Exercice 3 **Pondichéry 2010**

Histoires d'euros… **(6 points)**

Les deux parties I et II sont indépendantes.

Partie I : Les billets d'euro infalsifiables grâce à une lampe à vapeur de mercure

« Alors que l'on croyait, au moment de l'introduction fiduciaire de l'euro, que les billets de banque de la nouvelle monnaie européenne seraient infalsifiables, le contraire est rapidement apparu poussant ainsi la banque européenne à trouver de nouvelles méthodes pour garantir le caractère infalsifiable des billets. Une de ces méthodes pourrait constituer à incorporer des nanoparticules dans les couleurs d'impression.

L'entreprise hanséatique Nanosolutions GmbH a mis au point des nanopigments qui ne peuvent être excités par fluorescence que de façon sélective : les pigments ne prennent une couleur rouge ou verte qu'avec l'aide d'une source d'ultraviolets bien définie : une lampe à vapeur de mercure. Les caissiers et les caissières munis d'une lampe à vapeur de mercure miniature pourraient ainsi rapidement déceler les faux billets. »

www.futura-sciences.com

Une lampe à vapeur de mercure est constituée d'un cylindre de verre contenant le gaz mercure monoatomique à basse pression. Lorsque le tube est mis sous tension, une décharge électrique se produit : des électrons circulent dans le gaz entre deux électrodes ; ces électrons bombardent les atomes du gaz et leur cèdent de l'énergie.

Données :
- Constante de Planck : $h = 6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1}
- Charge élémentaire : $e = 1{,}60 \times 10^{-19}$ C

1.1 Spectre de l'atome de mercure

1.1.1 Quel type de spectre obtient-on à partir d'une lampe à vapeur de mercure ?

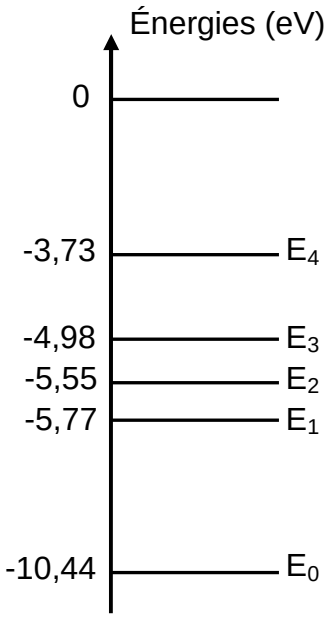
1.1.2 Sur un axe gradué en longueur d'onde exprimé en nanomètre, donner les limites du domaine du visible dans le vide, puis situer le domaine des ultraviolets et celui des infrarouges.

1.1.3 Un atome de mercure émet un photon de longueur d'onde dans le vide $\lambda_1 = 253{,}6$ nm, valeur également admise dans l'air. Calculer l'énergie en joule puis en électronvolt de ce photon.

1.1.4 Expliquer succinctement l'utilité d'une lampe à vapeur de mercure dans la recherche des faux billets.

1.2 Diagramme énergétique de l'atome de mercure

Le diagramme suivant représente, sans souci d'échelle, certains niveaux d'énergie de l'atome de mercure :



1.2.1 Que représentent :

- le niveau E_0 = -10,44 eV
- les niveaux E_1, E_2, E_3, E_4 ?

1.2.2 À l'aide du diagramme ci-dessus et la réponse à la question 1.1.3 (partie I), expliquer l'émission d'un photon de longueur d'onde dans le vide λ_1 = 253,6 nm.

1.2.3 Un atome de mercure dans son état fondamental reçoit un photon d'énergie 4,89 eV. Que se passe-t-il ?

Partie II : Une étape dans la fabrication des pièces : le cuivrage des flans

La monnaie de Paris dispose à Pessac en Gironde (France) d'un établissement monétaire qui produit en grande série des pièces de monnaie courante pour la France et de nombreux pays.

« On appelle flan la rondelle de métal prête à la frappe. Les flans sont obtenus par découpage d'une bande d'acier roulée en bobine pour les flans de 1, 2 et 5 centimes d'euro.

Les flans d'acier sont recouverts par électrolyse d'une couche de cuivre pur, pour les flans des pièces de 1,2 et 5 centimes d'euro.

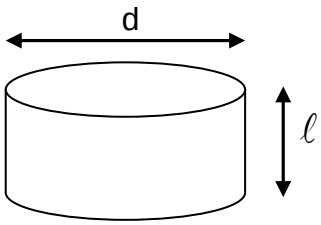
Les flans cuivrés sont polis puis séchés ; ensuite ils sont triés puis comptés.

Les flans terminés sont stockés avant la frappe. »

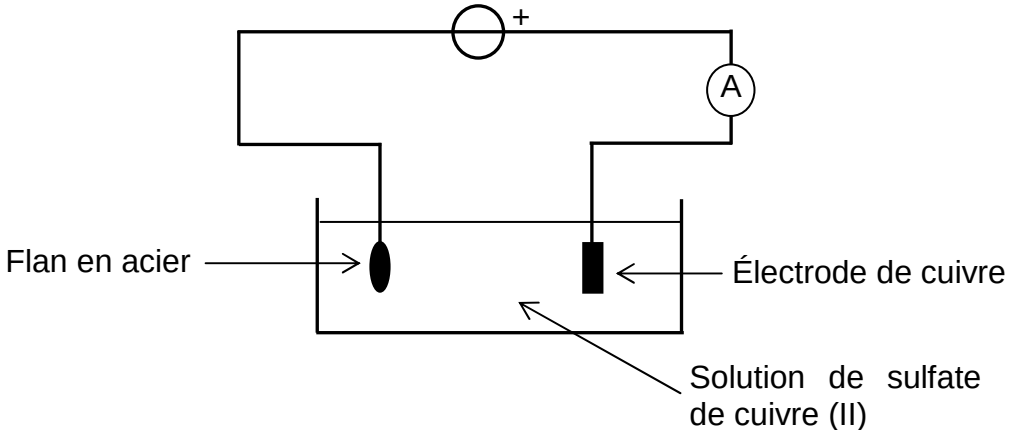
Source : Monnaie de Paris

Un chimiste souhaite réaliser un dépôt, par électrolyse, d'une couche de cuivre sur un flan en acier d'une pièce de 5 centimes d'euro.

Ce flan est un cylindre « plat » qui a pour diamètre d = 21 mm et pour épaisseur ℓ =1,5 mm.
La couche de cuivre à déposer doit avoir une épaisseur e = 25 µm.



La technique d'électrolyse utilise une électrode de cuivre pur dite « soluble ». Le principe du montage est le suivant :



Données :

L'intensité du courant électrique est constante et vaut $I = 5{,}0$ A.

La masse volumique du cuivre est $\mu(Cu) = 8{,}9 \times 10^3$ kg.m^{-3}.

Le faraday : $F = 96500$ C.mol^{-1}.

Masse atomique du cuivre : $M(Cu) = 63{,}5$ g.mol^{-1}.

Couple ox/red : Cu^{2+}/Cu

2.1 Sur quelle électrode a lieu le dépôt de cuivre ?

2.2 Indiquer sur le schéma, en annexe, le sens de circulation des électrons dans les fils électriques.

2.3 Écrire les équations et nommer les réactions qui se déroulent aux électrodes, en sachant que le seul couple qui est mis en jeu sur chacune d'entre elles est celui du cuivre (Cu^{2+}/Cu).

2.4 Exprimer, en fonction des données, la surface du flan qu'il faut recouvrir de cuivre.
En déduire le volume de métal à déposer puis montrer que la masse correspondante est :

$$m(Cu) = \frac{\pi.e.d^2.\mu(Cu)}{2} + \pi.e.\ell.d.\mu(Cu)$$

et que sa valeur est de 0,18 g.

2.5 Calculer la charge électrique Q qui a traversé le circuit pendant la durée de l'électrolyse.

2.6 Calculer la durée Δt de cette électrolyse.

ANNEXE **À RENDRE AVEC LA COPIE**

Exercice 3 – Histoire d'euros…

Partie II : Une étape dans la fabrication des pièces : le cuivrage des flans

Questions 2.2

