DS SCIENCES PHYSIQUES N°8

CHIMIE : autour du cuivre

Données utiles pour le problème à 25°C:

$F = 96500\ C.mol^{-1}$

Les pressions des gaz seront prises égales à 1 bar .

E° (Cu^{2+} / Cu(s)) = 0,34 V rapide sur cuivre

E°(Zn^{2+}/ Zn(s)) = -0,76V rapide sur Zn

E°(H^+ / $H_{2\,(g)}$) = 0 V E°(O_2 / H_2O) = 1,23 V

surpotentiel cathodique de dégagement de H_2 sur électrode de cuivre $\eta_c = -0{,}50\ V$

surpotentiel anodique de dégagement de dioxygène sur plomb = 0,6 V

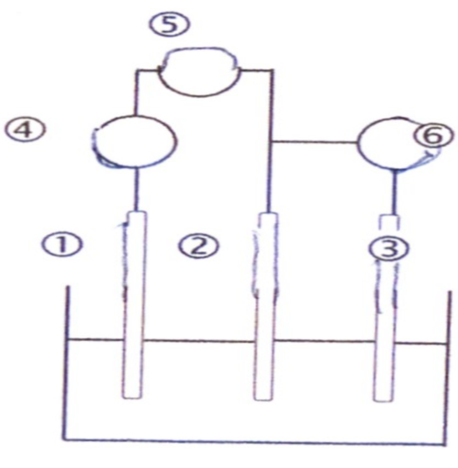
masse molaire du cuivre : 63,6 $g.mol^{-1}$

Naturellement présent dans l'écorce terrestre, le cuivre est non seulement indispensable au développement de tout organisme vivant mais a également trouvé une incroyable variété d'applications au quotidien. Le cuivre est aujourd'hui omniprésent dans l'environnement humain, pur ou sous forme d'alliages : circuits électriques, composants électroniques, tuyauteries et canalisations, etc. Bien que l'Homme l'utilise depuis plus de 10 000 ans, 95 % de la production et de l'utilisation du cuivre remonte seulement au début du XXème siècle.

I- Généralités :

1- Donner le nom du montage permettant de relever une courbe intensité potentiel .

2-



Le montage est représenté ci-dessus . Donner le nom des électrodes 1, 2 et 3 ainsi que la nature des appareils électriques 4, 5 et 6 reliés aux électrodes .

II- Tracé d'une courbe intensité-potentiel :

Tracer la courbe intensité potentiel complète pour une électrode de travail en cuivre (Cu (s)) plongeant dans une solution désaérée contenant des ions Cu^{2+} de concentration $c = 10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et de pH = 2 .
Vous justifierez soigneusement les calculs effectués, la présence ou pas d'un palier de diffusion .

III- Pile cuivre – zinc :

On considère une pile constituée de deux compartiments 1 et 2 reliés par un pont salin constitué de nitrate

de potassium (K^+ , NO_3^-) .
Le compartiment 1 comporte une électrode de cuivre plongeant dans une solution de sulfate de cuivre (Cu^{2+} , SO_4^{2-}) de concentration $c_1 = 0,5\,mol.L^{-1}$.
Le compartiment 2 comporte une électrode de zinc plongeant dans une solution de sulfate de zinc (Zn^{2+} , SO_4^{2-}) de concentration $c_2 = 0,2\,mol.L^{-1}$.
Les deux électrodes sont éventuellement reliées à une charge .
1- Déterminer les réactions ayant lieu à chaque électrode . Faire un schéma annoté de la pile en précisant : les polarités, le sens du circulation du courant et des électrons lorsque la pile débite, la nature des électrodes (anode ou cathode) ainsi que le sens des ions dans le pont salin . Ecrire l'équation bilan .
2- Tracer l'allure des branches des courbes intensité potentiel utiles à l'étude de la pile .
3- Déterminer la fem à vide de la pile . Indiquer comment vous déterminer, à partir des courbes intensité potentiel, le point de fonctionnement de la pile (ddp aux bornes de la pile) lorsque celle-ci débite un courant donné .
4- Comment se déplacent les courbes intensité potentiel lorsque la pile débite (justifier) . Quel est l'effet sur la différence de potentiel aux bornes de la pile si la décharge se fait à intensité constante .

IV Hydrométallurgie du cuivre :

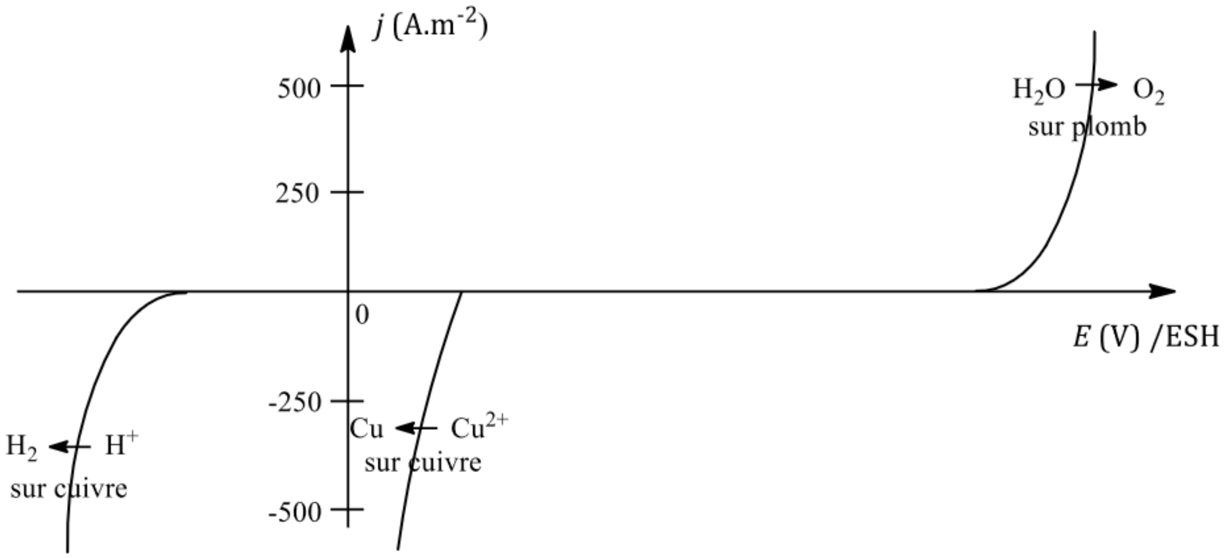
Nous nous intéressons dans cette partie à l'élaboration du cuivre à partir des minerais oxydés par voie humide aussi appelée hydrométallurgie **.**

L'hydrométallurgie du cuivre représente 20 % de l'élaboration du cuivre et concerne les minerais dits « oxydés » du cuivre. Ces minerais sont essentiellement des carbonates ayant subi une oxydation par l'eau et l'air. Il s'agit très principalement de malachite ($Cu_2CO_3(OH)_2$).

La première phase du procédé est appelée lixiviation. Elle correspond à la mise en solution du cuivre à partir du minerai à partir d'un traitement acide .

Après purification, on obtient une solution acide (pH = 2) d'ions Cu^{2+} (sulfate de cuivre) de concentration 1 $mol.l^{-1}$. Cette dernière est alors électrolysée . On utilise pour cela une cathode en cuivre qui pèse initialement 5 kg et une anode en plomb . L'élaboration d'un dépôt microcristallin compact de cuivre nécessite une densité de courant de l'ordre de 220 $A.m^{-2}$.

On donne ci-après l'allure des courbes courant surfacique – potentiel pour l'électrolyse d'une solution de sulfate de cuivre entre anode en plomb et cathode en cuivre en milieu acide sulfurique.



Couple $Cu^{2+}{}_{(aq)}/Cu_{(s)}$ rapide sur cuivre
Surtension anodique seuil du dégagement de dioxygène sur plomb : 0,60 V
Surtension cathodique seuil du dégagement de dihydrogène sur cuivre : $-0,50\ V$

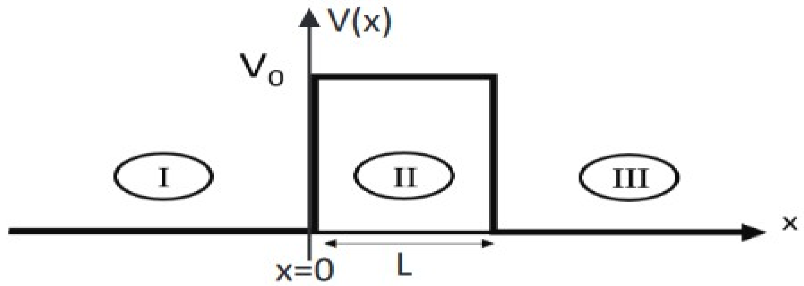
1- Justifier que les valeurs caractéristiques des courbes sont, compte tenu des imprécisions de tracé et de lecture, en conformité avec les données .

2- Réaliser un schéma du montage utilisé lors de l'électrolyse du cuivre à partir de la solution acide de sulfate de cuivre. On précisera la cathode, l'anode ainsi que la polarité du générateur et le sens de passage du courant dans le circuit extérieur.
3- Compléter le schéma précédent en indiquant les demi-équations d'oxydoréduction se produisant respectivement à l'anode et à la cathode et indiquer, sur les courbes courant – potentiel, les conditions de fonctionnement de l'électrolyseur (potentiels de l'anode et de la cathode) en tenant compte de la densité de courant utilisée et en supposant que les surfaces actives des deux électrodes sont identiques . En déduire la tension d'électrolyse .
4- L'électrode sur laquelle se dépose le cuivre est déchargée tous les 5 jours lorsqu'elle atteint 60 kg . En déduire la surface active de l'électrode et déterminer en kWh l'énergie consommée .

PHYSIQUE :

I- Généralités :
1- Donner l'équation de Schrödinger pour une particule quantique de masse m, d'énergie E, plongée dans un potentiel stationnaire V(x), de fonction d'onde $\Psi(x,t)$ à valeurs complexes .
2- Donner la signification physique de $\Psi(x,t)$.
3- On s'intéresse aux états stationnaires d'énergie E et on pose $\Psi(x,t)=\phi(x)g(t)$ où g(t) est une fonction sans dimension . Déterminer la fonction g(t) ainsi que l'équation vérifiée par $\phi(x)$ (équation de Schrödinger indépendante du temps) .

II- Effet Tunnel :
On considère que la particule est soumise à une barrière de potentielde largeur L :



L'énergie E de la particule est telle que $0 < E < V_0$. On cherche des états stationnaires d'énergie E .
1- Rappeler brièvement ce que serait le comportement de ce quanton s'il était régi par la mécanique classique .
2- Déterminer la forme générale de l'équation de Schrödinger indépendante du temps dans la région I et III . Déterminer l'expression de la fonction d'onde indépendante du temps dans les zones I et III . On ne cherchera pas à déterminer les constantes d'intégration. On posera $k=\sqrt{\frac{2\mathrm{m}(E)}{\hbar^2}}$.
3- Déterminer la forme générale de l'équation de Schrödinger indépendante du temps dans la région II . Déterminer l'expression de la fonction d'onde indépendante du temps dans la zone II . On posera
$q=\sqrt{\frac{2\mathrm{m}(V_0-E)}{\hbar^2}}$ On ne cherchera pas à déterminer les constantes d'intégration qui apparaissent dans la solution .
4- Enoncer les propriétés générales de la fonction d'onde en x = 0 et x = L permettant d'écrire un système de 4 équations dont les 5 inconnues sont les constantes d'intégration des questions 2 et 3 . **On ne cherchera pas à résoudre ce système .**
5- On rappelle l'expression du vecteur densité de probabilité associé à une onde de De Broglie de fonction d'onde $\Psi(x,t)$, de vecteur d'onde $\vec{k}$: $\vec{J}=|\psi(X,t)|^2\frac{\hbar\vec{k}}{m}$ où m est la masse de la particule quantique . .
Déterminer les vecteurs densité de courant de probabilité relatifs aux ondes incidente, réfléchie par la

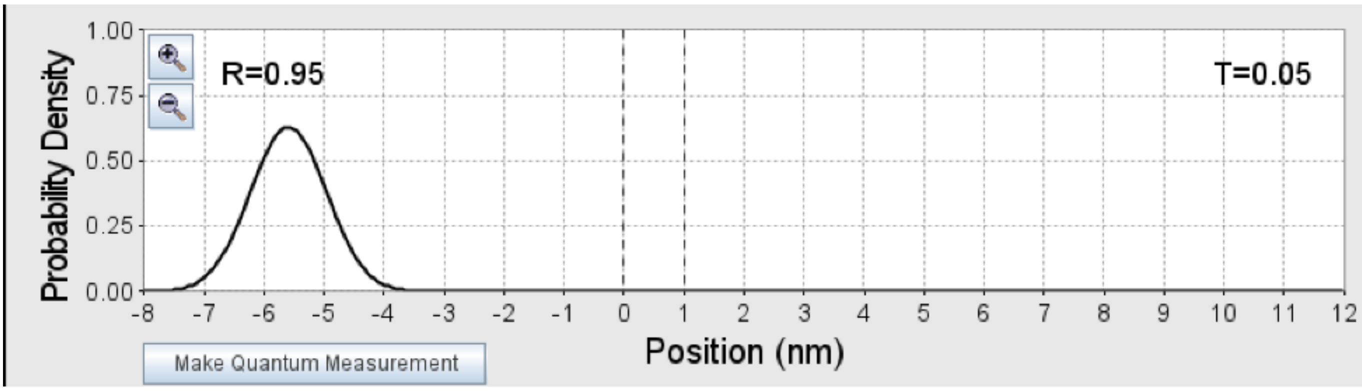
barrière et transmise à travers la barrière en fonction des constantes d'intégration de la question 2 . En déduire les expressions des coefficients de réflexion R et de transmission T en probabilité en fonction de ces mêmes constantes . Quelle est la relation entre ces deux coefficients ? Donner une interprétation physique de celle-ci .

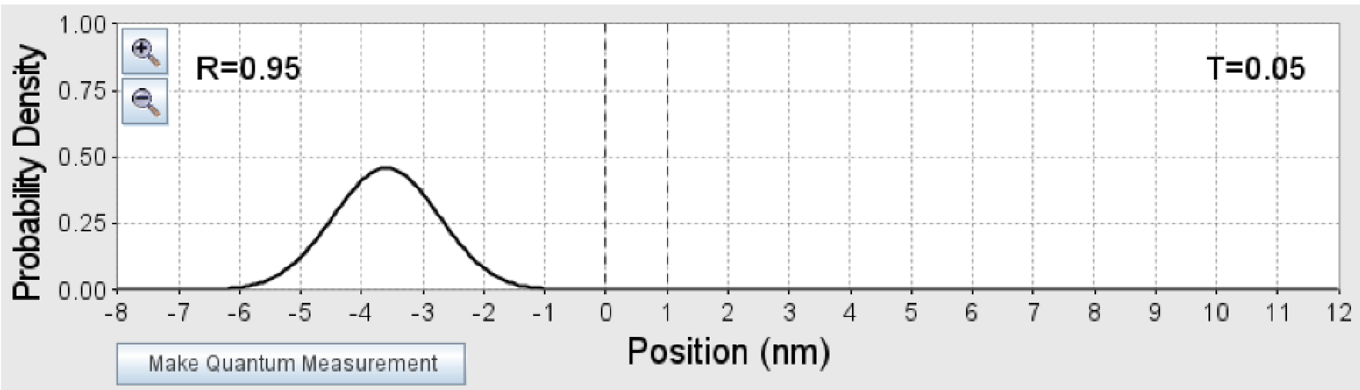
Un calcul non demandé permet d'obtenir : $T=\dfrac{1}{1+\dfrac{V_0^2}{4E(V_0-E)}sh^2(qL)}$.

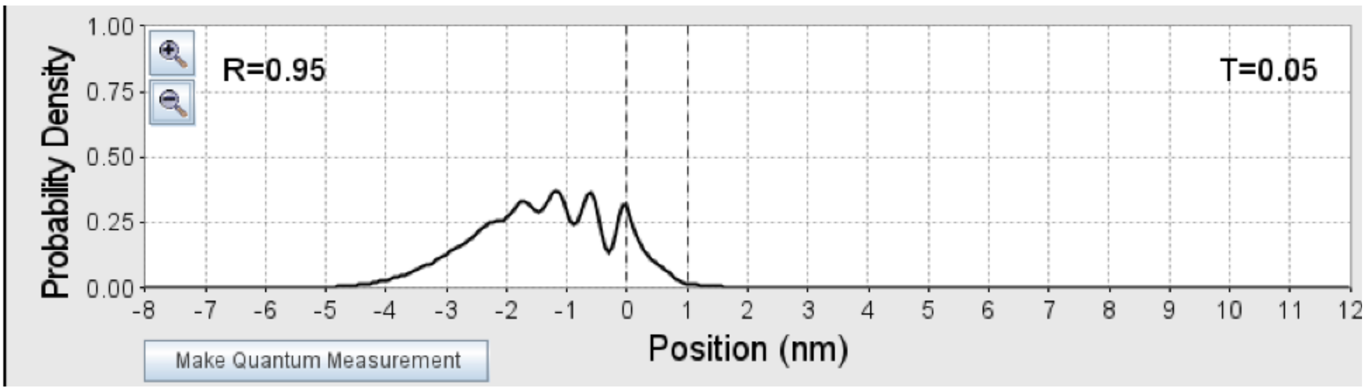
6- On considère le cas d'une barrière épaisse . Déterminer une expression approchée de T dans ce cadre .

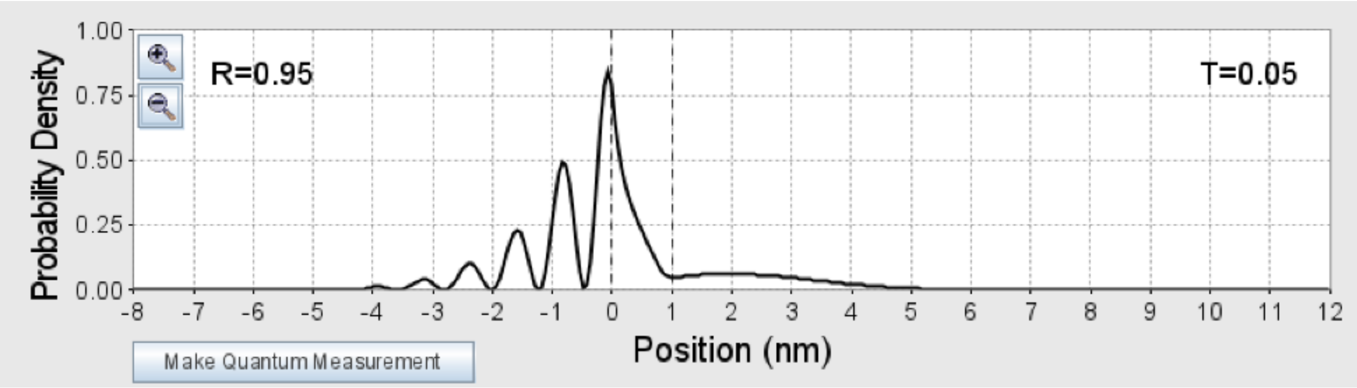
7- On envoie sur une barrière de potentiel de hauteur V_0 située entre x=0 et x = 1 nm, un paquet d'onde . On se place dans le cas $0< E < V_0$.

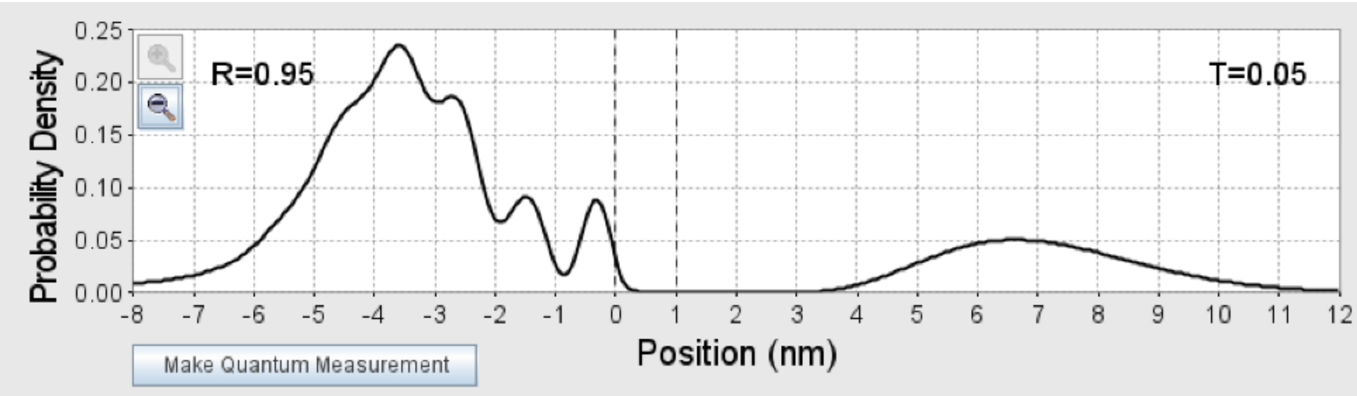
On obtient les figures ci-dessous représentant la densité de probabilité de présence à différents instants .











Commenter précisément les figures ci-dessus

III- Puits de potentiel infini :

Une particule de masse m et d'énergie E > 0 est placée dans un puits de potentiel infini de largeur a .
Le potentiel V(x) vérifie :

$$V(x) = +\infty \; pour \; x < 0$$
$$V(x) = 0 \; pour \; 0 \leq x \leq a$$
$$V(x) = +\infty \; pour \; x > a$$

1- On cherche une solution stationnaire de l'équation d'onde :
a- Déterminer complètement l'expression de la fonction d'onde d'onde indépendante du temps (fonction d'onde normalisée) correspondant à une énergie E_n avec n entier .
b- Déterminer l'expression de E_n .
2- a- Rappeler d'inégalité d'Heisenberg spatiale .
b- Montrer que l'on peut retrouver l'ordre de grandeur de l'énergie minimale de confinement de la particule dans le puits à partir de cette inégalité .