Taki Academy
www.takiacademy.com

Sciences physiques

**Classe :** $4^{ème}$ **Math (Gr Standard)**

**Série 45 corrigée** **physique (spectre atomique)**

*Prof : Karmous Med*

## Exercice 1 : 20min

(Bacc 2012 - 4è Sc.exp - Session principale - 3 pts)

L'analyse du spectre de l'atome d'hydrogène (**figure 1**), dont le diagramme des niveaux d'énergie est représenté sur la **figure 2** révèle la présence de raies de longueur d'onde $\lambda$ bien déterminées.

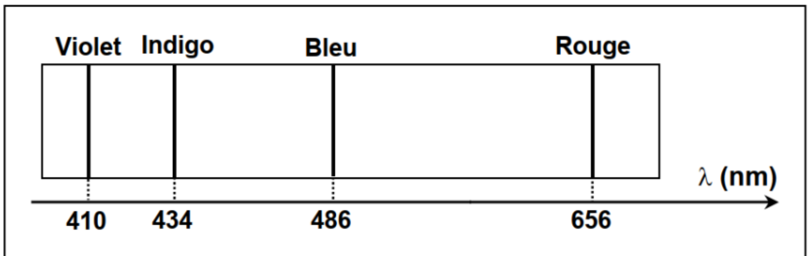



Figure 1

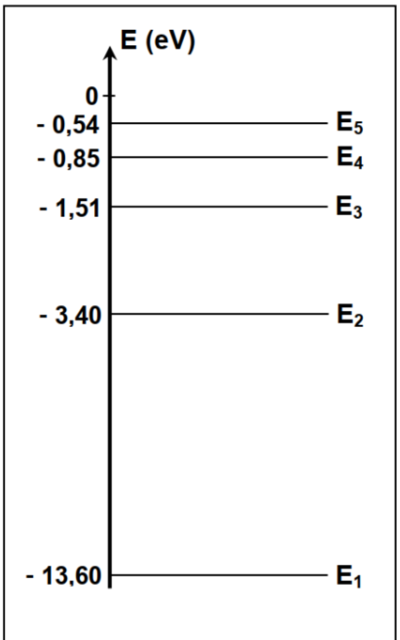



Figure 2

1. Préciser, en le justifiant, si le spectre analysé est un spectre :
   a) continu ou bien discontinu,
   b) d'émission ou d'absorption.
2. Expliquer le qualificatif « quantifié » attribué à l'énergie d'un atome d'hydrogène.
3. a) Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène perd ou bien gagne de l'énergie quand il passe du niveau $E_5$ au niveau $E_2$.
   b) Déterminer la longueur d'onde de la radiation émise au cours de cette transition et identifier sa couleur.
4. Déterminer la transition qui amène l'atome d'hydrogène au niveau d'énergie $E_2$ avec émission d'une lumière bleue.
5. Déterminer l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène.

On donne . Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s . Célérité de la lumière : $C = 3.10^{8}$ m.s$^{-1}$ . 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J

## Exercice2: 30min

**Bacc 2008 - 4è M, Sc & T - Session principale - 4 pts )**

Le diagramme de la **figure 1** est un diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium, où $E_0$ est l'état fondamental et $E_1$, $E_2$, $E_3$, $E_4$ et $E_5$ sont des états excités.

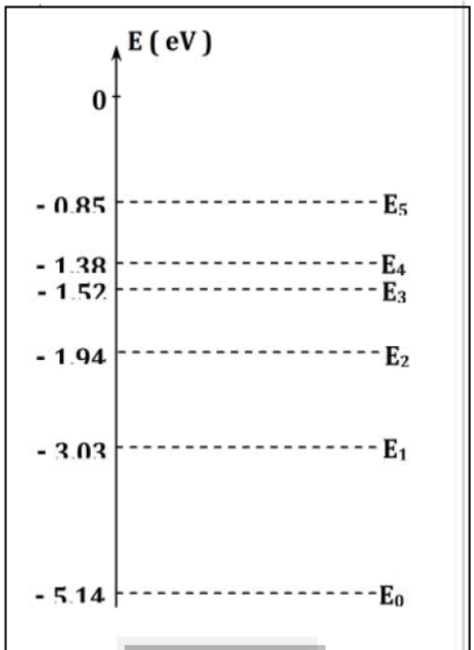



Figure 1

Dans une lampe à vapeur de sodium, les atomes sont excités par un faisceau d'électrons. Lors de leur retour à l'état fondamental, l'énergie qui a été absorbée est restituée sous forme de radiations lumineuses. L'analyse de la lumière émise par cette lampe révèle un spectre formé de raies colorées correspondant à des longueurs d'onde bien déterminées, comme le montre la **figure 2**.

1- a- Indiquer si le spectre obtenu est un spectre d'émission ou bien d'absorption et s'il est continu ou bien discontinu.

b- Préciser, en le justifiant, si le même spectre peut être obtenu avec l'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure.

2- La raie la plus intense du spectre de la lampe à vapeur de sodium a pour longueur d'onde $\lambda$ = **589,0 nm**.

**a-** Calculer la fréquence $\nu$ de cette raie ainsi que l'énergie correspondante en **eV**.

**b-** Reproduire le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium et y indiquer par une flèche, la transition qui a donné cette raie sachant qu'elle correspond à un retour à l'état fondamental $E_0$.

Justifier la réponse.

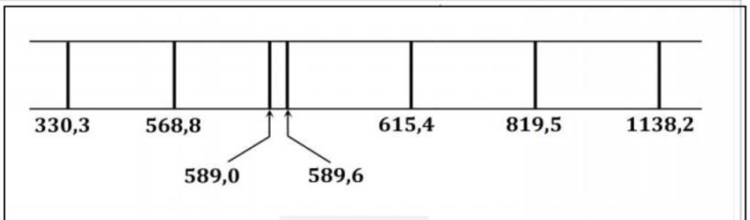



**Figure 2**

3- Parmi les quantums d'énergie $\Delta E$ = **3,62 eV** et $\Delta E'$ = **4 eV**, préciser, en le justifiant, celui qui convient pour faire passer un atome de sodium de l'état fondamental à un état excité que l'on déterminera.

4- Déterminer la valeur du quantum d'énergie qu'il faut fournir à l'atome de sodium pour le faire passer de l'état fondamental à l'état ionisé.

**On donne :**

* Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s * Célérité de la lumière : $c = 3.10^{8}$ m.s$^{-1}$ * Charge électrique élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C

## Exercice3: 25min

**Bacc 2009 - 4è M, Sc & T - Session de contrôle - 3,5 pts )**

On rappelle que dans un état donné, l'atome d'hydrogène possède l'énergie :

$$E_n = -\frac{13,}{n^2}$$ , avec $n \in \varsigma^*$ et $E_n$ exprimée en **eV**.

**1- a-** Définir l'état fondamental d'un atome.

**b-** Calculer l'énergie de l'atome d'hydrogène dans son état fondamental.

**2-** Montrer que lorsqu'il passe d'un niveau d'énergie $E_q$ à un niveau d'énergie $E_p$ tel que **p** est inférieur à **q**, l'atome d'hydrogène libère de l'énergie sous une forme que l'on précisera.

**3-** Dans le cas où le niveau inférieur $E_p$ de la transition est caractérisé par **p = 2** :

**a-** Montrer que la lumière émise par l'atome d'hydrogène a une longueur d'onde :

$$\lambda = \frac{0{,}36}{1 - \frac{4}{q^2}}$$ en **µm**, avec **q entier ≥**

**b-** Sachant que toute radiation visible a une longueur d'onde $\lambda$ telle que : $\lambda_{Vi} \le \lambda \le \lambda_R$ où :

$\lambda_{vi}$ = **0,400 µm** pour la lumière violette,

$\lambda_R$ = **0,750 µm** pour la lumière rouge,

montrer que le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène renferme des raies visibles pour quatre valeurs de **q** que l'on déterminera.

**4-** Effectivement, les raies visibles du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène sont au nombre de quatre et correspondent aux radiations de longueurs d'onde :

$\lambda_a$ = **0,657 µm** , $\lambda_b$ = **0,486 µm** , $\lambda_c$ = **0,434 µm** et $\lambda_d$ = **0,410 µm**.

**a-** Préciser, en justifiant la réponse, si l'atome d'hydrogène pris dans son état excité $E_2$ est capable d'absorber une radiation monochromatique de longueur d'onde $\lambda$ = **0,434 µm**.

**b-** Dans l'affirmative, identifier le nouvel état excité $E_q$ par la détermination de **q**.

## Exercice4: 25min

L'atome d'hydrogène est formé d'un seul électron en mouvement autour d'un proton. Les niveaux d'énergie électronique sont quantifiés. Ils sont donnés par la relation suivante : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ où n est un entier naturel non nul et $E_0$=13,6eV.

Cet atome peut passer d'un niveau n d'énergie $E_n$ à un niveau p d'énergie $E_p$.

**1) a**- Calculer les énergies de l'état fondamental, des trois premiers états excités et de l'état ionisé. Représenter le diagramme d'énergie de l'atome d'hydrogène en ne faisant figurer que les états précédents.

**b** - Donner la définition de l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène et calculer sa valeur en joule (J).

***Données** :*

*constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s*

*célérité de la lumière dans le vide: $c = 3.10^{8}$m. $s^{-1}$*

*1eV =$1{,}6.10^{-19}$J*

**2) a**-Nommer le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau n à un niveau p.

**b** - Décrire brièvement le spectre obtenu dans chacun des cas suivants : n>p et n<p.

**3)** On considère le passage de l'atome d'hydrogène du niveau n au niveau p tels que n>p.

**a**-Montrer que la longueur d'onde λ, de la radiation correspondante à cette transition, s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0}\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right).$$

$\lambda_0$ est une constante.

**b**-Déterminer la valeur de $\lambda_0$.

**4)** L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de quatre radiations de longueur d'onde : $\lambda_1$ =657 nm , $\lambda_2$ =486 nm , $\lambda_3$ = 434nm , $\lambda_4$ =410 nm .

Sachant que le niveau final est p=2, préciser les niveaux n correspondant aux transitions qui ont émis les radiations précédentes.

**5) a**- Un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental peut-il absorber un photon d'énergie 3,39 eV ?

**b**- Expliquer ce qui se passe lorsqu'un atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental, reçoit un photon ayant une longueur d'onde $\lambda$=0,103 .$10^{-6}$m.

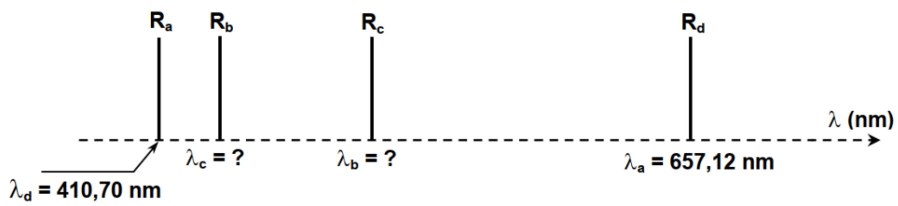
**6)** Si l'électron de l'hydrogène est excité au niveau n=4, combien de raies différentes peuvent-elles être émises lors du retour à l'état fondamental ? Représenter les transitions correspondantes.

## Exercice5: 25min

(Bacc 2012 - 4è M - Session principale - 4 pts)

La longueur d'onde λ d'une radiation appartenant au spectre visible vérifie : **400 nm** ≤ λ ≤ **750 nm**.

Sur la figure ci-dessous, on a représenté le spectre de l'atome d'hydrogène dans la partie visible. Ce spectre est constitué de quatre raies notées $\mathbf{R_a}$, $\mathbf{R_b}$, $\mathbf{R_c}$ et $\mathbf{R_d}$ de longueurs d'onde respectives dans le vide : $\lambda_a$ = **657,12 nm** , $\lambda_b$ , $\lambda_c$ et $\lambda_d$ = **410,70 nm**.




L'énergie, exprimée en **eV**, d'un niveau **n** d'énergie de l'atome d'hydrogène, est donnée par :

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$$ , où **n** est un nombre entier naturel non nul.

**1. a)** Lorsque les atomes d'hydrogène, préalablement excités, passent d'un état d'énergie caractérisé par **n** > **2** à l'état d'énergie caractérisé par **n = 2**, ils restituent de l'énergie en émettant des photons correspondants à des radiations de longueur d'onde $\lambda_n$.

Montrer que la longueur d'onde satisfait à la relation :

$$\lambda_n = 365{,}07\ \frac{n^2}{n^2 - 4} \qquad (\text{en nm})$$

**b)** Préciser, en le justifiant, les valeurs possibles de **n** qui correspondent aux raies précédentes.

En déduire les valeurs de $\lambda_b$ et $\lambda_c$.

**2.** On considère l'émission d'une raie $R_f$ qui correspond au passage de l'atome d'hydrogène du niveau $n_2 = 2$ au niveau $n_1 = 1$ ou état fondamental.

**a)** Déterminer la valeur de la longueur d'onde $\lambda_f$ de la radiation $R_f$.

**b)** Préciser, en le justifiant, si cette radiation est visible ou non.

**3.** Maintenant, on fournit à l'atome d'hydrogène pris dans son état fondamental, un quantum d'énergie **E = 2,38 eV**.

Préciser, en le justifiant, si l'atome d'hydrogène peut absorber le photon correspondant.

# Correction

## Exercice1: 20min

**1. a-** Le spectre de l'atome d'hydrogène est discontinu car il renferme un nombre limité de raies entre lesquels, il y a du noir ; c'est-à-dire absence de la lumière.

**b-** Spectre d'émission car il est de raies colorées.

**2.** Quantifiée : signifie que l'énergie prend une suite de valeurs discrètes.

**3.a-** En passant du niveau $E_5$ au niveau $E_2$ ; l'atome d'hydrogène perde de l'énergie car $E_2$ est supérieure à $E_5$ vue que

$$\Delta E = E_5 - E_2 = \frac{hc}{\lambda} \succ 0$$

**b-**La longueur d'onde $\lambda$, sachant que

$$\Delta E = E_5 - E_2 = \frac{hc}{\lambda_{5,2}} \rightarrow \lambda_{5,2} = \frac{hc}{E_5 - E_2}$$

$\lambda$ = 434nm, couleur indigo

**4.** La transition qui amène l'atome d'hydrogène au niveau d'énergie $E_2$

$$\Delta E = E_n - E_2 = \frac{hc}{\lambda_{n,2}} \rightarrow E_n - E_2 = -0{,}85\text{eV} \Rightarrow n = 4$$

**5.** L'atome d'hydrogène est ionisée pour En nulle c'est-à-dire $n \rightarrow \infty$, d'où $E_n$-$E_0$= +13,6eV (énergie d'ionisation).

## Exercice2: 30min

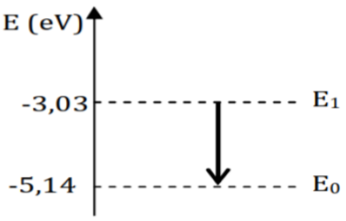
**1-a-** Le spectre obtenu (spectre de la figure 5) est un **spectre d'émission discontinu**.

**b-** On sait que le spectre d'émission est une caractéristique de l'atome, il constitue sa "carte d'identité". Donc, on ne peut obtenir le même spectre par l'analyse de la lumière émise par une lampe à vapeur de mercure.

**2-a-** **(= c/( ,ce qui équivaut : (= c/(** ; W = h ν

A.N. **ν = 5,09.10$^{14}$ Hz** ; **W = 2,11 eV.**

**b-** W est l'énergie émise par l'atome lors de la transition d'un état excité d'énergie $E_n$ vers l'état fondamental $E_0$, c'est-à-dire : $W = E_n - E_0$.
Par conséquent $E_n = W + E_0 = -3{,}03$ eV
Or, la valeur (- 3,03 eV) n'est autre que celle de l'énergie de l'état excité $E_1$ (Fig.4).
Donc, il s'agit de la transition du niveau d'énergie $E_1$ au niveau d'énergie $E_0$.




**3-** $E_n = \Delta E + E_0$

$\Delta E$ ne convient que si elle donne pour $E_n$ une valeur qui figure dans le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome de sodium (diagramme de la figure 4).

* Avec $\Delta E$ = 3,62 eV, on a $E_n$ = 3,62 – 5,14 = - 1,52 eV : valeur de $E_3$ de la figure 4.
* Avec $\Delta E$ = 4 eV, on a $E_n$ = 4 – 5,14 = - 1,14 eV : valeur ne correspondant à aucun niveau d'énergie du diagramme de la figure 4.

**Donc, ($\Delta E$ = 3,62 eV) est la valeur convenable : elle fait passer l'atome de sodium de l'état fondamental $E_0$ à l'état excité $E_3$.**

**4-** Soit $\Delta E_{0i}$ le quantum d'énergie qu'il faut fournir pour faire passer un atome de sodium de l'état fondamental $E_0$ à l'état ionisé $E_i$ :
$\Delta E = E_i - E_0$.
Or, à l'at ionisé, $E_i = 0$, ce qui donne :

**E = + 5,14 eV**

## Exercice3: 25min

**1-a-** L'état fondamental d'un atome est l'état le plus stable, état caractérisé par le niveau d'énergie le plus bas.

**b-** $E_n = -\dfrac{13{,}6}{n^2}$

A l'état fondamental, n = 1 ⇒ **E = -13,6 eV**.

**2-** Pour un niveau p, l'énergie de l'atome d'est $E_p = -\frac{13{,}6}{p^2}$ et pour un niveau q, l'énergie de l'atome est $E_p = -\frac{13{,}6}{q^2}$.

p étant inférieur à q, il s'en suit Eq > Ep, ce qui donne : $-\frac{13{,}6}{q^2} > -\frac{13{,}6}{p^2}$.

Donc, il y a, lors d'une telle transition, perte d'énergie. Celle-ci est libérée par l'atome sous forme rayonnement.

**3-a-**

$W = -\frac{13{,}6}{q^2} + \frac{13{,}6}{p^2}$.

$W = \frac{h.c}{\lambda}$ et p = 2, il vient :

$\frac{h.c}{\lambda} = 13{,}6\left(-\frac{1}{q^2} + \frac{1}{4}\right)$, d'où :

$\lambda = \dfrac{h.c}{13{,}6\left(-\frac{1}{q^2}+\frac{1}{4}\right)}$.

$\lambda = \dfrac{6{,}62.10^{-34}.3.10^{8}}{13{,}6.1{,}6.10^{-19}\,4.\left(1-\frac{4}{q^2}\right)} = \dfrac{0{,}365.10^{-6}}{\left(1-\frac{4}{q^2}\right)}$ en m.

En μm, on obtient : $\lambda = \dfrac{0{,}365}{\left(1-\frac{4}{q^2}\right)}$, avec q ≥ 3.

**b-** $\lambda_V \leq \lambda \leq \lambda_R$ signifie $\lambda_V \leq \dfrac{0{,}365}{\left(1-\frac{4}{q^2}\right)} \leq \lambda_R$

Avec $\lambda_V$ = 0,4 μm et $\lambda_R$ = 0,750 μm, on obtient 2,75 ≤ q ≤ 6,76 . Donc, q ∈ {3,4,5,6}.

Par suite, le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène dans le visible est composé de quatre raies.

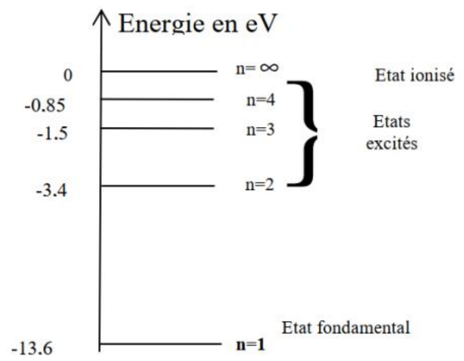
**4-a-** La valeur de λ est égale à celle de λc (λ = λc). Donc, l'atome H est capable d'absorber cette radiation monochromatique.

**b-** De la relation $\lambda = \dfrac{0{,}365}{\left(1-\frac{4}{q^2}\right)}$, on obtient

$$q = \frac{2}{\sqrt{1-\frac{0{,}365}{\lambda}}}.$$

Avec λ = 0,434 μm, on trouve **q = 5**.

## Exercice4: 25min

| | | |
|---|---|---|
| **1)a** |  | 0, 5 |
| **b-** | L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est l'énergie minimale qu'il faut fournir à l'atome pris dans son état fondamental pour arracher son électron (obtenir un électron au repos et infiniment éloigné du proton) : soit $E_i$ = 13,6 eV.<br>=>$E_i = 13{,}6\ .\ 1{,}6\ .\ 10^{-19}$ J $= 2{,}176\ .\ 10^{-18}$ J | 0,5 |
| **2) a-** | Transition | 0,25 |
| **b-** | **n > p :** on observe un spectre d'émission formé de raies colorées<br>**n < p :** on observe un spectre d'absorption formé de raies noires | 0,5 |
| **3) a-** | $\Delta E = E_n - E_p = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$<br>$\frac{hc}{\lambda} = E_0(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2})$ => $\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{\lambda_0}(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2})$ | 0,25 |
| **b-** | $\lambda_0 = \frac{hc}{E_0} = 91{,}27.10^{-9} m$ | 0,25 |
| 4) | $\frac{1}{\lambda_n} = \frac{1}{\lambda_0}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$ => $n = \sqrt{\frac{4.\lambda_n}{\lambda_n - 4\lambda_0}}$<br>$\lambda_1$--> $n_1$=3 ; $\lambda_2$ --> $n_2$=4 ; $\lambda_3$ --> $n_3$=5 ; $\lambda_4$ --> $n_4$=6 | 0,5 |
| **5) a-** | Si l'atome H peut absorber un photon d'énergie 3,39 eV à partir de son état fondamental, il doit transiter vers le niveau d'énergie supérieure de valeur $E$ = -13,6 + 3,39 = -10,2 eV qui n'existe pas =>impossible d'absorber ce photon. | 0,25 |
| b- | Si l'atome H peut absorber un photon de longueur d'onde λ = 103 nm à partir de son état fondamental, l'énergie du photon absorbé vaut : $E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$ = 12,1 eV .<br>L'atome transite alors vers l'état de niveau :E= -13,6 + 12,1 = -1,5 eV<br>Cet état d'énergie existe => possible d'absorber un tel photon. | 0,25 |

## Exercice5: 25min

***1 – a –***

$$\frac{h.c}{\lambda_n} = E_n - E_2$$

Donc

$$\lambda_n = \frac{h.c}{E_n - E_2} = \frac{6{,}62.10^{-34}.3.10^8.1\,10^9}{\left(-\frac{13{,}6}{n^2} + \frac{13{,}6}{4}\right).1{,}6.10^{-19}}$$

$$= \frac{6{,}62.10^{-34}.3.10^8.110^9}{13{,}6.\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right).1{,}6.10^{-19}}$$

$$= 365{,}07.\frac{n^2}{n^2-4}.$$ avec $\lambda_n$ *en nm.*

**1 – b –**
$410,70 \leq \lambda_n \leq 657,12$
ce qui implique
$410,70 \leq 365,07.\frac{n^2}{n^2-4} \leq 657,12$
ce qui induit à
$3 \leq n \leq 6.$

| n | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|
| $\lambda_n(nm)$ | $\lambda_a = 657,12$ | $\lambda_b = 486,76$ | $\lambda_c = 434,60$ | $\lambda_d = 410,70$ |

**2 – a –**
$$\lambda_f = \frac{h.c}{E_2 - E_1}$$
A.N :
$\lambda_f = 121,69\ nm.$

**2 – b –**
$\lambda_f \notin [400\ nm ; 750\ nm]$
Cette radiation n'appartient pas au spectre du visible.
Cette radiation n'est pas alors visible.

**3 –**
Le photon obéit à la loi de tout ou rien. C'est-à-dire que l'énergie apportée par le photon, est absorbée totalement, si elle coïncide exactement au passage de l'atome de son état fondamental à un état excité bien déterminé d'énergie $E_p$ existant dans le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome. Si cette énergie absorbée est supérieure à l'énergie d'ionisation de l'atome $E = 13,6\ eV$ dans ce cas l'atome absorbe cette énergie et le reste, s'il y en a, est communiqué à l'électron pour qu'il soit éjecté de l'atome.
$E_n = E_1 + E$ avec :
$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ $et$ $E_1 = -13,6\ eV.$
On peut alors exprimer n :
$$n = \sqrt{\frac{E_1}{E_1+E}}$$
N est compris entre 1,25 et 1,33 qui n'est pas entier
A.N : donne la valeur $n = 1,1.$
n n'est pas un entier. Cette radiation ne peut pas être absorbée.