

**Données :**  $h=6,62.10^{-34} \text{ J.s}$  ;  $c=3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;  $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$  ;  $1\text{eV}=1,6.10^{-19}\text{ J}$

**Exercice n°1 :** (Sc. Exp. : session principale 2010)

L'expérience de Franck et Hertz a mis en évidence la quantification d'énergie de l'atome. Le schéma du principe de cette expérience est donné par la figure 1.



Figure 1

1) Préciser le rôle des électrons émis par le canon à électrons et le rôle de l'analyseur.

2) les résultats de l'étude expérimentale relative au mercure ont permis de tracer la courbe de  $N_c/N_e$  en

fonction de l'énergie cinétique  $E_c$  des électrons émis par le canon à électron (figure 2),  $N_c$  étant le nombre d'électrons comptés par l'analyseur et  $N_e$  représente le nombre d'électrons émis par le canon.

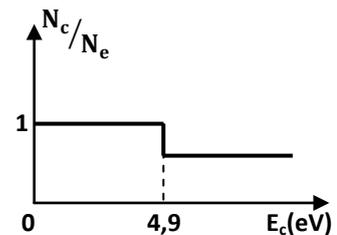


Figure 2

Montrer que cette courbe traduit la quantification de l'énergie de l'atome de mercure.

3) Le diagramme de la figure 3 représente quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

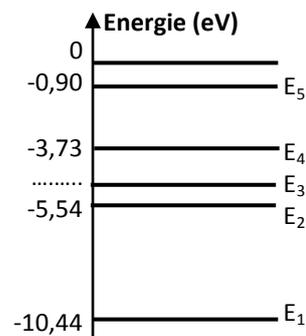


Figure 3

a. À partir de ce diagramme, préciser en le justifiant, l'état fondamental de l'atome de mercure.

b. L'atome de mercure pris dans son état fondamental, absorbe un photon d'énergie  $W=5,45 \text{ eV}$ .

Déterminer la valeur de l'énergie  $E_3$  qui caractérise le niveau ( $n=3$ ) dans lequel se trouve l'atome après absorption d'un photon.

4) L'atome de mercure se trouve dans l'état excité d'énergie  $E_4$ .

a. Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  de la radiation émise lors de la transition de l'état d'énergie  $E_4$  vers l'état fondamental d'énergie  $E_1$ .

b. Préciser si cette radiation émise appartient ou non au domaine du visible, sachant que toute radiation visible est caractérisée par :  $400\text{nm} \leq \lambda \leq 750\text{nm}$ .

5) La raie de longueur d'onde  $\lambda=438,6 \text{ nm}$  de la radiation émise lors de la transition émise de l'état d'énergie  $E_n$  vers un état d'énergie inférieur  $E_p$ .

Déterminer les énergies  $E_n$  et  $E_p$  correspondant à cette transition.

6) Un atome de mercure pris dans son état fondamental, reçoit deux photons, l'un d'énergie  $10,00\text{eV}$  et l'autre d'énergie  $10,44 \text{ eV}$ . Lequel des deux photons permettra l'ionisation de l'atome de mercure ? Justifier.

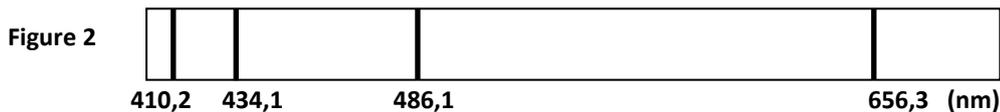
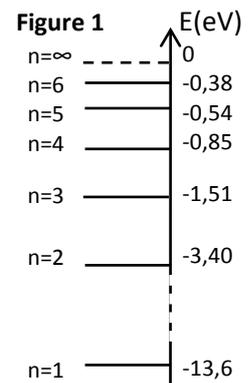
### Exercice n°2 : (mathématiques : session de contrôle 2011)

Le document de la **figure 1** donne le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.

1) Donner la valeur de l'atome d'hydrogène à l'état fondamental.

2) Définir l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène. Quelle est sa valeur ?

3) Le document de la **figure 2** donne le spectre d'émission d'une lampe à hydrogène.



Ce spectre de raie est obtenu lors des transitions de l'atome d'hydrogène d'un niveau supérieur ( $n > 2$ ) vers le niveau inférieur  $n=2$ .

a. Vérifier que l'énergie  $W$ , exprimé en **eV**, des différentes raies émises est donnée par la relation  $W = \frac{1241}{\lambda}$  avec  $\lambda$  en **nm**.

b. Calculer l'énergie  $W$  (**eV**) correspondant à chaque raie émise. En déduire pour chacune de ces raies, le niveau d'énergie  $E_n$  dans lequel l'atome d'hydrogène s'est trouvé à l'état excité.

4) Les atomes d'hydrogène sont dans leur état fondamental.

a. Déterminer les énergies (en **eV**) des photons absorbés lors des transitions de l'état fondamental ( $n=1$ ) vers les états  $n=3$  et  $n=4$ .

b. Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber un photon d'énergie **12,3eV**.

### Exercice n°3 :

Lorsqu'un atome d'hydrogène passe d'un niveau d'énergie supérieur  $E_2$  vers un niveau d'énergie inférieur  $E_1$ , il émet une radiation de longueur d'onde notée  $\lambda_{2 \rightarrow 1} = 1,216 \cdot 10^{-7} \text{m}$ , la fréquence de cette radiation sera notée  $\nu_{2 \rightarrow 1}$ .

On admet que l'énergie  $E_n$  du niveau  $n$  de l'atome d'hydrogène est donnée par la relation  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$  ou  $E_0$  est une constante positive.

1. Quelle est la signification physique du signe négatif de l'énergie  $E_n$  ?

2. Ecrire une relation entre  $E_2$ ,  $E_1$  et  $\nu_{2 \rightarrow 1}$ .

3. Calculer (en joules puis en **eV**) la valeur de la constante  $E_0$ .

4. Lors la transition du niveau d'énergie  $E_3$  vers le niveau d'énergie  $E_1$ , l'atome d'hydrogène émet une radiation de longueur d'onde  $\lambda_{3 \rightarrow 1}$ , la fréquence de cette radiation est notée  $\nu_{3 \rightarrow 1}$ .

a. Etablir une relation littérale entre  $\nu_{3 \rightarrow 1}$ ,  $\nu_{3 \rightarrow 2}$  et  $\nu_{2 \rightarrow 1}$ .

b. En déduire la valeur de la fréquence  $\nu_{3 \rightarrow 2}$ .

**Exercice n°4 :**

Les niveaux d'énergies des atomes sont quantifiés. La **figure 2** représente le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.

1. a. Définir :

- l'énergie d'ionisation d'un atome.
- l'énergie de l'état fondamental d'un atome.

b. Que signifie l'expression: "Les niveaux d'énergies des atomes sont quantifiés" ?

2. On considère les transitions de l'atome d'hydrogène représentées par les flèches (1) et (2).

a. En justifiant, attribuer à chaque flèche (1) et (2) le mécanisme correspondant (absorption ou émission).

b. Calculer les longueurs d'ondes  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  correspondantes aux transitions (1) et (2).

3. L'atome d'hydrogène est dans son premier niveau excité. Quelle est la valeur (en eV) de l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par collision son ionisation ?

4. a. Rappeler les caractéristiques du photon (charge, masse et célérité dans le vide) ?

b. L'atome d'hydrogène, pris dans son niveau fondamental, reçoit successivement deux photons (a) et (b) dont les longueurs d'ondes associées sont  $\lambda_a=97,35\text{nm}$  et  $\lambda_b=89,94\text{nm}$ .

- Préciser s'il y a interaction ou non entre chacun des photons (a) et (b) et l'atome l'hydrogène ? Justifier la réponse.

- Indiquer, s'il y a lieu, le niveau énergétique dans lequel se trouve l'atome d'hydrogène juste après interaction.

**Exercice n°5 :**

Le diagramme énergétique ci-contre représente certains niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.

On donne la relation de Bohr relative à l'atome d'hydrogène :

$$E_n(\text{eV}) = \frac{-13,6}{n^2} \text{ avec } n \in \mathbb{N}^* \text{ et } E_n \text{ est l'énergie du niveau } n.$$

1. a. Compléter le tableau suivant :

$n$	1	2	3	4	$\rightarrow \infty$
$E_n(\text{eV})$					
$E_n(10^{-19}\text{J})$					

b. En déduire du tableau, les valeurs en (eV) :

- de l'énergie d'ionisation.
- de l'énergie de l'état fondamental.
- de l'énergie du premier état excité.

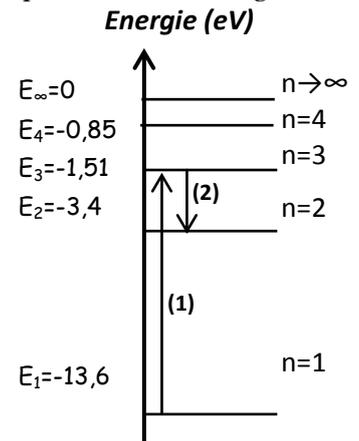
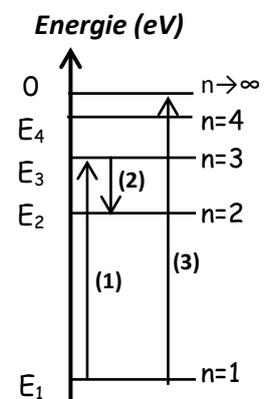


Figure 2



2. **a.** Attribuer, à chaque flèche (1) et (2), le mécanisme absorption ou émission.  
**b.** Calculer les longueurs d'ondes  $\lambda_{(1)}$  et  $\lambda_{(2)}$  correspondantes aux transitions (1) et (2).
3. **a.** Quelle est l'énergie cinétique minimale  $E_{c,min}$  d'un électron projectile capable de provoquer par choc la transition d'un atome d'hydrogène de son état fondamental à son deuxième état excité ?  
**b.** L'atome d'hydrogène précédemment excité, revient à son état fondamental avec émission de deux radiations de longueurs d'ondes  $\lambda$  et  $\lambda'$ .  
 Sachant que ( $\lambda < \lambda'$ ), déterminer les valeurs (en nm) de  $\lambda$  et  $\lambda'$ .
4. L'atome d'hydrogène, pris dans son niveau excité  $n=2$ , reçoit successivement deux photons (**a**) et (**b**) dont les longueurs d'ondes associées sont  $\lambda_a=310\text{nm}$  et  $\lambda_b=620\text{nm}$ .  
 - Préciser, en justifiant, s'il y a interaction ou non entre ces photons et l'atome l'hydrogène ?  
 - Indiquer, s'il y a lieu, le niveau d'énergie dans lequel se trouve l'atome d'hydrogène après interaction.

**Exercice n°6 :**

Dans un état donné, l'atome d'hydrogène possède l'énergie (exprimé en eV) :

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2}, \quad \text{avec } n \in \mathbb{N}^*.$$

1. **a.** Reproduire et compléter le tableau en calculant l'énergie  $E_n$  :

Niveau $n$	1	2	3	4	5	6	$+\infty$
$E_n$ (eV)							

- b.** Donner les noms des niveaux  $n=1$  et  $n=+\infty$ .
2. Montrer que lorsque l'atome d'hydrogène transite d'un niveau d'énergie  $E_p$  à un niveau d'énergie  $E_q$  tel que  $p > q$ , il libère de l'énergie sous une forme que l'on précisera ?
3. Dans le cas où le niveau inférieur de la transition est le niveau fondamental caractérisé par  $q=1$ .  
**a.** Montrer que la radiation émise par l'atome d'hydrogène a une longueur d'onde :  

$$\lambda_{p \rightarrow 1} = 91,2 \frac{1}{1 - \frac{1}{p^2}} \quad \text{en nm, avec } p \text{ entier } \geq 2.$$
- b.** Calculer les valeurs de :  $\lambda_{2 \rightarrow 1}$  et  $\lambda_{3 \rightarrow 1}$ .  
**c.** Vérifier que si l'entier  $p$  tend vers l'infinie alors la longueur d'onde tend vers une valeur limite  $\lambda_{lim}$  que l'on déterminera.  
 En déduire la signification physique de  $\lambda_{lim}$ .
4. Lorsque l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental reçoit un photon dont la longueur d'onde associée est  $\lambda = 95,0 \text{ nm}$ .  
 \* Préciser, en justifiant, si cette radiation sera absorbée ou non par l'atome d'hydrogène.  
 \* Dans l'affirmative, identifier le nouvel état excité  $E_p$ .