenté par un trait horizontal.

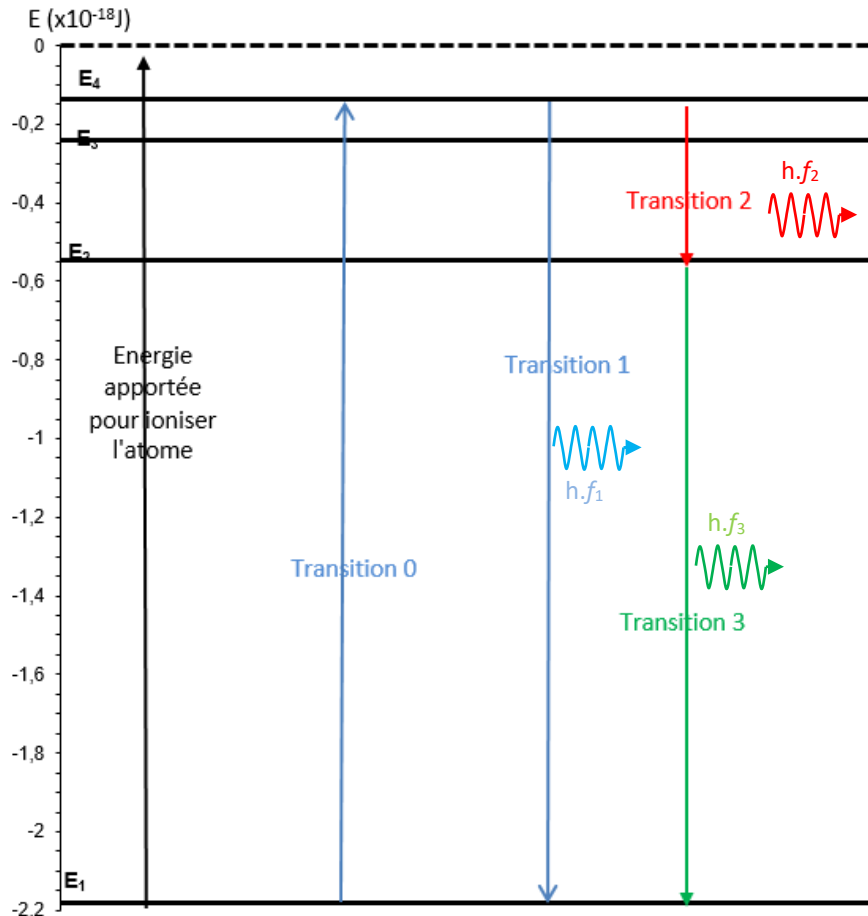


Document 3 : Raies d'émission de lumière

Lors d'un apport d'énergie extérieur, au cours d'une collision entre atomes par exemple, l'électron de l'atome d'hydrogène peut monter vers un niveau plus élevé (transition 0 sur le graphique) ; l'atome se trouve alors dans un état excité, instable. La durée pendant laquelle il reste dans cet état est de l'ordre de 10^{-8} s.

Puis il y a désexcitation vers un niveau inférieur (transition 2), puis fondamental (transition 3) ou fondamental directement (transition 1).

Au cours de chaque transition, l'atome perd de l'énergie sous forme de lumière de longueur d'onde très précise : il apparaît dans le spectre une raie d'émission.



Document 4 : Le photon, nature corpusculaire de la lumière

Einstein interprète l'émission d'une radiation de fréquence f par l'émission d'un paquet d'énergie précis et indivisible comme si une particule de lumière était alors créée. On appelle cette particule de lumière un photon. Chaque photon est porteur d'un « quantum » d'énergie (paquet précis et indivisible) :

$$E_{\text{photon}} = |\Delta E| = h \cdot f$$

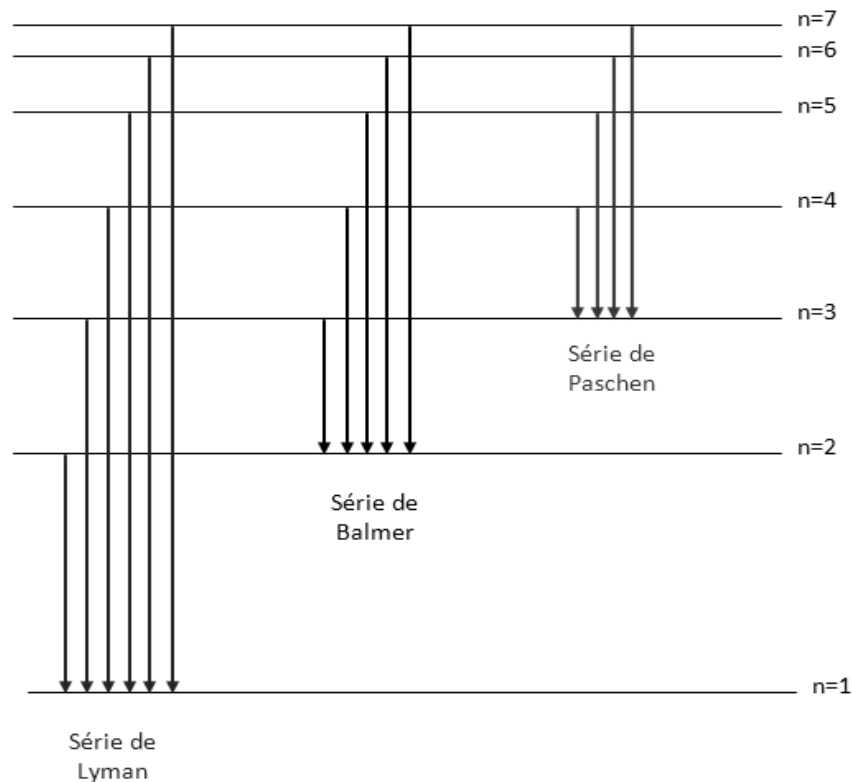
- où :
- E_{photon} la quantité d'énergie du photon exprimée en joules (**J**)
 - $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ la constante de Planck exprimée en joules.seconde (**J.s**)
 - f : la fréquence du rayonnement exprimée en hertz (**Hz**)

Document 5 : Relation fréquence et longueur d'onde d'une radiation

La relation entre la fréquence d'une onde et sa longueur d'onde est $\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$

On cherche à déterminer les longueurs d'ondes des radiations émises lors des différentes désexcitations possibles de l'atome d'hydrogène. On pourra alors tracer le spectre de raies d'émission obtenu avec un gaz d'atomes d'hydrogène.

Document 6 : Différentes transitions correspondant à des désexcitation de l'atome d'hydrogène



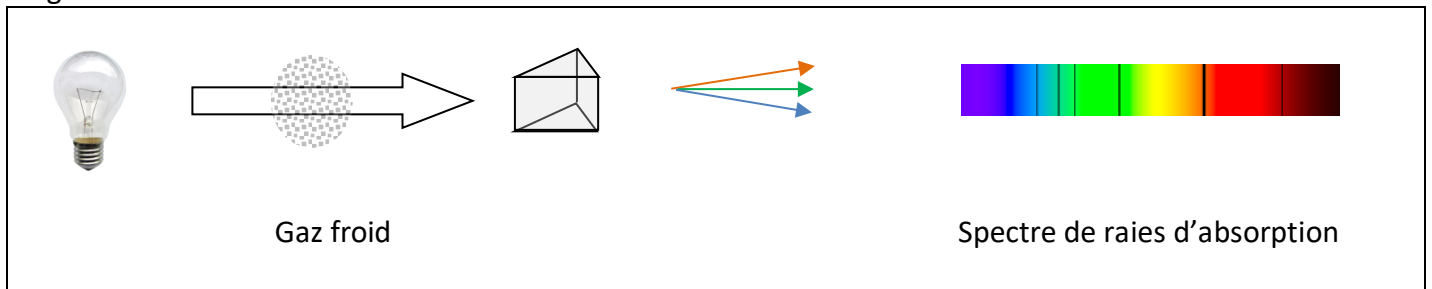
Comme les calculs sont répétitifs, on va compléter le tableau (fichier LibreOfficeCalc ou EXCEL) accessible sur le site pontonniers-physique.fr.

3. Dans la colonne B du tableau on cherche à calculer les valeurs en Joules des différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène (en Joules).
Rappeler la formule qui permet de calculer la valeur de chaque niveau en fonction de n.
Entrer et recopier la formule qui permet de calculer ces niveaux d'énergies
4. Dans les colonnes C, D, E, F, on s'intéresse aux transitions de la série de Lyman
 - a. Exprimer l'énergie perdue ΔE par l'atome lors de la transition d'un électron du niveau E_4 vers le niveau fondamental E_1 ; justifier le signe de ΔE .
Remarque : $\Delta E = E_{\text{final}} - E_{\text{initial}}$
En déduire l'énergie du photon E_{photon} émis lors de la transition.
Entrer et recopier la formule proposée dans la colonne C.
 - b. Exprimer la longueur d'onde λ de la radiation lumineuse produite lors de la perte d'énergie ΔE par l'atome.
Entrer et recopier la formule proposée dans la colonne D, dans laquelle la longueur d'onde λ sera exprimer en mètres.
Dans la colonne E, entrer et recopier la formule qui permet de convertir la longueur d'onde λ en nanomètres.
 - c. Déterminer le domaine auquel appartient chaque longueur d'onde ; s'il s'agit du visible, colorer avec la bonne couleur la case correspondante.
5. Recommencer pour les séries de Balmer et de Paschen
6. Vérifier vos résultats en observant le spectre obtenu sur la modélisation suivante :

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_abs_em.swf

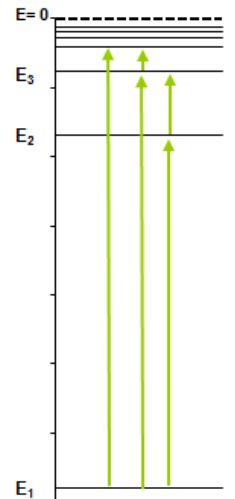
II. Spectres d'absorption :

Rappel de seconde : on obtient un spectre de raies d'absorption lorsque de la lumière blanche traverse un gaz froid d'atomes.



Interprétation :

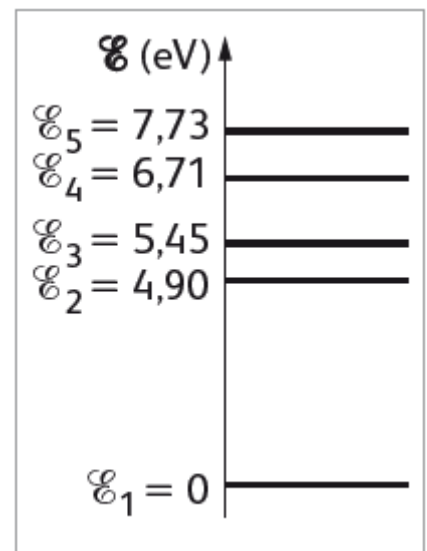
Les photons composant la lumière blanche permettent aux atomes du gaz de passer d'un état fondamental à un état excité. Ce phénomène est possible lorsqu'un photon apporte exactement la quantité d'énergie nécessaire à la transition d'un niveau inférieur vers un niveau supérieur.



Application :

On donne ci-contre le diagramme représentant les niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

- Déterminer la longueur d'onde dans le vide de la raie du mercure associée à la transition du niveau 3 au niveau 5. L'atome gagne-t-il ou cède-t-il de l'énergie au cours de cette transition ? Parle-t-on de raie d'émission ou d'absorption ?
- Reproduire le diagramme de niveaux d'énergie du mercure puis représenter :
 - la transition par une flèche
 - l'émission ou l'absorption de photon par une flèche ondulée



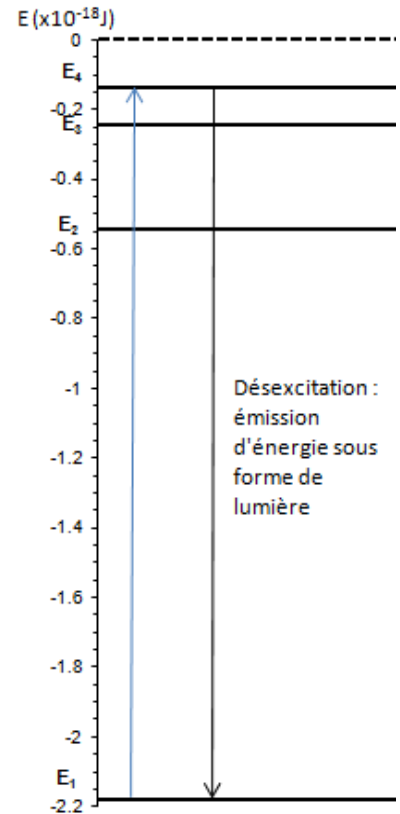
Correction

I. Spectre de raies d'émission de l'atome d'hydrogène :

Tracer ci-contre les paliers correspondant aux 4 premiers niveaux d'énergie de l'atome en utilisant la formule :

$$E_n = \frac{-2,18 \times 10^{-18}}{n^2} = \frac{-13,6}{n^2}$$

n	E (J)	E (eV)
1	$-2,18 \times 10^{-18}$	
2	$-5,44 \times 10^{-19}$	
3	$-2,42 \times 10^{-19}$	
4	$-1,36 \times 10^{-19}$	



Exemple :

- a. Exprimer et calculer l'énergie perdue ΔE par l'atome lors de la transition d'un électron du niveau E_4 vers le niveau fondamental E_1 ; justifier le signe de ΔE .

$$\Delta E = E_1 - E_4 \quad \text{A.N.}$$

$$\Delta E = -2,18 \times 10^{-18} + 1,36 \times 10^{-19} = -2,04 \times 10^{-18} \text{ J}$$

- b. En déduire la longueur d'onde de la radiation correspondante.

$$E_{\text{photon}} = |\Delta E| = h \cdot f \quad \text{or} \quad f = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \text{d'où} \quad |\Delta E| = \frac{h \cdot c}{\lambda} \quad \text{soit} \quad \lambda = \frac{h \cdot c}{|\Delta E|}$$

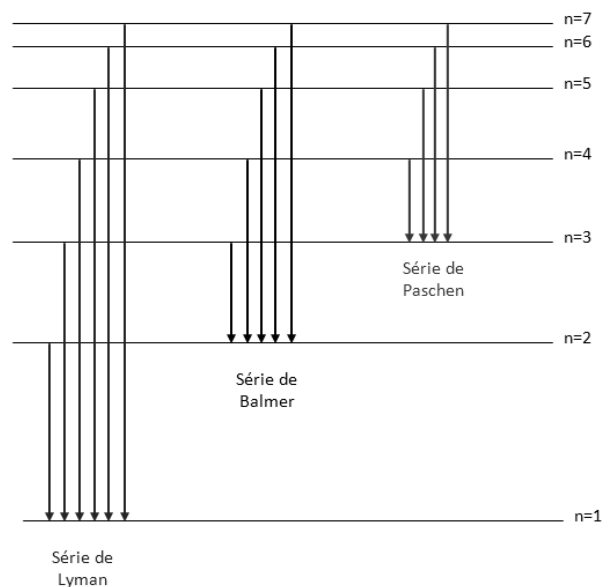
$$\text{A.N.} \quad \lambda = \frac{6,62 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8}{2,04 \times 10^{-18}} = 9,74 \times 10^{-8} \text{ m soit } 97,4 \text{ nm}$$

(Remarque : $9,74 \times 10^{-8} = 9,74 \times 10 \times 10^{-9} = 97,4 \times 10^{-9}$)

- c. $\lambda < 400 \text{ nm}$: la radiation appartient aux domaines des U.V.

Dans le cas de l'atome d'hydrogène :

- Les transitions des niveaux 2,3,4,5,6,7 vers le niveau 1 constituent la série de Lyman
- Les transitions des niveaux 2,4,5,6,7 vers le niveau 2 constituent la série de Balmer
- Les transitions des niveaux 3,4,5,6,7 vers le niveau 3 constituent la série de Paschen.



n	E	Série de Lyman : Transition des niveaux 2,3,4,5,6,7 vers le niveau 1			Série de Lyman : Transition des niveaux 3,4,5,6,7 vers le niveau 2			Série de Paschen : Transition des niveaux 4,5,6,7 vers le niveau 3		
		Energie du photon	Lambda (m)	Lambda (nm)	Energie du photon	Lambda (m)	Lambda (nm)	Energie du photon	Lambda (m)	Lambda (nm)
1	-2,18E-018									
2	-5,44E-019	1,63E-018	1,22E-007	121,7						
3	-2,42E-019	1,93E-018	1,03E-007	102,7	3,02E-019	6,57E-007	657,2			
4	-1,36E-019	2,04E-018	9,74E-008	97,4	4,08E-019	4,87E-007	486,8	1,06E-019	1,88E-006	1877,6
5	-8,70E-020	2,09E-018	9,51E-008	95,1	4,57E-019	4,35E-007	434,6	1,55E-019	1,28E-006	1283,5
6	-6,04E-020	2,12E-018	9,39E-008	93,9	4,84E-019	4,11E-007	410,7	1,81E-019	1,10E-006	1095,3
7	-4,44E-020	2,13E-018	9,32E-008	93,2	5,00E-019	3,98E-007	397,5	1,97E-019	1,01E-006	1006,3

couleur	Longueur d'onde dans le vide (nm)
Infrarouge	> 780
rouge	~ 625-740
orange	~ 590-625
jaune	~ 565-590
vert	~ 520-565
bleu	~ 446-520
violet	~ 380-446
ultraviolet	< 380

Vérification : Spectre visible de l'hydrogène :

http://www.ostralo.net/3_animations/swf/spectres_abs_em.swf



II. Spectre d'absorption de l'atome de mercure :

1. Calcul de la longueur d'onde de la radiation émise lors de la transition du niveau 4 au niveau 3 :

L'énergie du photon est : $E_{\text{photon}} = h \cdot f$ avec $f = \frac{c}{\lambda}$ d'où $E_{\text{photon}} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

L'énergie qu'emporte le photo correspond à l'énergie que perd l'atome au cours de sa désexcitation : $E_{\text{photon}} = |\Delta E| = |E_5 - E_3|$

On a donc : $|E_5 - E_3| = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

soit : $\lambda = \frac{h \cdot c}{|E_5 - E_3|}$

A.N. $E_5 - E_3 = 2,28 \text{ eV} = 3,65 \times 10^{-19} \text{ J}$

$\lambda = 5,45 \times 10^{-7} \text{ m} = 545 \text{ nm}$

Il s'agit d'une raie d'absorption ; l'atome gagne de l'énergie.

2. Représentation :

