

COMPOSITION N°2 – EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES – 4 HEURES

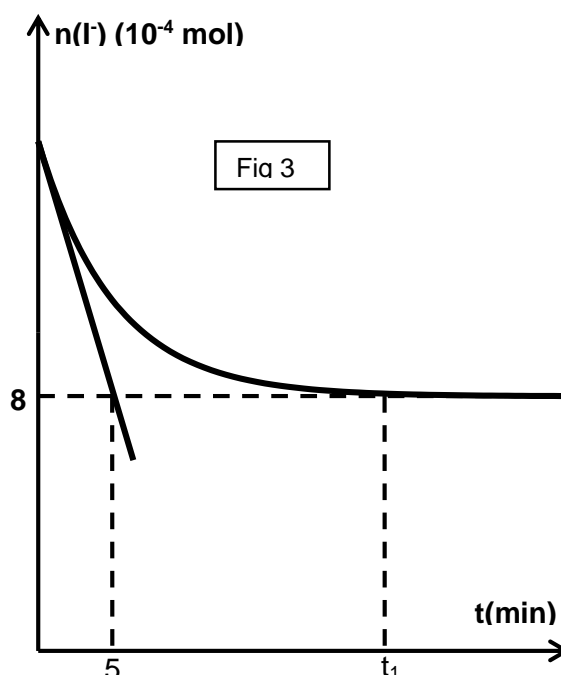
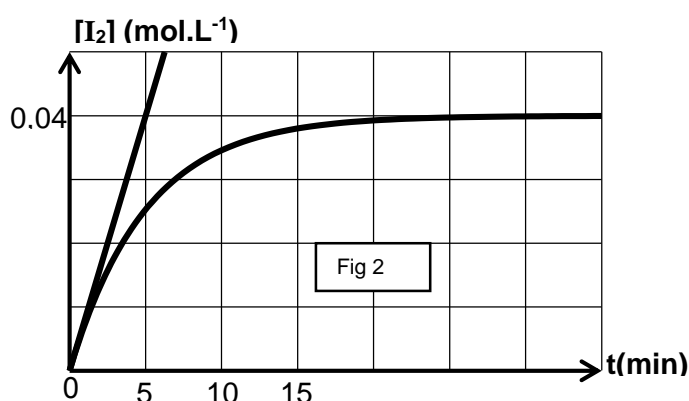
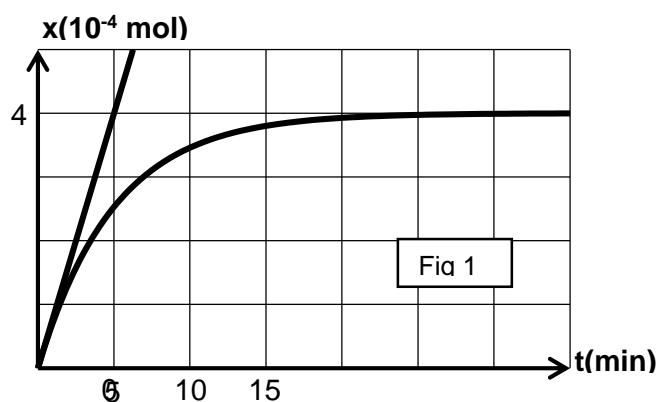
Exercice n°1:

Au cours d'un devoir de travaux pratiques de cinétique chimique, il est demandé à trois candidats E₁; E₂ et E₃ de réaliser, à température constante θ_1 et à un instant $t=0$, le mélange d'une solution (S₁) d'iodure de potassium KI de concentration molaire C_1 et de volume $V_1=200$ mL et d'une solution (S₂) de peroxydisulfate de potassium $K_2S_2O_8$ de concentration molaire C_2 et de volume $V_2 = \frac{V_1}{4}$.

Les candidats doivent répartir le mélange sous forme de prélèvements identiques de volume V afin de les doser par une solution de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration molaire $C_3=0,2$ mol.L⁻¹ pour suivre l'évolution de la réaction de réduction des ions iodures I⁻ par les ions peroxydisulfate $S_2O_8^{2-}$.

A l'instant prévu t , ils versent de l'eau distillée glacée dans l'un des prélèvements puis ils dosent la quantité de matière de diiode formé. Il est demandé au candidat :

- E₁ de tracer la courbe d'évolution de l'avancement x au cours du temps. (fig1)
- E₂ de tracer la courbe d'évolution de la concentration de diiode formé au cours du temps. (fig 2)
- E₃ de tracer la courbe d'évolution de la quantité de matière de l'ion iodure au cours du temps. (fig3)



- 1) Ecrire les équations des deux demi-réactions ainsi que l'équation bilan de la réaction des ions iodures avec les ions peroxydisulfates.
- 2) Dresser le tableau d'évolution de la réaction précédente en utilisant $n_0(I^-)$ quantité de matière initiale des ions iodures et $n_0(S_2O_8^{2-})$ quantité de matière initiale des ions peroxydisulfates.
- 3) D'après le graphe de la figure :
 - 1, prélever la valeur de l'avancement final.
 - 2, prélever la valeur de la concentration molaire finale de diiode et déduire le volume V de chaque prélèvement.
 - 3, prélever la quantité de matière finale des ions iodures. Préciser le réactif limitant et déduire $n_0(I^-)$ et $n_0(S_2O_8^{2-})$.
- 4) Trouver C_1 et C_2 .

- 5)
- Faire un schéma annoté du dispositif du dosage.
 - Ecrire l'équation de la réaction de dosage puis calculer le volume V_3 de thiosulfate de sodium versé à l'équivalence à $t=t_1$ (voir fig 3).
- 6)
- Définir la vitesse instantanée d'une réaction chimique.
 - Donner l'expression de la vitesse instantanée établie par chaque candidat pour déterminer sa valeur à partir du graphe qui l'a tracé.
 - Déterminer la valeur de la vitesse maximale calculée par chaque candidat.
- 7) Pour étudier l'effet des facteurs cinétiques sur la vitesse de la réaction étudiée, il est demandé au candidat :
- E₁ d'ajouter quelques gouttes d'une solution de sulfate de fer II dans le mélange et de répéter l'expérience.
 - E₂ de dissoudre une masse m d'iodure de potassium dans le mélange (sans variation de volume) et de répéter l'expérience.
 - E₃ de répéter la même expérience mais à une température $\theta_2 > \theta_1$.
 - Donner la définition d'un catalyseur.
 - Tracer sur le même graphe, l'allure de la courbe obtenue lors de la deuxième expérience pour chaque candidat.

Exercice n°2:

Une bouteille de vinaigre porte l'indication « vinaigre à 7° » ce qui correspond à 70 g d'acide éthanoïque par litre. Afin de vérifier cette indication, on prépare une solution S diluée 10 fois à partir de ce vinaigre. On réalise le dosage pH-métrique de 10 cm^3 de cette solution S par une solution de soude de concentration molaire $C_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. Soit V_{Be} volume de soude versé. On obtient les résultats suivants :

$V_B(\text{cm}^3)$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11,5	12	13	14	15
pH	3,35	3,7	4	4,15	4,3	4,5	4,7	4,8	5	5,25	5,5	6,2	8	9,9	10,8	11	11,15

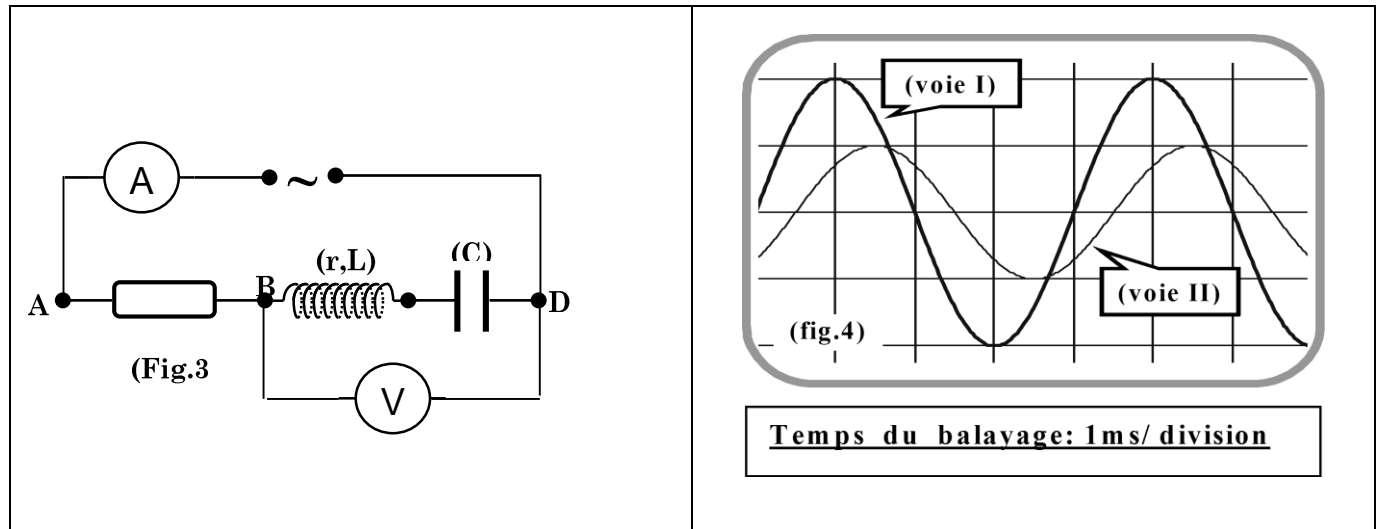
- Écrire l'équation bilan de la réaction de dosage.
- Tracer, sur une feuille de papier millimétré, la courbe traduisant les variations du pH en fonction du volume V_B de soude versé. Échelle : 1cm pour 1 mL et 1cm pour 1 unité de pH
- Déterminer :
 - les coordonnées du point d'équivalence.
 - en déduire le pK_A du couple acide/base étudié.
 - la concentration molaire de la solution acide S.
- L'indication portée par l'étiquette est-elle exacte ? Justifier la réponse.
- On considère le mélange obtenu pour $V_B = 7 \text{ mL}$ de soude ajouté.
 - Calculer la concentration molaire des espèces chimique présentes dans le mélange.
 - Retrouver la valeur du pK_a déterminé à la question 4°).
 - Nommer ce mélange et préciser ces propriétés.
- On donne le tableau de quelques indicateurs colorés. Parmi ces indicateurs quel est celui qui est adapté pour ce dosage ? Justifier votre réponse.

		Zone de virage	
Bleu de Thymol	rouge	1,2 - 2,8	jaune
Hélianthine	rouge	3,2 - 4,4	jaune
Rouge de méthyle	rouge	4,08 – 6	jaune
Bleu de bromothymol	jaune	6 – 7,6	bleu
Phénolphthaléine	incoloré	8 – 10	rose - violet
Jaune d'Alizarine	jaune	10,1 - 12,2	rouge

Exercice n°3:

Le circuit électrique de la figure 3 comprend en série :

- Un générateur de tension alternative sinusoïdale $u(t) = U_m \sin(2\pi Nt)$ de fréquence N réglable ;
- Un condensateur de capacité $C = 2 \mu\text{F}$;
- Une bobine de résistance r et d'inductance L .
- Un résistor de résistance $R = 100\Omega$.
- Un ampèremètre et un voltmètre.



1) Pour une fréquence $N = N_1$, on visualise sur un oscilloscope deux tensions suivantes :

- $u(t)$: aux bornes du générateur sur la (voie I) : sensibilité : 4 V/ division.
- $u_R(t)$: aux bornes du résistor sur la (voie II) : sensibilité : 2V/ division

On obtient les courbes de la figure 4.

- a) Etablir l'équation différentielle régissant les variations du courant au cours du temps.
 - b) Déterminer graphiquement :
 - La valeur de la fréquence N_1 ;
 - Le déphasage $\Delta\varphi = \varphi_i - \varphi_u$ de l'intensité $i(t)$ du courant par rapport à $u(t)$
 - Préciser la nature (inductif ou capacitif ou résistif) du circuit en justifiant la réponse
 - L'indication de l'ampèremètre.
 - c) Calculer l'impédance du circuit.
 - d) Faire la représentation de Fresnel correspondant à l'équation différentielle vérifiée par i et montrer que $r = 184 \Omega$ et $L = 0,38 \text{ H}$. Echelle : 1 cm représente 1V
- 2) Pour une valeur de $N = N_0$, la tension $u(t)$ devient en phase avec $u_R(t)$.
- a) Déterminer la valeur de N_0 en justifiant la réponse
 - b) Calculer l'intensité maximale I_m .
 - c) Donner l'indication du voltmètre branché aux bornes B et D du dipôle formé par la bobine et le condensateur.
 - d) Exprimer le coefficient de surtension Q en fonction de C , N_0 , R et r puis calculer sa valeur.

Exercice n°4:

En 1912, le physicien danois Niels Bohr a donné un premier modèle semi-classique, ou « pré-quantique », de l'électron dans l'atome d'hydrogène, modèle construit sur les trois hypothèses suivantes :

- le mouvement de l'électron supposé ponctuel, de masse m_e et de charge $(-e)$, autour du proton, lui aussi supposé ponctuel, de charge $(+e)$ s'effectue sous l'effet de la seule force électrostatique

de Coulomb $\vec{f}_{p \rightarrow e}$ que le proton exerce sur l'électron :
$$\vec{f}_{p \rightarrow e} = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{\vec{u}}{r_n^2}$$

- à la force $\vec{f}_{p \rightarrow e}$ est associée une énergie potentielle égale à : $E_p = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{1}{r_n}$, où \vec{u} est le vecteur unitaire dirigé, à tout instant, du proton vers l'électron, r_n la distance entre l'électron et le proton dans l'état stable d'énergie E_n et ϵ_0 la permittivité diélectrique du vide approximativement égale à $1/(36 \pi 10^9)$ F.m⁻¹;
 - les états stables de l'électron sont ceux pour lesquels ce dernier possède un mouvement de rotation circulaire uniforme, à la vitesse v_n , dans un plan contenant le proton qui est le centre de la trajectoire de l'électron, de rayon r_n ;
 - les états stables de l'électron sont ceux pour lesquels l'action $m_e v_n r_n$ est un multiple entier de $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, à savoir, dans l'état d'énergie mécanique E_n : $m_e v_n r_n = n \hbar$ où n est un entier naturel non nul. On appelle cette relation la « relation de quantification ».
- 1) Appliquer, en supposant le référentiel du laboratoire dans lequel on procède à l'étude de l'atome d'hydrogène galiléen, le principe fondamental de la dynamique à l'électron et en déduire une relation liant v_n et r_n .
 - a) À l'aide de la relation de quantification, montrer que les rayons des trajectoires correspondant à des états stables sont de la forme : $r_n = r_0 \cdot n^2$ où r_0 est à exprimer en fonction de e , m_e , ϵ_0 et \hbar .
 - b) Calculer la valeur numérique de r_0 .
 - 2)
 - a) Rappeler la définition de l'énergie mécanique d'une particule dans un référentiel donné.
 - b) Exprimer l'énergie mécanique E_n de l'électron et montrer que celle-ci peut se mettre sous la forme : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$, où E_0 est une énergie que l'on exprimera en fonction de e , m_e , ϵ_0 et \hbar .
 - c) Calculer la valeur numérique de E_0 en joules puis en eV. Comparer sa valeur avec celle habituellement retenue dans les exercices : 13,6 eV.
 - 3) Représenter les 6 premiers niveaux sur un diagramme à l'échelle 1 cm → 1 eV. Ajouter le niveau $E = 0$ eV correspondant à l'atome ionisé.
 - 4) Calculer la longueur d'onde λ d'un photon capable de provoquer la transition de l'atome H de son niveau fondamental au niveau $n = 3$. Représenter cette transition sur le diagramme précédent.
 - 5) Calculer la longueur d'onde correspondant à la transition du niveau 3 au niveau 2. Donner le résultat en nm. Cette transition correspond-elle à un photon émis ou absorbé ?
 - 6) Etablir l'expression littérale de la longueur d'onde des radiations émises lorsque cet atome passe d'un état excité tel que $n > 2$ à l'état $n = 2$ correspondant à la série nommée série de Balmer.
 - 7) L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène révèle la présence de radiations de longueur d'onde : 656 nm (H_α), 486 nm (H_β), 434nm (H_γ), 410 nm (H_δ).
 - a) Déterminer à quelles transitions correspondent ces radiations de la série de Balmer.
 - b) Représenter ces transitions sur le diagramme des niveaux d'énergie de l'hydrogène.
 - 8) Un photon d'énergie 7 eV arrive sur un atome d'hydrogène. Que se passe-t-il si l'atome est
 - a) dans l'état fondamental
 - b) dans l'état excité $n = 2$.
 - 9) Un gaz d'hydrogène atomique est porté à la température 2500 K. On admet que les atomes d'hydrogène se trouvent dans leur état fondamental. Parmi les photons suivants dont on donne l'énergie quels sont ceux qui sont susceptibles d'être absorbés par les atomes : 8,5eV, 10,2 eV, 13,2 eV, 13,4 eV, 14,5 eV.

Exercice n°5:

La détermination de l'âge de la Terre a commencé vers le XVI^e siècle, on l'estimait alors autour de 5 000 ans. Au XIX^e siècle, des scientifiques admettaient un âge d'environ 100 millions d'années. La découverte de la radioactivité, par H. Becquerel en 1896, bouleversa toutes les données connues. La datation à l'uranium - plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre. Nous proposons de comprendre cette technique de datation.

I. Étude de la famille uranium 238 – plomb 206

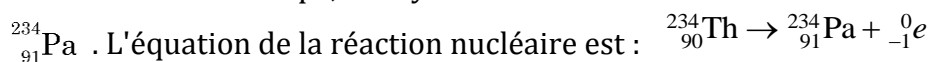
Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. Nous allons étudier ce processus. (On ne tiendra pas compte de l'émission γ).

- 1) Dans la première étape, un noyau d'uranium ${}_{92}^{238}\text{U}$ subit une radioactivité α . Le noyau fils est du thorium (symbole Th).
- Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?
 - Écrire l'équation de la réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.
 - Calculer l'énergie libérée au cours de cette désintégration en joule puis en Mev. On donne :

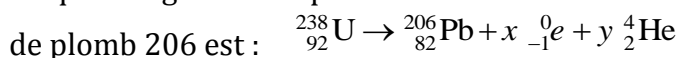
Symbole du noyau	${}_{92}^{238}\text{U}$	${}_{2}^4\text{He}$	${}_{Z}^A\text{Th}$
Masse du noyau (en u)	238,0508	4,0015	234,0436

$1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$ et $1\text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ J}$.

- 2) Dans la deuxième étape, le noyau de thorium 234 se transforme en un noyau de protactinium



- Donner le type de radioactivité correspondant à cette transformation et préciser son origine.
- L'équation globale du processus de transformation d'un noyau d'uranium 238 en un noyau



Déterminer, en justifiant, le nombre de désintégrations α et β^- de ce processus.

II. Géochronologie :

On a constaté d'une part, que les minéraux d'une même couche géologique, donc du même âge, contiennent de l'uranium 238 et du plomb 206 en proportions remarquablement constantes, et d'autre part que la quantité de plomb dans un minéral augmente proportionnellement à son âge relatif.

Si on mesure la quantité de plomb 206 dans un échantillon de roche ancienne, en considérant qu'il n'y en avait pas initialement, on peut déterminer l'âge du minéral à partir de la courbe de décroissance radioactive du nombre de noyaux d'uranium 238.

Étudions un échantillon de roche ancienne dont l'âge, noté t_{Terre} , correspond à celui de la Terre.

- 1) On considère la courbe de décroissance radioactive du nombre $N_U(t)$ de noyaux d'uranium 238 dans un échantillon de roche ancienne. (**figure 1**). sachant que $-dN_U$ est le nombre de noyaux qui se désintègrent pendant l'intervalle de temps dt .

- Prélever à partir du graphe, la quantité initiale $N_U(0)$ de noyaux d'uranium.
- Montrer que $N_U(t)$ vérifie l'équation différentielle $\frac{dN_U}{dt} + \lambda N_U = 0$ avec λ est la constante radioactive de l'uranium 238.
- Sachant que la solution de l'équation différentielle précédente s'écrit sous la forme $N_U(t) = B \cdot e^{-t/\tau}$, montrer que $B = N_U(0)$ et que $\lambda = \frac{1}{\tau}$.
- Déterminer à partir du graphe la constante de temps τ de l'uranium 238.
- Définir la demi-vie T et établir une relation entre T et τ . Calculer T . Retrouver la valeur de T graphiquement.

- 2) La détermination du nombre de noyaux d'uranium 238 est effectuée à l'aide d'un compteur de Geiger Müller qui mesure l'activité d'un échantillon d'une substance radioactive.

- a) Définir l'activité radioactive. Calculer, en becquerel, l'activité initiale de l'uranium 238. (une année = $365,25 \times 24 \times 3600 \text{ s} = 3,15 \cdot 10^7 \text{ s}$)
- b) Déterminer graphiquement et par calcul l'activité de l'uranium à $t = 15 \cdot 10^9$ années.
- 3) La quantité de plomb mesurée dans la roche à la date t_{Terre} , notée $N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}})$, est égale à $2,5 \cdot 10^{12}$ atomes.
- a) Établir la relation entre $N_{\text{U}}(t_{\text{Terre}})$, $N_{\text{U}}(0)$ et $N_{\text{Pb}}(t_{\text{Terre}})$. Calculer la quantité $N_{\text{U}}(t_{\text{Terre}})$ de noyaux d'uranium.
- b) Déterminer l'âge t_{Terre} de la Terre.

