



Concours de réorientation  
Epreuve de sciences physiques  
Durée : 2 heures

Session : 2019

Partie de chimie (9 points)

Exercice 1 (4,25 points)

Toutes les solutions sont prises à  $25^{\circ}\text{C}$ , température à laquelle le produit ionique de l'eau est  $K_e = 10^{-14}$ . On considère le vinaigre comme une solution aqueuse d'acide éthanoïque  $\text{CH}_3\text{COOH}$ . On le caractérise par son degré d'acidité qui représente la masse en grammes, d'acide éthanoïque pur dans 100 g de vinaigre. On souhaite vérifier l'indication figurant sur une bouteille de vinaigre commercial: le fabricant annonce que le degré d'acidité de cette solution notée ( $S_0$ ) est de  $8^{\circ}$ . Pour ce faire, on réalise un dosage pH-métrique de ce vinaigre et on détermine sa concentration molaire en acide éthanoïque, notée  $C_0$ .

1- La solution ( $S_0$ ) du vinaigre commercial étant trop concentrée, pour pouvoir la doser, on effectue sa dilution au 10<sup>ème</sup>; on obtient alors une solution ( $S_A$ ) de concentration molaire  $C_A$ .

Décrire le mode opératoire nécessaire à la préparation de 100,0 mL de la solution diluée ( $S_A$ ) à partir de la solution mère ( $S_0$ ) en choisissant, dans la liste figurant dans le tableau ci-contre, la verrerie adéquate permettant de réaliser au mieux cette dilution.

Matériel	Capacités			
	50 mL	100 mL	500 mL	1 L
foiles jaugées				
pipettes jaugées	1 mL	2 mL	10 mL	20 mL
éprouvettes graduées	50 mL	100 mL	200 mL	500 mL

2- On prélève un volume  $V_A = 20,0 \text{ mL}$  de la solution ( $S_A$ ) et on le verse dans un bécher. On introduit dans le bécher l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné. On ajoute peu à peu une solution aqueuse ( $S_B$ ) de soude  $\text{NaOH}$  de concentration molaire  $C_B = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  contenue dans une burette graduée fixée sur une potence puis on relève le pH. On trace ensuite la courbe traduisant l'évolution du pH en fonction du volume  $V_B$  ajouté de la solution ( $S_B$ ). Cette courbe présente deux points remarquables :

- un point  $M_1$  ( $V_{B1} = 13,5 \text{ mL}$  ;  $\text{pH}_1 = 4,75$ ) appelé point de demi-équivalence ;
- un point  $M_2$  ( $V_{B2} = 27,0 \text{ mL}$  ;  $\text{pH}_2 = 8,75$ ) appelé point d'équivalence.

a- Faire, sur la copie, un schéma du montage expérimental nécessaire au dosage en l'annotant avec les éléments suivants: burette graduée, bécher, solution dosante, solution à doser.

b- Calculer  $C_A$  et  $C_0$  les concentrations molaires respectives des solutions ( $S_A$ ) et ( $S_0$ ) du vinaigre étudié.

c- Déterminer le degré d'acidité du vinaigre étudié. Justifier que ce résultat est en accord avec l'indication de l'étiquette ? On donne :

- les masses molaires suivantes :  $M_H = 1,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_C = 12,0 \text{ g.mol}^{-1}$  ;  $M_O = 16,0 \text{ g.mol}^{-1}$ .
- la masse volumique du vinaigre  $\rho = 1010 \text{ g.L}^{-1}$ .

3- A  $40,0 \text{ mL}$  de la solution ( $S_A$ ), on ajoute  $27,0 \text{ mL}$  de la solution ( $S_B$ ). On obtient alors une solution ( $S'$ ).

a- Préciser en le justifiant, le pH de la solution ( $S'$ ) ainsi obtenue.

b- Comment appelle-t-on une solution telle que ( $S'$ ) ? Donner ses propriétés caractéristiques

Exercice 2 (4,75 points)

Le texte qui suit est un extrait du mémoire de Marcellin Berthelot (1827-1907) et son élève Péan de Saint-Gilles (1832-1863), publié en 1862 sous le titre Recherche sur les affinités.

« ...Les esters sont formés par l'union des acides et des alcools ; ils peuvent reproduire en se décomposant les acides et les alcools. [...] En général, les expériences consistent, soit à faire agir sur un alcool pur un acide pur, les proportions de l'alcool et de l'acide étant déterminées par des pesées précises, soit à faire agir sur un ester de l'eau.

Dans tous les cas de ce genre, le produit final se compose de quatre corps à savoir : l'ester, l'alcool, l'acide, l'eau. Mais ces quatre corps sont dans des proportions telles qu'il suffit de déterminer exactement la masse d'un seul d'entre eux, à un moment quelconque des expériences, pour en déduire toutes les autres, pourvu que l'on connaisse les masses des matières primitivement mélangées. [...]

Ceci posé, entre les quatre éléments suivants : ester, alcool, acide, eau, le choix ne saurait être douteux, c'est évidemment l'acide qu'il faut déterminer. [...] On transvase le produit final dans un vase à fond plat, [...] on ajoute quelques gouttes de teinture de tournesol, et l'on verse de \*l'eau de baryte avec une burette graduée jusqu'à ce que la teinte rose ou violacée du tournesol ait viré au bleu franc.

[...] Mais dans les conditions ordinaires, l'eau intervenant, l'estérification s'arrête à une certaine limite. La limite de la réaction est fixée par des conditions déterminées : elle est à peu près indépendante de la température.

[...] Si on élimine l'eau, la réaction d'un acide sur un alcool peut atteindre un rendement de 100 %... »

\*l'eau de baryte : solution aqueuse d'hydroxyde de baryum ( $\text{Ba}^{2+} + 2\text{OH}^-$ )

Résultats obtenus par Berthelot : acide éthanoïque et éthanol en mélange équimolaire et à la température 20°C								
Durée en jours	15	22	70	72	128	154	277	368
Pourcentage de l'acide initial estérifié	10,0	14,0	37,3	38,3	46,8	48,1	53,7	55,0

Données :	Acide éthanoïque	Ethanol
Masse molaire en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$	60,0	46,0
Masse volumique en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1,05	0,79

En se référant au texte et en se servant des tableaux ci-dessus :

- 1- a- Dégager **deux** caractères de la transformation étudiée par Berthelot.
  - b- Berthelot indique que « les esters peuvent reproduire en se décomposant les acides et les alcools ». Nommer la réaction inverse ainsi évoquée.
  - c- Le quel des quatre corps, Berthelot a-t-il choisi de déterminer sa masse dans les expériences qu'il l'a faites ? Décrire le protocole expérimental qu'il l'a adopté. Préciser le rôle joué par le tournesol.
- 2- a- Justifier qu'il est impossible dans le temps d'une séance de TP d'une heure et demie de réaliser une analyse quantitative telle que Berthelot l'a effectuée ? Proposer alors **deux** moyens pour rendre possible cette étude.
  - b- Qu'est ce que vous utilisez à la place du tournesol ? Par quelle solution peut-on remplacer l'eau de baryte ?
- 3- a- Quels volumes d'acide éthanoïque (pur) et d'éthanol (pur) Berthelot aurait-t-il prélevé pour que le mélange initial soit équimolaire (1 mol d'acide et 1 mol d'alcool), sachant que ces deux réactifs sont des liquides à température ambiante. .
  - b- Déterminer les nombres de moles de l'ester et de l'acide présents dans le mélange au 368<sup>ème</sup> jour.
  - c- Sachant que la constante d'équilibre de la réaction étudiée est  $K = 4$ , dire en le justifiant si l'équilibre chimique était atteint au bout de 368 jours.

### Partie de physique (11 points)

#### Exercice 1 (6,5 points)

Dans la nuit du 26 avril 1986, le réacteur 4 de la centrale de Tchernobyl, en Ukraine, explosait après un test de production mal contrôlé, provoquant le pire accident nucléaire de l'histoire, plus grave encore que celui de Fukushima en 2011 au Japon. Cet accident a causé le plus grand rejet radioactif non contrôlé de l'histoire. De grandes quantités d'iode et de césium radioactifs sont libérées dans l'atmosphère, principalement près de la centrale ; cependant, certaines substances ont été transportées par le vent en Biélorussie, en République de Russie, en Ukraine et dans d'autres régions de l'Europe. L'accident majeur de Tchernobyl vient d'avoir lieu : il est de niveau sept sur l'échelle INES (International Nuclear Event Scale) qui en compte... sept.

*Dans ce problème, on se propose d'évaluer l'énergie libérée lors de cet accident et d'analyser l'impact sur l'environnement 33 ans plus tard de deux « débris » radioactifs produits lors de cette catastrophe.*

Données : - unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ; nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$   
- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ; masse du neutron :  $m_n = 1,00866 \text{ u}$   
-  $1 \text{ MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Nucléide	Uranium 235	Zirconium 95	Tellure 138	Iode 131	Xénon 130	Xénon 131	Césium 137
Symbole	U	Zr	Te	I	Xe	Xe	Cs
Z	92	40		53	54	54	55
Masse en u	235,043	94,886	137,901				

### I- Au cœur du réacteur

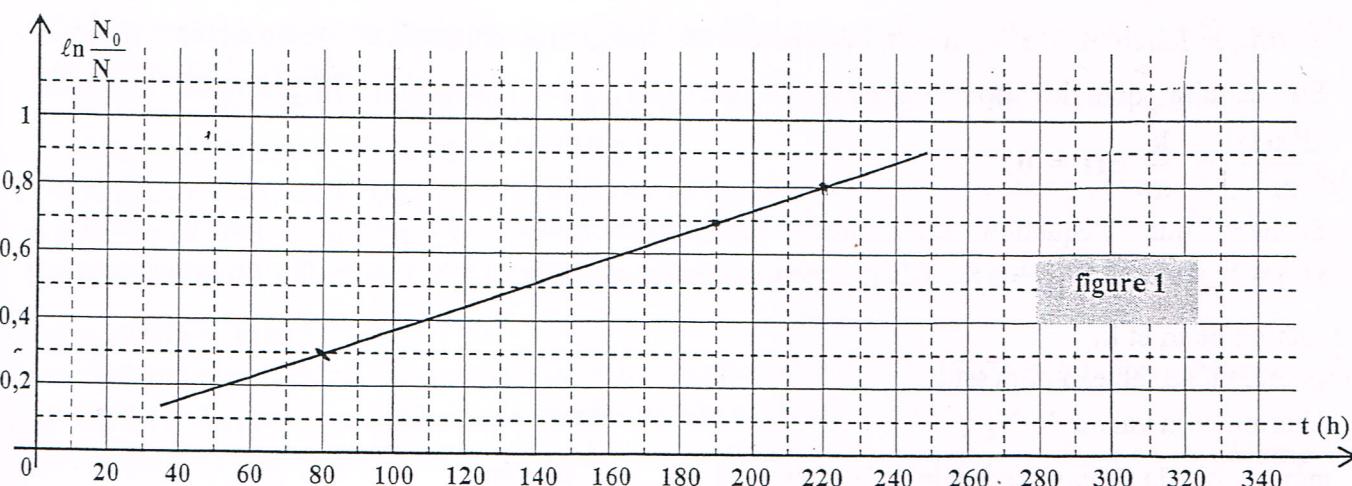
Dans une centrale nucléaire à neutrons lents, le combustible est l'uranium enrichi en isotope uranium 235.

- 1- Donner la composition d'un noyau d'uranium 235.
- 2- Lors de l'impact d'un neutron sur un noyau d'uranium 235, plusieurs réactions de fission sont possibles. La plus fréquente conduit à des noyaux de zirconium 95 et de tellure 138 ainsi qu'à un nombre  $k$  de neutrons.
  - a- Ecrire l'équation de la réaction de fission et déterminer la valeur de  $k$  et le numéro atomique du tellure.
  - b- Calculer, en MeV, l'énergie  $E_1$  libérée par cette réaction nucléaire.
  - c- Calculer, en joules, l'énergie  $E_2$  libérée par l'accident de Tchernobyl en considérant que la masse d'uranium 235 présente dans le réacteur était de 200 kg.

### II- Impact de l'iode 131

L'iode 131 est un des déchets radioactifs rejetés lors de l'accident nucléaire de Tchernobyl. On estime que, lors de l'explosion, le nombre de noyaux d'iode 131 émis dans l'atmosphère est :  $N_0 = 4,1 \cdot 10^{26}$  noyaux.

- 1- L'iode 131 est radioactif  $\beta^-$ .
  - a- Ecrire l'équation de la désintégration  $\beta^-$  d'un noyau d'iode 131.
  - b- Préciser l'origine de la particule  $\beta^-$ .
- 2- On désigne par  $N(t)$  le nombre de noyaux d'iode 131 présents dans l'atmosphère à un instant de date  $t$ .
  - a- Donner, sans démonstration, l'expression de la loi de décroissance radioactive.
  - b- En exploitant la courbe de la figure 1, montrer que la constante radioactive de l'iode 131 est :  $\lambda = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$ .
  - c- Déterminer, en jours, la valeur de la période radioactive  $T_1$  de l'iode 131.
- 3- Les sols de Tchernobyl sont-ils, de nos jours (33 ans après l'explosion), contaminés par l'iode 131 ?  
Justifier la réponse.



### III- Impact du césium 137

Le césium 137 est également un émetteur  $\beta^-$  de demi-vie  $T_2 = 30,1$  ans. La contamination des sols à la suite de l'explosion est principalement due à ce radionucléide. Selon le comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements atomiques (UNSCEAR), une surface d'aire  $S = 10\ 000 \text{ km}^2$  de

territoire de l'Ex-Union Soviétique a été contaminée en 1986 avec du césium 137 produisant une radioactivité surfacique de  $555 \text{ kBq.m}^{-2}$ . Ces territoires sont appelés zones de contrôle spécial.

- 1- Définir l'activité A d'une source radioactive.
- 2- Calculer le nombre de noyaux de césium 137 correspondant à une activité de  $555 \text{ kBq}$ .
- 3- Si on suppose que la décroissance radioactive est la seule cause de décontamination et qu'il n'y a pas de nouvel apport de césium 137, déterminer la date à laquelle la radioactivité surfacique des territoires contaminés atteindra  $37 \text{ kBq.m}^{-2}$ , limite inférieure de contamination selon l'UNSCEAR.

### Exercice 2 (4,5 points)

Le pendule élastique de la **figure 2** est constitué d'un solide (S) de masse  $m = 80 \text{ g}$ , relié à l'une des extrémités d'un ressort (R) à spires non jointives, d'axe horizontal, de raideur  $k$  et de masse négligeable devant  $m$ . L'autre extrémité du ressort est attachée à un support fixe.

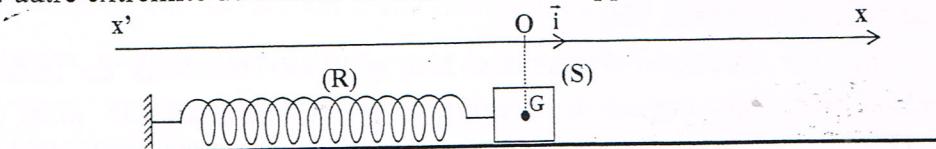


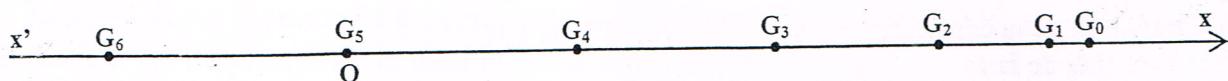
figure 2

A l'équilibre, le centre d'inertie  $G$  de (S) coïncide avec l'origine  $O$  du repère  $(O, \vec{i})$  de l'axe  $x'x$ .

On désigne par  $x(t)$  et  $v(t)$  respectivement, l'abscisse et la vitesse de  $G$  à un instant de date  $t$ .

Un dispositif approprié, non représenté sur la **figure 2**, permet d'enregistrer les positions de  $G$  à des intervalles de temps successifs égaux à  $\tau = 20 \text{ ms}$ .

On écarte (S) d'une certaine distance, dans le sens positif, à partir de la position d'équilibre  $O$  de  $G$  puis on le lâche sans vitesse initiale à un instant de date  $t_0 = 0$ . Le dispositif d'enregistrement fournit les positions  $G_0, G_1, G_2, G_3, \dots$  de  $G$  aux instants de dates respectives  $t_0 = 0, t_1 = \tau, t_2 = 2\tau, t_3 = 3\tau, \dots$



Quelques positions de  $G$  sont données dans le tableau ci-dessous :

$t$	0	$\tau$	$2\tau$	$3\tau$	$4\tau$	$5\tau$	$6\tau$
$OG = x \text{ (cm)}$	$OG_0$	$OG_1 = 5,7$	$OG_2 = 4,8$	$OG_3 = 3,5$	$OG_4 = 1,9$	$OG_5 = 0$	$OG_6 = -1,9$

Les forces de frottements ainsi que l'amortissement du mouvement sont considérés comme négligeables.

- 1- a- Écrire, en fonction de  $x, v, m$  et  $k$ , l'expression de l'énergie mécanique  $E$  du système  $\{(S) + (R)\}$ .  
b- En déduire que le mouvement de  $G$  est régi par l'équation différentielle suivante :  

$$\frac{d^2x(t)'}{dt^2} + \frac{k}{m} x(t) = 0.$$
c- Sachant que l'équation différentielle précédente admet une solution de la forme :  
 $x(t) = X_{\max} \sin(2\pi N_0 t + \phi_x)$ , déterminer l'expression de la fréquence propre  $N_0$  du mouvement en fonction de  $m$  et  $k$ .
- 2- En se référant au tableau ci-dessus :
  - déterminer la valeur de  $N_0$  ;
  - montrer que la valeur maximale de la vitesse est :  $V_{\max} = 0,95 \text{ m.s}^{-1}$ .
- 3- Déduire les valeurs de la raideur  $k$  et de l'amplitude  $X_{\max}$ .
- 4- Déterminer la valeur de la phase initiale  $\phi_x$  de  $x(t)$ . En déduire celle de la phase initiale  $\phi_v$  de  $v(t)$ .