

SCIENCES PHYSIQUES

PREMIERE PARTIE

PROBLEME I

Le problème traite de l'étude théorique de l'oscillographe électronique et de quelques applications possibles. Le poids de l'électron sera négligé.

A/ - Etude du tube électronique

1) - Dans un tube électronique, vide d'air, un filament incandescent F émet des électrons avec une vitesse initiale négligeable. Les électrons sont accélérés par une anode A plane présentant par rapport au filament une différence de potentiel constante, positive $U_0 = 1125 \text{ V}$ leur communiquant ainsi, une vitesse de direction horizontale $x'x$. On appellera $\vec{E}_0$ le champ électrique créé suivant $x'x$.

a) - quelle est la nature du mouvement d'un électron entre F et A ? Ecrire l'équation horaire de ce mouvement.

b) - Déterminer la vitesse d'un électron à son arrivée sur l'anode.

On donne : masse de l'électron $m = 9.10^{-31} \text{ kg}$, -

charge de l'électron $|e| = 1.6.10^{-19} \text{ C}$.

2) - Un trou ponctuel, percé dans l'anode en O_1 laisse passer un pinceau d'électrons, homocinétique, qui pénètre par la suite au point O_2 dans un champ électrique uniforme créé par un condensateur plan C_1 dont les plaques sont horizontales et disposées symétriquement par rapport à l'axe $x'O_2x$. Le pinceau est ensuite reçu sur un écran fluorescent E perpendiculaire à $x'x$, distant du centre I du condensateur de $D = 30 \text{ cm}$. La distance entre les armatures est $d = 2 \text{ cm}$ et leur longueur $l = 5 \text{ cm}$. On applique à l'armature supérieure une tension $U_1 = 45 \text{ V}$ par rapport à l'armature inférieure.

a) - Etudier le mouvement d'un électron pendant la traversée du condensateur. Ecrire l'équation de sa trajectoire en fonction de U_0 , U_1 et d .

quelle condition doit remplir la tension U_1 pour que l'électron puisse sortir du condensateur, sans rencontrer les armatures.

b) - Déterminer la déviation y sur l'écran comptée à partir de O_3 , point d'intersection de l'axe $x'x$ avec E. On appelle sensibilité le facteur $k_1 = \frac{U_1}{y}$; exprimer k_1 en fonction de D , d , l et U_0 . Donner sa valeur en V/m .

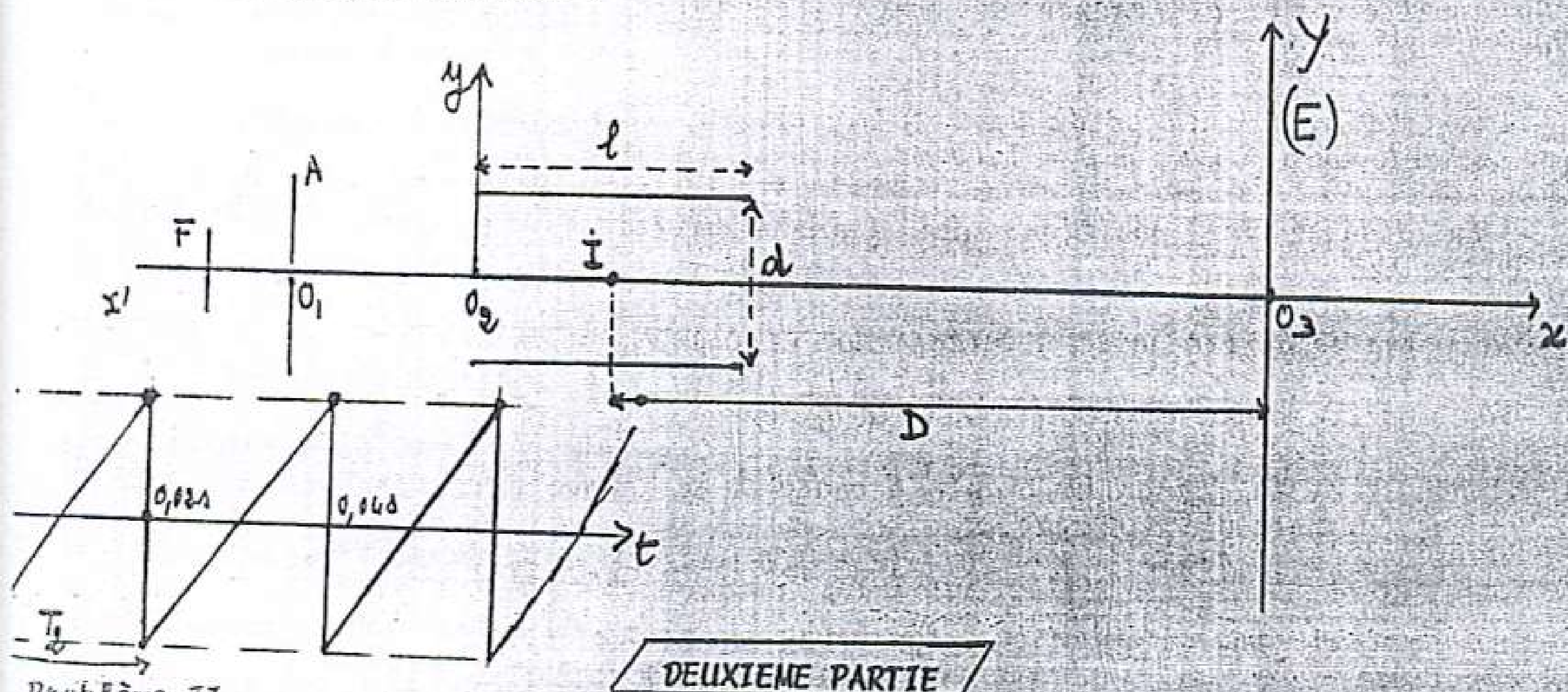
c) - On applique aux bornes de C_1 une tension sinusoïdale de valeur maximale

$U_1 = 45 \text{ V}$ et de valeur instantanée $u_1 = 45 \sin 100 \pi t$, quelle figure observe-t-on sur l'écran ? Calculer sa grandeur.

.../...2

D/ - Oscillographe bicourbe

En réalité, il s'agit d'un oscillographe bicourbe comprenant deux faisceaux d'électrons, deux condensateurs C_1 et C'_1 à plaques horizontales et donc deux spots lumineux, la base de temps étant la même. Les sensibilités k_1 et k'_1 étant identiques, on applique simultanément u_R sur les plaques C_1 , u la tension aux bornes de la portion de circuit sur les plaques C'_1 et la tension en dents de scie sur les plaques C_2 . Dessiner, en vraie grandeur, les deux figures observées sur l'écran ($T_2 = 0,02s$). Que peut-on en conclure quant à l'utilité de l'oscillographe bicourbe ?



Problème II

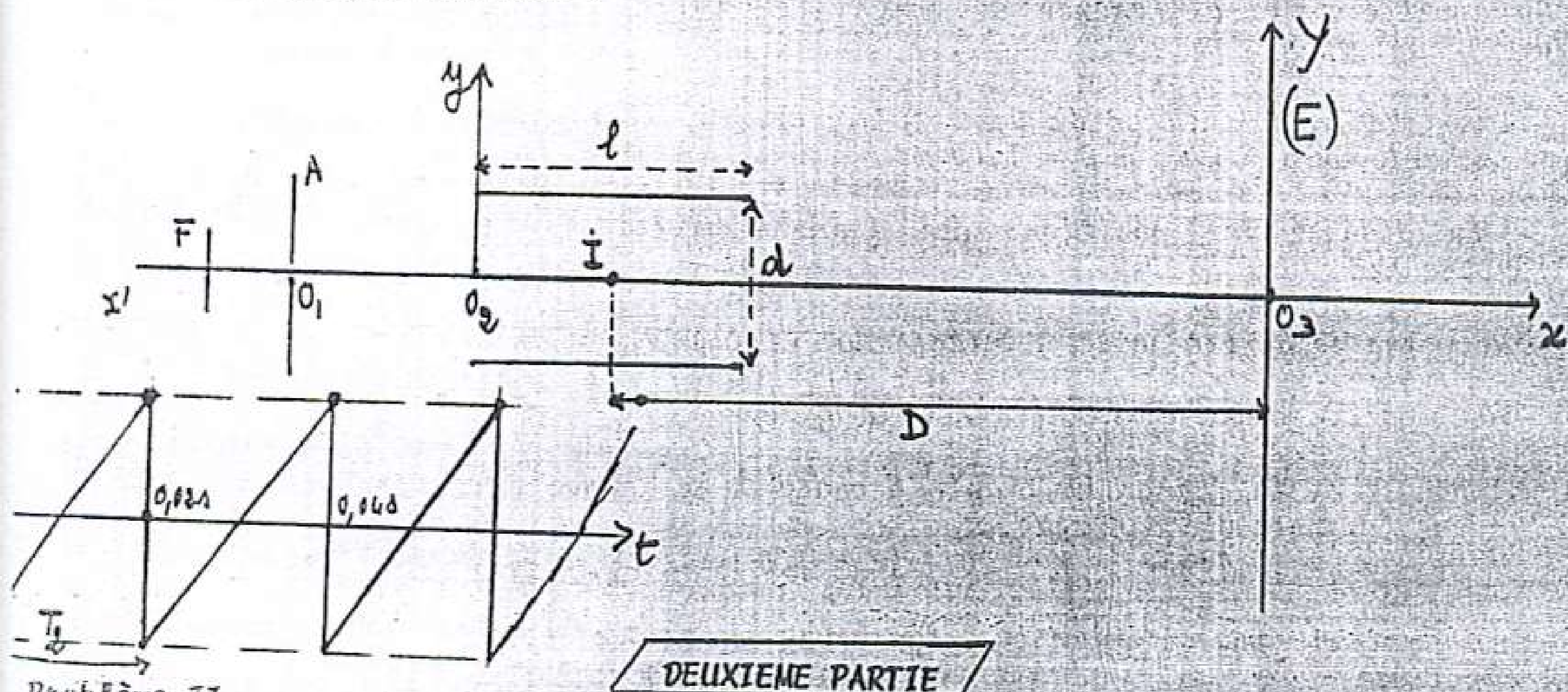
A/ - Etude du dispositif des fentes de YOUNG

On considère une source lumineuse se trouvant derrière une fente F située à une distance d d'un écran (E') dans lequel sont percées deux autres fentes F_1 et F_2 équidistantes de F et parallèles à celle-ci. A une distance D de (E'), se trouve un deuxième écran (E) parallèle au premier. On prendra comme plan de figure un plan perpendiculaire aux fentes F , F_1 et F_2 . Dans ce plan on définira un axe $\vec{FI}$, passant par I milieu de $F_1 F_2$ et coupant l'écran (E) en O .

On repèrera sur E les franges à l'aide d'un axe $\vec{X'OX}$ en notant $\overline{OM} = x$ l'abscisse d'un point M de l'écran dans le plan de la figure. On appellera a la distance séparant F_1 de F_2 et on considèrera que x et a sont beaucoup plus petites que d et D .

D/ - Oscillographe bicourbe

En réalité, il s'agit d'un oscillographe bicourbe comprenant deux faisceaux d'électrons, deux condensateurs C_1 et C'_1 à plaques horizontales et donc deux spots lumineux, la base de temps étant la même. Les sensibilités k_1 et k'_1 étant identiques, on applique simultanément u_R sur les plaques C_1 , u la tension aux bornes de la portion de circuit sur les plaques C'_1 et la tension en dents de scie sur les plaques C_2 . Dessiner, en vraie grandeur, les deux figures observées sur l'écran ($T_2 = 0,02s$). Que peut-on en conclure quant à l'utilité de l'oscillographe bicourbe ?



Problème II

A/ - Etude du dispositif des fentes de YOUNG

On considère une source lumineuse se trouvant derrière une fente F située à une distance d d'un écran (E') dans lequel sont percées deux autres fentes F_1 et F_2 équidistantes de F et parallèles à celle-ci. A une distance D de (E'), se trouve un deuxième écran (E) parallèle au premier. On prendra comme plan de figure un plan perpendiculaire aux fentes F , F_1 et F_2 . Dans ce plan on définira un axe $\vec{FI}$, passant par I milieu de $F_1 F_2$ et coupant l'écran (E) en O .

On repèrera sur E les franges à l'aide d'un axe $\vec{X'OX}$ en notant $\overline{OM} = x$ l'abscisse d'un point M de l'écran dans le plan de la figure. On appellera a la distance séparant F_1 de F_2 et on considèrera que x et a sont beaucoup plus petites que d et D .

- b) - On suppose un atome de cet isotope, initialement isolé et au repos. En utilisant la conservation de la quantité de mouvement, exprimer, en fonction de V_1 , vitesse d'éjection de la particule α de masse m_1 , la vitesse de recul V_2 du noyau fils de masse m_2 .

Calculer numériquement V_2 si $V_1 = 1,5 \cdot 10^4 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$

Exprimer en fonction de E_{C1} , énergie cinétique de la particule α , l'énergie cinétique totale E_C emportée par la particule α et le noyau fils. Calculer numériquement E_C en J et en MeV.

- c) - L'énergie libérée par chaque atome désintégré est $E = 5 \text{ MeV}$. En déduire la longueur d'onde du photon libéré lors de cette réaction.

On donne, extrait de la classification périodique,

				Ra	Ac	Th
				88	89	90
U	Np	Pu				
92	93	94				

- masse d'un nucléon $= 1 \text{ u}$ (unité de masse atomique) $1 \text{ u} = \frac{1}{6} \cdot 10^{-26} \text{ kg}$

- constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ - Célérité de la lumière

$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$. $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

- 2) - L'isotope $^{238}_{92}\text{U}$ subit plusieurs désintégrations successives α et β^- qui conduisent finalement à l'isotope stable $^{206}_{82}\text{Pb}$ du plomb.

a) - Déterminer le nombre de désintégrations α et de désintégrations β^- qui ont lieu :

b) - Entre N_0 nombre d'atomes d'uranium 238 présents dans un échantillon à l'instant $t = 0$ et N , nombre d'atomes présents à l'instant t , existe la relation $N = N_0 e^{-\lambda t}$ où λ est la constante radioactive de l'uranium.

b.1) - Après avoir démontré la relation $N = N_0 e^{-\lambda t}$, exprimer la masse $m(U)$ d'uranium 238 restant à l'instant t^0 en fonction de $m_0(U)$, masse initiale, de λ et de t .

b.2) - Calculer le temps au bout duquel il reste 90 % des atomes, si $T = 4,5 \cdot 10^9 \text{ ans}$.

b.3) - La période T est nettement supérieure aux périodes des noyaux intermédiaires. On pourra donc négliger la présence de ces noyaux et considérer que l'uranium 238 se transforme directement en plomb 206.

En supposant que l'échantillon initial ne contenait pas de plomb, exprimer la masse de plomb $m(\text{Pb})$ obtenue à l'instant t , en fonction de la masse initiale $m_0(U)$ d'uranium 238 de λ et de t .

En déduire l'âge de la roche d'où l'on a extrait l'échantillon si l'analyse chimique montre que le rapport des masses de plomb 206 et d'uranium 238 est

$$\frac{m_{Pb}}{m_U} = 0,1$$

3) - L'isotope ${}^{235}_{92}\text{U}$ est fissile : bombardé par un neutron, un noyau d'uranium 235

peut conduire à la réaction suivante

$${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_x\text{Xe} + {}^{94}_y\text{Sr} + 2\left({}^1_0\text{n}\right)$$

a) - Calculer x et y .

b) - L'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 est 200 MeV. Déterminer la variation de masse Δm que subit le système, en Kg et en u.

c) - Un neutron émis lors de cette fission possède une vitesse moyenne $v_0 = 20\,000 \text{ km s}^{-1}$. Afin que la fission puisse se reproduire et s'entretenir, il faut ralentir ces neutrons grâce à des chocs successifs, qu'on supposera élastiques et colinéaires sur d'autres noyaux supposés initialement au repos de façon que la vitesse finale au bout de n chocs soit, au plus, $v_n = 2 \text{ km/s}$.

1) - Soit m la masse d'un neutron, et M la masse du noyau contre lequel se produit le choc. Exprimer, en fonction de m , M et v_0 , la vitesse v_1 de ce neutron après le 1^{er} choc.

2) - Exprimer, en fonction de m , M et v_0 , les vitesses $v_2, v_3, \dots, v_n$ du neutron après 2, 3, ..., n chocs successifs.

3) - Calculer le nombre de chocs nécessaires pour obtenir la vitesse finale v_n si les chocs ont lieu sur des noyaux de deutérium de masse $M = 2m$.

4) - a) Une centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 2,4 MW. Sachant que 30 % de l'énergie libérée lors de la fission est transformée en énergie électrique, calculer la masse d'uranium 235 consommée par jour.

b) Un alternateur de la centrale fournit du courant alternatif sous une tension efficace U_0 . Le courant est transporté par une ligne de résistance $r = 10 \, \Omega$.

* L'arrivée on branche un appareil d'impédance Z . L'intensité efficace du courant vaut alors 5 A. La tension efficace aux bornes de cet appareil est $U_{AB} = 220 \text{ V}$ et le facteur de puissance $\cos \varphi = 0,5$.

1) - Calculer r

2) - A l'aide de la construction de Fresnel, déterminer U_0

3) - En déduire le déphasage entre les valeurs instantanées de la tension u_0 et l'intensité du courant.

QUATRIEME PARTIE

L'objectif est de déterminer la quantité d'acide phosphorique présent dans un détartant.

1) - L'acide phosphorique est un triacide de formule H_3PO_4 . Son ionisation en solution aqueuse se traduit par 3 équilibres chimiques.

1-1 - Donner les équations relatives à ces 3 équilibres chimiques.

1-2 - Donner les expressions des constantes d'équilibre caractérisant ces équilibres et notées k_{A1} , k_{A2} , k_{A3} .

2) - L'étiquette d'un détartant indique : contient 23 % d'acide phosphorique (pourcentage en masse). On souhaite vérifier cette composition par dosage. On prépare à cet effet 100 ml d'une solution notée (S) du détartant en diluant 20 fois la solution commerciale. On dose un volume $V_b = 10$ ml de la solution (S) par de l'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 0,09 \text{ mol L}^{-1}$.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

Volume de base en V_b (cm^3)	0	1	2	3	4	5	6	8	10	11	13	13,5	14	14,5	15
PH	2,30	2,40	2,45	2,50	2,55	2,60	2,70	2,90	3,10	3,20	3,52	3,60	3,65	3,85	4,50

V_b (cm^3)	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
pH	6,15	6,45	6,58	6,80	6,90	7,00	7,22	7,28	7,35	7,55	7,75	7,90	8,15	8,25

V_b (cm^3)	29	30	30,5	31,5	32	33	34	35	37
pH	8,42	9,10	9,60	10,65	10,87	11,15	11,35	11,5	11,68

a) - Tracer le graphe $\text{pH} = f(V_b)$

b) - Pourquoi le graphe $\text{pH} = f(V_b)$ ne présente-t-il que deux sauts de pH.

c) - Déterminer les volumes correspondants aux deux sauts de pH ;
Soient V_1 et V_2 ces volumes. comparer V_1 et V_2 .

2.4 - a) Ecrire les équations-bilan des réactions qui se produisent pour
 $0 < V_b < V_1$ et $V_1 < V_b < V_2$

b) En déduire la concentration molaire C_a de l'acide phosphorique dans la solution (S) puis dans la solution commerciale. Conclure.

Données : densité par rapport à l'eau du détartant $d = 1,16$.

2.5 - La simulation du dosage par ordinateur montre que pour $V_b = V_1$, le pourcentage de H_3PO_4 est égal à celui de HPO_4^{2-} et que pour $V_N = \frac{V_1 + V_2}{2}$ le pourcentage de $H_2PO_4^-$ est égal à celui de HPO_4^{2-} .

a) - Montrer alors que pour $V_b = V_1$ on a $pH = \frac{pK_{A1} + pK_{A2}}{2}$ et que pour $V_b = V_N$, $pH = pK_{A2}$.

b) - A l'aide du graphe déterminer les valeurs du pK_{A1} et pK_{A2} de l'acide phosphorique.

c) - Sachant que $pK_{A3} = 12,4$ indiquer en le justifiant les différents domaines de prédominances des différentes espèces phosphatées.

FIN DU SUJET