EXERCICE I : LES NIVEAUX D'ÉNERGIE DE L'ATOME D'HYDROGÈNE

Le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène est constitué de plusieurs séries de raies.
Ces séries (ensemble de raies de longueur d'onde voisines) sont appelées séries de Lyman, Balmer, Paschen, Brackett, Pfund, Humphreys, etc...
C'est l'étude des longueurs d'onde de ces raies qui à permis à Niels Bohr en 1913 de proposer son modèle de l'atome.
Les longueurs d'onde dans le vide des premières raies des 3 premières séries sont données dans le tableau suivant :

Nom de la série	Lyman	Balmer	Paschen
λ (nm)	121,566 102,572 97,253 94,974 93,780 93,075	656,280 486,133 434,048 410,175 397,009	875,0 1 282,0 1 093,9 1 005,0

1°) Pour chacune de ces raies, dire à quelle partie du spectre lumineux elles appartiennent (Infra-Rouge, Visible, Ultra-Violet, etc ...).

2°) **Établissement de la formule de Rydberg :**

La formule mathématique qui permet de connaître les longueurs d'onde dans le vide de chacune des raies est particulièrement simple :

- On attribue le nombre entier p = 1 à la première série (Lyman), p = 2 à la seconde (Balmer), p = 3 à la troisième (Paschen), etc...
- De même on attribue le nombre entier q = p + 1 à la première raie d'une série, q = p + 2 à la seconde, q = p + 3 à la troisième, etc ...
  On obtient ainsi le tableau ci-dessous donnant la longueur d'onde (exprimée en nm) de chaque raie en fonction des entiers p et q :

Série	Lyman	Balmer	Paschen
p q	1	2	3
2	121,566		
3	102,572	656,280	
4	97,253	486,133	875,0
5	94,974	434,048	1 282,0
6	93,780	410,175	1 093,9
7	93,075	397,009	1 005,0

On recherche à présent la relation reliant l'inverse de la longueur d'onde $\frac{1}{\lambda}$ à la grandeur x donnée par la relation $x = \frac{1}{p^2} - \frac{1}{q^2}$.
Le tableau dans l'annexe présente pour chaque raie sa longueur d'onde λ, les nombres p et q correspondants, l'inverse $\frac{1}{\lambda}$ de la longueur d'onde et la grandeur $x = \frac{1}{p^2} - \frac{1}{q^2}$

a) Compléter le tableau en calculant pour chacune des raies le rapport $R = \frac{1}{\lambda} / x$
b) Que remarque-t-on ?
c) Conclure : donner l'expression de $\frac{1}{\lambda}$ en fonction de p et q (loi de Rydberg).
d) En déduire la longueur d'onde de la 1ère raie de Brackett (p = 4, q = 5).

3°) **Recherche des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène :**

Chaque raie correspond à une transition électronique dans l'atome d'un niveau d'énergie E_q à un autre niveau E_p .
Lors de cette transition, est émis un photon correspondant à l'énergie perdue par l'atome.

a) Exprimer la fréquence ν de ce photon en fonction de E_p et de E_q .
En déduire l'expression de l'inverse $\frac{1}{\lambda}$ de la longueur d'onde de ce photon en fonction de E_p et de E_q .
b) On admettra que l'énergie E_n du niveau n peut se mettre sous la forme $E_n = -\frac{1}{n^2} E_0$ où E_0 est une constante caractéristique de l'hydrogène.
- Donner l'expression de E_p et de E_q en fonction de E_0 , p et q, puis retrouver l'expression de l'inverse de la longueur d'onde $\frac{1}{\lambda}$ en fonction de p et q vue à la question 2c.
- En identifiant avec le résultat de la question 2c, en déduire l'expression de la constante E_0 .
  Calculer la valeur numérique de E_0 . On l'exprimera en Joules, puis en électrons-Volt.

c) Calculer les énergies des 3 premiers niveaux de l'atome d'hydrogène.
On les exprimera en électrons-Volts

EXERCICE II : DÉTERMINATION DU POURCENTAGE EN CUIVRE DE L'ALLIAGE « OR NORDIQUE »

C'est en alliage « or nordique » que sont réalisées les pièces de 10, 20 et 50 centimes d'euro.
La couleur de ces pièces nous indique que cet alliage contient une grande quantité de cuivre.
On se propose donc de déterminer dans cet exercice la teneur en cuivre de cet alliage.

Cet alliage est composé de cuivre, d'aluminium, de zinc et d'étain.
Si l'on attaque une masse connue de cet alliage par de l'acide nitrique concentré, ces métaux passent respectivement sous la forme d'ions Cu^{2+}, Al^{3+}, Zn^{2+} et Sn^{2+}.
Comme seuls les ions Cu^{2+} sont colorés en solution aqueuse, on peut déterminer leur concentration par une méthode colorimétrique et en déduire la quantité de cuivre présente dans l'échantillon.

1°) Tracé de la courbe d'étalonnage :

On prépare, à partir d'une solution mère S_0 de concentration $C_0 = 0{,}30\ mol.L^{-1}$ en ions Cu^{2+} , six solutions diluées S_i de concentration c_i en mélangeant pour chacune des solutions un volume

$V_{0\,i}$ de solution S_0 avec un volume $V_{e\,i}$ d'eau distillée, selon les indications fournies dans le tableau ci-dessous :

i	1	2	3	4	5	6
$V_{0\,i}$ (mL)	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0	10,0
$V_{e\,i}$ (mL)	9,0	8,0	6,0	4,0	2,0	0
c_i ($mol.L^{-1}$)						
A	0,091	0,179	0,362	0,538	0,720	0,901

À l'aide d'un spectrophotomètre, on relève l'absorbance A de chaque solution à la longueur d'onde $\lambda = 655$ nm et l'on obtient les résultats mentionnés dans le tableau.

a) Établir l'expression reliant la concentration c_i de chaque solution fille S_i à C_0 , $V_{0\,i}$ et $V_{e\,i}$.
b) Calculer la concentration c_i de chaque solution fille S_i .
On présentera le premier calcul et l'on remplira le tableau dans l'annexe à rendre avec la copie.
c) Tracer **sur papier millimétré** la courbe représentant l'absorbance A en fonction de la concentration c_i .
Échelle imposée : 0,1 $mol.L^{-1}$ ↔ 5 cm
1 ↔ 20 cm
d) Conclure :
- Quelle est l'allure de la courbe obtenue ?
- En déterminer l'équation.

2°) Détermination de la teneur en cuivre de l'alliage « or nordique » :

On place une pièce de 20 centimes d'Euro de masse $m_0 = 5{,}7$ g dans un erlenmeyer puis on la recouvre d'acide nitrique concentré et l'on attend sa destruction complète.
On transvase le contenu de l'erlenmeyer dans une fiole jaugée de volume V = 500 mL.
On complète alors la fiole jaugée avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, et l'on homogénéise en agitant. On obtient ainsi une solution S.
À la longueur d'onde $\lambda = 655$ nm, l'absorbance de la solution est A = 0,479.

Pour le cuivre, l'équation de la transformation est :
$$3\,Cu_{(s)} + 2\,NO_3^-{}_{(aq)} + 8\,H^+_{(aq)} \rightarrow 3\,Cu^{2+}_{(aq)} + 2\,NO_{(g)} + 4\,H_2O_{(l)}$$

a) Déterminer par la méthode de votre choix, la concentration c en ions Cu^{2+} de la solution S.
b) En déduire la quantité $n_{Cu^{2+}}$ d'ions Cu^{2+} issus de la pièce.
c) Déterminer la quantité n_{Cu} de cuivre contenu dans la pièce, puis la masse m_{Cu} de cuivre contenue dans celle-ci.
d) Calculer le pourcentage massique de cuivre dans la pièce de 20 centimes.

Données :

- Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8$ $m.s^{-1}$
- Valeur de l'électron-volt : 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J
- Masse molaire atomique du cuivre : M = 63,5 $g.mol^{-1}$

EXERCICE I :

λ (nm)	p	q	$\frac{1}{\lambda}$ (m^{-1})	$x = \frac{1}{p^2} - \frac{1}{q^2}$	$R = \frac{1}{\lambda} / x$ (m^{-1})
121,566	1	2	8 225 984	0,7500	
102,572	1	3	9 749 249	0,8889	
97,253	1	4	10 282 459	0,9375	
94,974	1	5	10 529 197	0,9600	
93,780	1	6	10 663 254	0,9722	
93,075	1	7	10 744 024	0,9796	
656,280	2	3	1 523 740	0,1389	
486,133	2	4	2 057 050	0,1875	
434,048	2	5	2 303 893	0,2100	
410,175	2	6	2 437 984	0,2222	
397,009	2	7	2 518 835	0,2296	
1 875,0	3	4	533 333	0,0486	
1 282,0	3	5	780 031	0,0711	
1 093,9	3	6	914 160	0,0833	
1 005,0	3	7	995 025	0,0907	