

L'épreuve comporte **deux exercices** de chimie et **trois exercices** de physique répartis sur **quatre pages** numérotées de 1/4 à 4/4

Chimie : • Exercice 1 : Pile .
• Exercice 2 : Pile .

Physique : • Exercice 1 : Radioactivité .
• Exercice 2 : Radioactivité .
• Exercice 3 : Exercice documentaire .

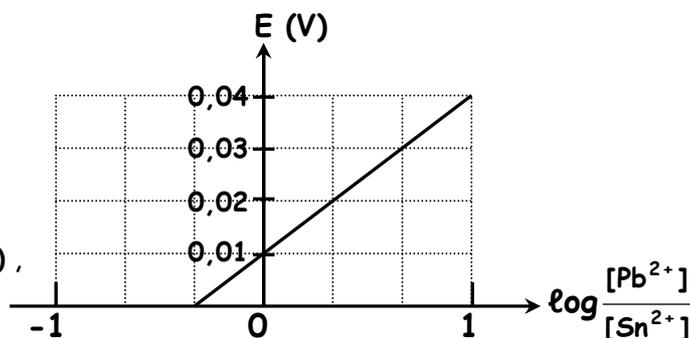
CHIMIE (7 points)

Exercice 1 (3 points)

Avec les deux couples $\text{Sn}^{2+} | \text{Sn}$ et $\text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$, on réalise la pile symbolisée par $\text{Sn} | \text{Sn}^{2+} || \text{Pb}^{2+} | \text{Pb}$.

- 1°) a) Ecrire l'équation de la réaction associée à cette pile.
b) Donner l'expression de la f.é.m. E de la pile en fonction de sa f.é.m. standard (normale) E° et des concentrations molaires $[\text{Pb}^{2+}]$ et $[\text{Sn}^{2+}]$.

- 2°) On fait varier les concentrations $[\text{Pb}^{2+}]$ et $[\text{Sn}^{2+}]$ et on mesure la f.é.m. E de la pile correspondante à 25°C . On obtient alors la courbe représentée ci-contre.



- a) En exploitant la courbe $E = f\left(\log \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Sn}^{2+}]}\right)$, déterminer la valeur de la f.é.m. standard (normale) E° de la pile et la constante d'équilibre K de l'équation chimique associée.

- b) Déduire lequel des deux métaux est le plus réducteur.

Exercice 2 (4 points)

On réalise la pile symbolisée par : $\text{Ba} | \text{Ba}^{2+} (10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}) || \text{Ca}^{2+} (10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}) | \text{Ca}$.

- 1°) a) Faire le schéma de la pile avec toutes les indications nécessaires.
b) Préciser le rôle du pont salin. Peut-on le remplacer par un fil conducteur ?
c) Ecrire l'équation de la réaction associée à cette pile.
- 2°) a) Sachant que la f.é.m. standard (normale) de cette pile est $E^\circ = 0,03 \text{ V}$, déterminer la valeur du potentiel standard d'électrode $E^\circ(\text{Ba}^{2+}/\text{Ba})$ du couple Ba^{2+}/Ba .
On donne : $E^\circ(\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}) = - 2,87 \text{ V}$.
- b) Schématiser avec toutes les indications nécessaires, la pile permettant de mesurer le potentiel standard d'électrode $E^\circ(\text{Ca}^{2+} / \text{Ca})$. Donner son symbole.



3°) On relie les électrodes de la pile relative à la question 1°) à un conducteur ohmique .

a) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit spontanément .

b) On laisse la pile débiter ; on constate qu'après une durée Δt , la valeur de la f.é.m. de la pile devient $E = 0,03 \text{ V}$. Calculer les concentrations des ions Ba^{2+} et des ions Ca^{2+} après cette durée Δt .

On suppose que les deux solutions des deux demi-piles ont même volume V .

4°) Après une durée $\Delta t'$, on constate que la pile ne débite plus du courant .

On désire **inverser** la polarité de la pile . Pour cela , on ajoute de l'eau distillée dans l'un des compartiments de la pile sans toucher à l'autre .

Dire , en justifiant votre réponse , dans quel compartiment il faut ajouter l'eau .

PHYSIQUE (13 points)

Exercice 1 (3 points)

Un noyau de béryllium ${}^4_{10}\text{Be}$ se désintègre par radioactivité β^- . Il donne le bore de symbole B .

1°) Ecrire l'équation de sa désintégration en précisant les lois utilisées .

2°) Expliquer l'origine de la particule β^- .

3°) On a suivi la décroissance de la masse m d'un échantillon de béryllium (**figure -3-**) .

a) Etablir l'expression du nombre N de noyaux présents à l'instant t en fonction du nombre N_0 de noyaux présents à l'instant $t = 0$ et de la constante radioactive λ .

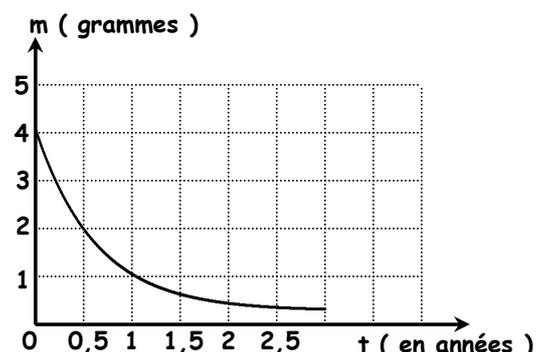
b) En déduire que la masse m de l'échantillon à l'instant t et la masse initiale m_0 à $t = 0$, vérifient la relation suivante : $m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}$.

4°) a) Donner la définition de la période radioactive T .

b) Déduire la relation entre la période radioactive T et la constante radioactive λ d'un radioélément .

5°) a) Déterminer graphiquement la période radioactive T du béryllium .

b) Déduire la valeur de λ .



Exercice 2 (5 points)

Données :

| Symbole | ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ | ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ | Particule p | neutron | proton |
|--|--------------------------|--------------------------|-------------|---------|--------|
| Masse [en unité de masse atomique (u)] | 225,9771 | 221,9704 | 4,0015 | 1,0086 | 1,0073 |

Célérité de la lumière : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{C}^{-2}$.

1°) Le noyau de radium est représenté par ${}^{226}_{88}\text{Ra}$.

a) Enumérer les constituants de ce noyau .

b) Exprimer puis calculer son énergie de liaison par nucléon $E_l({}^{226}_{88}\text{Ra})$ en $\text{MeV}/\text{nucléon}$.

c) Sachant que l'énergie de liaison E_l du radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ est $E_l({}^{222}_{86}\text{Rn}) = 1713,33 \text{ MeV}$.

Comparer la stabilité de ces deux noyaux .



2°) Le radium $^{226}_{88}\text{Ra}$ est radioactif. Il donne le noyau de radon $^{222}_{86}\text{Rn}$ avec émission d'une particule **p**.

a) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration qui se produit. Identifier la particule **p** émise et dire s'il s'agit d'une réaction spontanée ou provoquée.

b) Déterminer la variation de masse Δm qui accompagne la réaction de désintégration.

c) Préciser, en le justifiant, si cette réaction libère ou consomme de l'énergie.

Calculer cette énergie **W** en **MeV**.

3°) On admet que l'énergie libérée par la réaction ($|W| = 4,84 \text{ MeV}$) est communiquée à la particule **p** et au noyau fils **Rn** sous forme d'énergie cinétique et que le rapport des énergies cinétiques de la particule **p** et du noyau fils **Rn** est donné par : $\frac{E_c(\text{Rn})}{E_c(\text{p})} = \frac{m_p}{m_{\text{Rn}}}$.

a) Calculer en **MeV** la valeur de l'énergie cinétique $E_c(\text{p})$ de la particule **p**.

b) En réalité, on constate que certaines particules **p** émises ont une énergie cinétique $E'_c(\text{p})$ inférieure à celle déjà calculée. Expliquer l'origine de cet écart. Sous quelle forme se manifeste-t-il ?

Exercice documentaire (5 points)

« Comme toute étoile, le Soleil est une énorme sphère de gaz très chaud qui produit de la lumière. [...]

La photosphère (surface du Soleil), bien observable en lumière visible, est à une température d'environ 5500°C .

Si le Soleil était sans atmosphère, le spectre de la lumière émise serait continu.

En 1814, le physicien allemand J. FRAUNHOFER remarque dans le spectre du Soleil, une multitude de raies noires dues à la présence d'une atmosphère autour du Soleil, appelée chromosphère, qui s'étend sur 2000 km d'épaisseur environ.

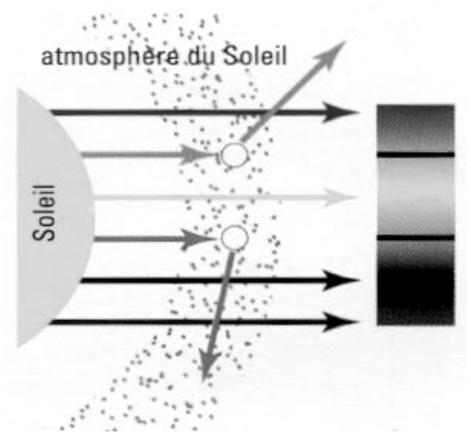
Les atomes présents dans cette chromosphère « interceptent » leurs radiations caractéristiques qui seront donc absentes du spectre vu depuis la Terre.

Entre 300 nm et 700 nm, il existe plus de 20000 raies répertoriées.

L'analyse spectrale permet de connaître la composition chimique détaillée et précise du Soleil. Tous les éléments connus sur Terre y sont présents, certains à l'état de trace.

En fraction de masse, les deux éléments les plus abondants sont l'hydrogène (78,4 %), l'hélium (19,6 %) et 2% d'autres éléments ».

Extrait de « L'astronomie » de Michel MARCEUN ; Éd. Hachette



Partie A

1°) En se référant au texte, donner la raison pour laquelle le spectre du Soleil présente une multitude de raies noires.

2°) Le spectre d'émission ou d'absorption constitue la « carte d'identité » d'un élément chimique. Relever du texte la phrase qui traduit cette affirmation.

3°) Nommer l'appareil qu'on utilise pour obtenir un spectre de raies. Préciser la **pièce maîtresse** (indispensable) faisant partie des éléments de cet appareil.



Partie B

1°) On s'intéresse maintenant , au spectre de l'atome d'hydrogène , élément le plus abondant dans la chromosphère .

On rappelle que la quantification de l'énergie de l'atome d'hydrogène se traduit par la relation :

$$E_n = -\frac{E_0}{n^2} \text{ avec } -E_0 = -13,6 \text{ eV et } n \in \mathbf{N}^* .$$

a) Donner la signification physique du terme « **quantification** » de l'énergie .

b) Représenter le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène .

On se limitera aux **4** premiers niveaux d'énergie et au niveau $n = \infty$.

c) Préciser sur le diagramme précédent , les états dans lesquels se trouve l'atome d'hydrogène .

2°) Déterminer la fréquence ν de la radiation correspondant au passage de l'électron de l'atome d'hydrogène du niveau d'énergie E_4 au niveau E_3 . Préciser s'il s'agit d'une émission ou d'une absorption de photon .

3°) L'atome d'hydrogène étant dans l'état correspondant au niveau d'énergie E_3 , il reçoit un photon d'énergie $W = 3,51 \text{ eV}$.

Montrer que l'électron est arraché . Déterminer en **eV** son énergie cinétique E_c .

On donne : constante de Planck $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$;

célérité de la lumière $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Exercice 1 (3 points)

1°) a) L'éq. de la réaction associée s'écrit : $\text{Sn} + \text{Pb}^{2+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + \text{Pb}$

b) $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Pb}^{2+}]}$

2°) a) $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Sn}^{2+}]}{[\text{Pb}^{2+}]} \Rightarrow E = 0,03 \log \frac{[\text{Pb}^{2+}]}{[\text{Sn}^{2+}]} + E^\circ$. Donc , $E^\circ = 0,01 \text{ V}$

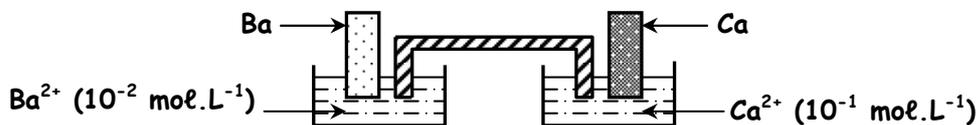
Lorsque la pile est usée , $E = 0$ et $\frac{[\text{Sn}^{2+}]_{\text{éq.}}}{[\text{Pb}^{2+}]_{\text{éq.}}} = K$.

D'après la courbe , $\log \frac{[\text{Pb}^{2+}]_{\text{éq.}}}{[\text{Sn}^{2+}]_{\text{éq.}}} = -\frac{1}{3} \Rightarrow \log \frac{[\text{Sn}^{2+}]_{\text{éq.}}}{[\text{Pb}^{2+}]_{\text{éq.}}} = \frac{1}{3} \Rightarrow K = 10^{\frac{1}{3}} = 2,15$

b) $E^\circ > 0 \Rightarrow E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) - E^\circ(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) > 0 \Rightarrow \text{Sn réducteur plus fort que Pb}$

Exercice 2 (4 points)

1°) a)



b) Le rôle du pont salin est :

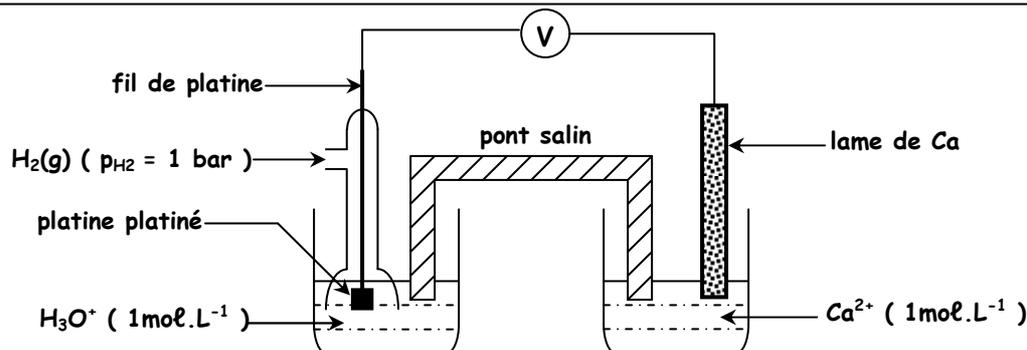
- fermer le circuit .
- assurer la neutralité électrique dans les deux compartiments .

Non , le pont salin ne peut pas être remplacé par un fil conducteur car ce dernier conduit le courant électrique (électrons) et non les ions .

c) L'éq. de la réaction associée s'écrit : $\text{Ba} + \text{Ca}^{2+} \rightleftharpoons \text{Ba}^{2+} + \text{Ca}$

2°) a) $E^\circ = E^\circ(\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}) - E^\circ(\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}) \Rightarrow E^\circ(\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}) = E^\circ(\text{Ca}^{2+}/\text{Ca}) - E^\circ$ soit $E^\circ(\text{Ba}^{2+}/\text{Ba}) = - 2,90 \text{ V}$

b)

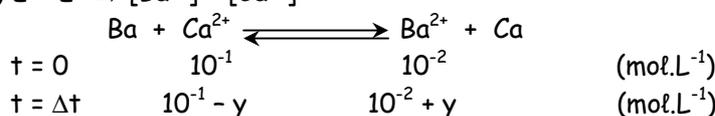


Le symbole de cette pile est $\text{Pt} | \text{H}_2(\text{g}) (\text{p}_{\text{H}_2} = 1 \text{ bar}) | \text{H}_3\text{O}^+ (1 \text{ mol.L}^{-1}) || \text{Ca}^{2+} (1 \text{ mol.L}^{-1}) | \text{Ca}$

3°) a) $E = E^\circ - 0,03 \log \frac{[\text{Ba}^{2+}]}{[\text{Ca}^{2+}]} = 0,03 - 0,03 \log \frac{10^{-2}}{10^{-1}}$ soit $E = 0,06 \text{ V}$

$E > 0 \Rightarrow$ sens direct possible spontanément : $\text{Ba} + \text{Ca}^{2+} \longrightarrow \text{Ba}^{2+} + \text{Ca}$

b) $E = E^\circ \Rightarrow [\text{Ba}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}]$

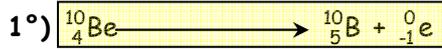


Or , $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] \Rightarrow 10^{-1} - y = 10^{-2} + y \Rightarrow y = 0,045 \text{ mol.L}^{-1}$. D'où $[\text{Ba}^{2+}] = [\text{Ca}^{2+}] = 0,055 \text{ mol.L}^{-1}$

4°) Si on ajoute de l'eau dans le compartiment de droite contenant les ions Ca^{2+} , $[\text{Ca}^{2+}] \searrow$. D'après la loi de modération, l'éq. est déplacé dans le sens qui fait augmenter $[\text{Ca}^{2+}] \Rightarrow$ sens inverse $\Rightarrow E' < 0$

PHYSIQUE

Exercice 1 (3 points)



Les lois utilisées sont : ♦ Conservation du nombre de masses .
♦ Conservation du nombre de charges .

2°) Le noyau ne contient pas d'électrons . Un neutron du noyau se transforme en un proton qui y reste et un électron qui sera alors émis selon l'éq. : ${}_0^1\text{n} \longrightarrow {}^1_1\text{H} + ({}^0_{-1}\text{e})$ → émission

3°) a) $-dN = N \cdot \lambda \cdot dt \Rightarrow \frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot dt \Rightarrow \int \frac{dN}{N} = - \int \lambda \cdot dt \Rightarrow \text{Ln}N = -\lambda t + K$

$A t = 0, N = N_0 \Rightarrow \text{Ln}N_0 = K$. D'où, $\text{Ln}N = -\lambda t + \text{Ln}N_0 \Rightarrow \text{Ln} \frac{N}{N_0} = -\lambda t \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} \Rightarrow \boxed{N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}}$

b) $m = m_{\text{noyau}} \cdot N$ et $m_0 = m_{\text{noyau}} \cdot N_0$. Il s'en suit $\boxed{m = m_0 \cdot e^{-\lambda t}}$

4°) a) La période radioactive d'un radioélément notée T est la durée nécessaire pour que le nombre de noyaux initialement présents diminue de moitié .

b) Pour $t = T, N = \frac{N_0}{2} \Rightarrow -\text{Ln} \frac{N_0}{2} = \lambda T \Rightarrow -\text{Ln} \frac{1}{2} = \lambda T \Rightarrow \boxed{\text{Ln}2 = \lambda T}$

5°) a) D'après la courbe, $m_0 = 4g \Rightarrow \frac{m_0}{2} = 2g \Rightarrow \boxed{T = 0,5 \text{ année}}$

b) $\text{Ln}2 = \lambda T \Rightarrow \lambda = \frac{\text{Ln}2}{T}$ soit $\boxed{\lambda = 1,39 \text{ année}^{-1}}$

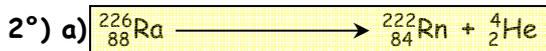
Exercice 2 (5 points)

1°) a) Le noyau ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ est formé de $\left\{ \begin{array}{l} 88 \text{ protons} \\ 138 \text{ neutrons} \end{array} \right.$

b) $E({}^{226}_{88}\text{Ra}) = \frac{E_l({}^{226}_{88}\text{Ra})}{210} = \frac{[88m_p + 138m_n - m({}^{226}_{88}\text{Ra})]}{c^2}$ soit $E({}^{226}_{88}\text{Ra}) = 7,63 \text{ MeV/nucléon}$

c) $E({}^{222}_{84}\text{Rn}) = \frac{E_l({}^{222}_{84}\text{Rn})}{222}$ soit $E({}^{222}_{84}\text{Rn}) = 7,72 \text{ MeV/nucléon}$

$E({}^{222}_{84}\text{Rn}) > E({}^{226}_{88}\text{Ra}) \Rightarrow {}^{222}_{84}\text{Rn}$ est plus stable que ${}^{226}_{88}\text{Ra}$



Il s'agit d'une réaction spontanée, car ${}^{226}_{88}\text{Ra}$ est radioactif (sans intervention extérieure).

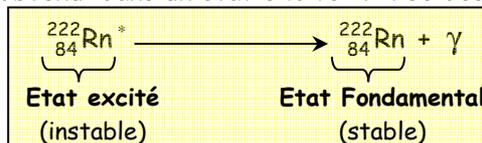
b) $W = [(m(\text{Rn}) + m(\alpha)) - m(\text{Ra})] \cdot c^2 = [(231,9704 + 4,0015) - 225,9771] \times 931,5 \text{ MeV} \cdot c^{-2} \cdot c^2$

Soit $\boxed{W = - 4,84 \text{ MeV}}$

3°) a) $|W| = E_c(\text{Rn}) + E_c(\alpha)$ et $\frac{E_c(\text{Rn})}{E_c(\alpha)} = \frac{m(\alpha)}{m(\text{Rn})} \Rightarrow E_c(\text{Rn}) = \frac{m(\alpha)}{m(\text{Rn})} E_c(\alpha)$

D'où, $|W| = (1 + \frac{m(\alpha)}{m(\text{Rn})}) E_c(\alpha) \Rightarrow E_c(\alpha) = \frac{|W|}{1 + \frac{m(\alpha)}{m(\text{Rn})}}$ soit $\boxed{E_c(\alpha) = 4,75 \text{ MeV}}$

b) $E_c(\alpha) < E_c(\alpha) \Rightarrow$ le noyau fils ${}^{222}_{84}\text{Rn}$ a été obtenu dans un état excité \Rightarrow il se désexcite en émettant un rayonnement γ (photon) selon l'éq. Bilan :



Exercice documentaire (5 points)

Partie A

1°) Le spectre présente une multitude de raies à cause des atomes présents dans la chromosphère .

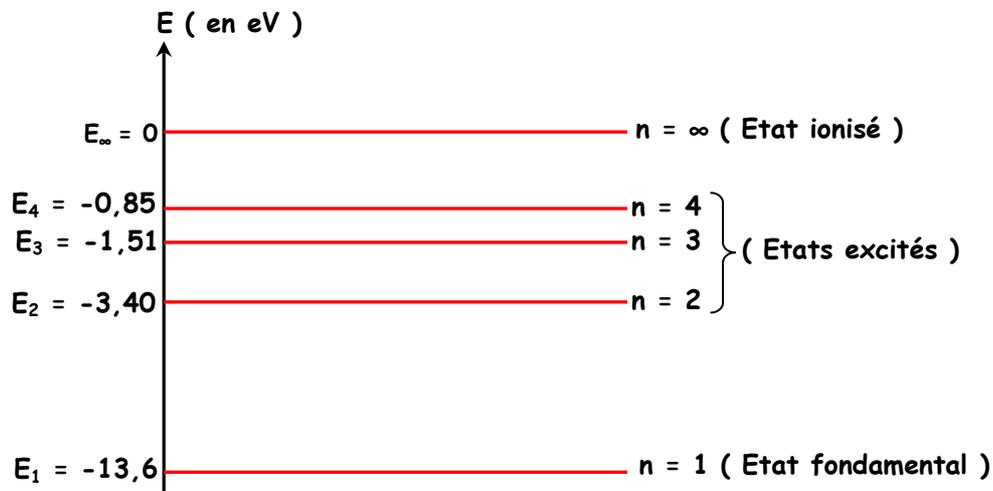
2°) La phrase qui traduit que le spectre constitue la « carte d'identité » d'un élément chimique est la suivante : « *Les atomes présents dans cette chromosphère « interceptent » leurs radiations caractéristiques qui seront donc absentes du spectre vu depuis la Terre .* »

3°) L'appareil qu'on utilise pour obtenir un spectre de raies est appelé spectrographe formé essentiellement par un prisme ou un réseau .

Partie B

1°) a) La « quantification » de l'énergie veut dire que cette dernière ne peut prendre que des valeurs bien précises .

b) et c)



2°) L'énergie mise en jeu au cours de cette transition est $W = E_4 - E_3$

$$\Rightarrow h\nu = E_4 - E_3 \Rightarrow \nu = \frac{E_4 - E_3}{h} = \frac{(-0,85 + 1,51) \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{6,62 \cdot 10^{-34}} \text{ soit } \nu = 1,59 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$$

Il s'agit d'une transition de $E_4 \rightarrow E_3 \Rightarrow E \searrow \Rightarrow$ le photon est émis .

3°) $W + E_2 = 3,51 \text{ eV} + (- 1,51 \text{ eV}) = 2 \text{ eV} > 0 \Rightarrow$ le photon est absorbé et $E_c = 2 \text{ eV}$