

# BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2008

## PHYSIQUE - CHIMIE

Série S

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 8

L'usage de la calculatrice électronique est autorisé

Ce sujet nécessite une feuille de papier millimétré

# SPÉCIALITÉ

Ce sujet comporte un exercice de **CHIMIE** et deux exercices de **PHYSIQUE** présentés sur 8 pages numérotées de 1 à 8, y compris celle-ci.

**Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres :**

- I – Propriétés des solutions d'ammoniac
- II – Quelques propriétés du plutonium 241
- III – Quelques propriétés de la flûte de Pan

## Exercice 1 : Propriétés des solutions d'ammoniac (7 points)

### Données et rappels :

- Produit ionique de l'eau :  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$ .
- $pK_A$  des couples acide/base suivants :
  - $H_3O^+(aq)/H_2O(l)$  :  $pK_{A1} = 0$
  - $NH_4^+(aq)/NH_3(aq)$  :  $pK_{A2} = 9,2$
  - $H_2O(l)/HO^-(aq)$  :  $pK_{A3} = 14$
- Conductimétrie :  
La conductivité  $\sigma$  d'une solution contenant des espèces ioniques  $X_i$  est fonction des concentrations molaires effectives  $[X_i]$  de ces ions dans la solution selon la loi :

$$\sigma = \sum_i \lambda_i [X_i].$$

$\sigma$  s'exprime en  $S \cdot m^{-1}$ ,  $\lambda_i$  conductivité molaire ionique en  $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$  et les concentrations  $[X_i]$  en  $mol \cdot m^{-3}$ .

- Valeurs des conductivités molaires ioniques (en  $S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$ ) :
  - $\lambda (HO^-(aq)) = 199 \cdot 10^{-4} S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$
  - $\lambda (NH_4^+(aq)) = 73,4 \cdot 10^{-4} S \cdot m^2 \cdot mol^{-1}$

Une solution commerciale  $S_0$  d'ammoniac  $NH_3(aq)$  de concentration  $C_0 = 1,1 mol \cdot L^{-1}$  peut être utilisée, après dilution, comme produit nettoyant (évier, lavabos,...) ou comme produit détachant (moquette, tapis,...).

On se propose d'étudier la solution  $S$  d'ammoniac de concentration  $C_s$  :  $S$  est 100 fois plus diluée que  $S_0$ .

### **1.1 Préparation de la solution diluée $S$ :**

Faire la liste de la verrerie nécessaire pour préparer précisément un volume  $V = 1,00 L$  de  $S$  à partir de  $S_0$ .

### **1.2 Titrage de la solution diluée $S$ :**

On se propose de vérifier la valeur de la concentration  $C_0$  de  $S_0$ .

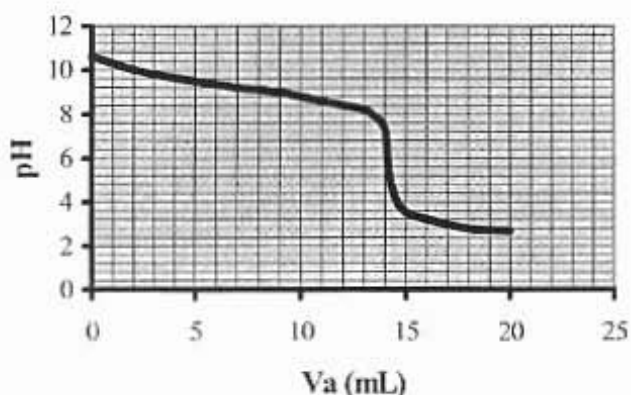
Pour cela, la solution  $S$  est titrée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_a = 0,015 mol \cdot L^{-1}$ .

Dans un volume  $V_s = 20 mL$  de la solution  $S$ , on verse progressivement la solution d'acide chlorhydrique et on mesure après chaque ajout le pH du mélange.

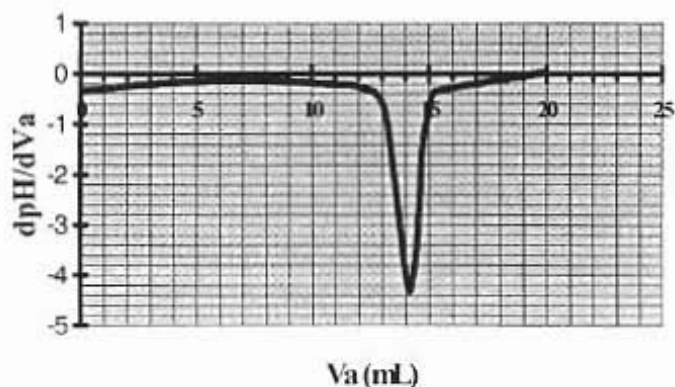
On peut alors tracer la courbe d'évolution du pH en fonction du volume de solution acide ajoutée  $V_a$  à l'aide d'un logiciel approprié. On trace aussi la courbe

d'évolution de la dérivée  $\frac{dpH}{dV_a}$  en fonction de  $V_a$ .

### Evolution du pH



### Evolution de dpH/dVa



### Evolutions de pH et de dpH / dVa:

1.2.1 Faire un schéma légendé du dispositif expérimental de titrage.

1.2.2 Réaction de titrage :

Ecrire l'équation bilan de la réaction de titrage (1) de la solution d'ammoniac S.

1.2.3 Détermination des concentrations :

1.2.3.a A partir des données expérimentales, déterminer le volume de solution acide versé à l'équivalence  $V_{aE}$ . Préciser la méthode employée.

1.2.3.b En déduire la valeur de la concentration  $C_S$  de la solution diluée S. Déterminer alors la valeur de la concentration  $C_0$  de la solution  $S_0$ . Comparer la valeur trouvée à la valeur de  $C_0$  donnée au début de l'énoncé.

Remarque : Pour la suite de l'exercice, on utilisera la valeur de  $C_0$  donnée au début de l'énoncé et la valeur correspondante de  $C_S$ .

1.2.4 Autre repérage de l'équivalence :

Parmi les indicateurs colorés du tableau ci-dessous, déterminer celui qu'il faut ajouter à la solution pour procéder le plus efficacement possible au titrage précédent par une méthode colorimétrique. Justifier ce choix. Qu'observe-t-on autour de l'équivalence dans ce cas ?

Indicateur coloré	Teinte acide	Zone de virage	Teinte basique
Bleu de bromophénol	Jaune	3,0 – 4,6	Bleu-violet
Rouge de méthyle	Rouge	4,2 – 6,2	Jaune
Rouge de crésol	Jaune	7,2 – 8,8	Rouge

### 1.3 Etude de l'équilibre dans la solution diluée S :

On considère maintenant un volume  $U_S = 1,0 \text{ L}$  de la solution S.

#### 1.3.1 Réaction acido-basique dans S :

L'équation bilan, notée (2) de la réaction entre l'ammoniac et l'eau est :



1.3.1.a Donner l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à l'équation de la réaction (2).

1.3.1.b Exprimer K en fonction de  $K_e$  et  $K_{A2}$ . Calculer K.

#### 1.3.2 Composition de S :

1.3.2.a Reproduire puis compléter sur votre copie le tableau d'avancement, ci-dessous, associé à la transformation modélisée par la réaction d'équation (2).

Equation		$\text{NH}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = \text{NH}_4^+(\text{aq}) + \text{HO}^-(\text{aq})$			
Etat	Avancement (mol)	Quantité de matière (mol)			
Etat initial	0		Excès	0	0
Etat final	$x_{\text{éq}}$		Excès		

**Tableau d'avancement**

#### Remarque :

A l'état initial,  $[\text{NH}_3(\text{aq})]_i = C_S$  (concentration de la solution S).

L'avancement à l'état final d'équilibre est noté  $x_{\text{éq}}$ .

Le volume de la solution  $U_S$  est supposé constant (la dilution est négligée).

1.3.2.b En supposant que  $x_{\text{éq}}$  est négligeable par rapport au produit  $C_S \cdot U_S$ , montrer que

$$K \approx \frac{x_{\text{éq}}^2}{C_S \cdot U_S^2}$$

1.3.2.c En déduire la valeur de  $x_{\text{éq}}$ . L'hypothèse faite est-elle justifiée ?

#### 1.3.3 Etude conductimétrique :

La valeur de la conductivité de la solution diluée S est  $\sigma = 8,52 \cdot 10^{-3} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$ .

1.3.3.a En déduire la valeur commune de la concentration (en  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ) des ions  $\text{NH}_4^+(\text{aq})$  et  $\text{HO}^-(\text{aq})$  dans la solution S.

1.3.3.b Déterminer alors la valeur du pH de la solution S. Ce résultat est-il en accord avec les données expérimentales ?

## Exercice 2 : Quelques propriétés du plutonium 241 (5 points)

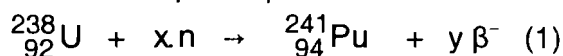
### 2.1 Généralités :

On relève dans la littérature spécialisée :

*Les minerais d'uranium (U) contiennent essentiellement 2 isotopes dans les proportions : 99,3 % d'uranium 238 et 0,7 % d'uranium 235.*

*Le combustible des centrales nucléaires est un mélange enrichi en uranium 235, c'est-à-dire que la proportion de l'isotope 235 est supérieure à 0,7 % (et celle du 238 inférieure à 99,3 %). En effet, seuls les noyaux d'uranium 235 sont fissiles, c'est-à-dire susceptibles de subir une fission nucléaire sous l'action d'un neutron.*

*Le plutonium (Pu) n'existe pas dans la nature. Le plutonium 241 est un sous-produit obtenu, dans les réacteurs des centrales nucléaires, à partir d'uranium 238. On peut en effet schématiser la formation d'un noyau de plutonium 241 par l'équation de réaction nucléaire suivante :*



*n est le symbole d'un neutron et  $\beta^{-}$  celui d'une particule émise et x et y sont des coefficients entiers à déterminer.*

*Une fois formé, le plutonium 241 est lui-même fissile sous l'action d'un bombardement neutronique. De plus, il est émetteur  $\beta^{-}$  avec une demi-vie de l'ordre d'une dizaine d'années (une valeur plus précise fait l'objet d'une question).*

#### 2.1.1 Définir les termes suivants :

- 2.1.1.a noyaux isotopes ;
- 2.1.1.b fission nucléaire ;
- 2.1.1.c demi-vie.

#### 2.1.2 Préciser le nombre de masse et le numéro atomique de chacune des deux particules, neutron et $\beta^{-}$ .

Expliciter pour chaque particule la notation  ${}^A_Z X$ .

#### 2.1.3 Déterminer les valeurs de x et de y dans l'équation (1).

### 2.2 Détermination des énergies libérées lors de transformations du plutonium 241 :

*On donne les valeurs numériques qui suivent (u est le symbole de l'unité de masse atomique) :*

- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- charge élémentaire :  $e = 1,602177 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- unité de masse atomique :  $1u = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- masse du neutron :  $m(n) = 1,00866 \text{ u}$
- masse de la particule  $\beta^{-}$  :  $m(\beta) = 0,00055 \text{ u}$
- masse du noyau de plutonium 241 :  $m(\text{Pu}) = 241,00514 \text{ u}$
- masse du noyau d'américium 241 :  $m(\text{Am}) = 241,00457 \text{ u}$
- masse du noyau d'yttrium 98 :  $m(\text{Y}) = 97,90070 \text{ u}$
- masse du noyau de césium 141 :  $m(\text{Cs}) = 140,79352 \text{ u}$ .

En outre, dans la relation d'équivalence masse énergie, à une masse égale à une unité de masse atomique correspond une énergie égale à 931,494 MeV.

### 2.2.1 Fission du plutonium 241 :

Elle se fait selon l'équation :

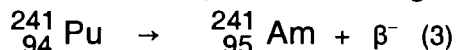


2.2.1.a Déterminer en MeV la valeur de l'énergie  $E_F$  libérée lors de la fission d'un noyau de plutonium 241.

2.2.1.b On dit parfois qu'une réaction de ce type peut donner une réaction en chaîne. Pouvez-vous justifier ce terme ?

### 2.2.2 Désintégration $\beta^-$ du plutonium 241

Le plutonium 241 est aussi émetteur  $\beta^-$ . La désintégration se fait selon l'équation :



Déterminer en MeV la valeur de l'énergie  $E_D$  libérée lors de la désintégration  $\beta^-$  d'un noyau de plutonium 241.

### 2.2.3 Comparaison

2.2.3.a Comparer  $E_F$  et  $E_D$  et calculer le rapport  $E_F / E_D$ .

2.2.3.b Les physiciens nucléaires affirment que l'interaction entre nucléons appelée interaction forte est responsable de la fission alors que l'interaction qui s'exerce entre un nucléon comme le neutron et un électron appelée interaction faible est responsable de la désintégration  $\beta^-$ . Ces termes vous paraissent-ils justifiés ?

## 2.3 Étude expérimentale de la radioactivité du Plutonium 241 :

Une étude de l'activité d'un échantillon contenant du plutonium 241 permet d'obtenir à différentes dates le rapport du nombre de noyaux non encore désintégrés  $N$  à la population initiale  $N_0$  de noyaux dans l'échantillon. Les résultats expérimentaux ont été consignés dans le tableau ci-dessous :

t (ans)	0	3	6	9	12
$N/N_0$	1	0,85	0,73	0,62	0,53

2.3.1 Rappeler la loi de décroissance radioactive qui représente l'évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs.

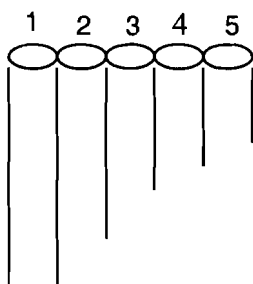
2.3.2. Par une méthode de votre choix, graphique (en utilisant éventuellement la feuille de papier millimétrique fournie avec le texte) ou numérique, déterminer la valeur du temps de demie-vie  $t_{1/2}$  du plutonium 241.

***Si la feuille de papier millimétré est utilisée pour déterminer la valeur de  $t_{1/2}$ , ne pas oublier de la rendre avec la copie.***

### Exercice 3 : Quelques propriétés de la flûte de Pan (4 points)

La flûte de Pan est très certainement un des instruments les plus faciles à fabriquer. Il suffit de quelques bouts de roseau bien évidés, d'un peu de bougie et d'un bon couteau !

Cette flûte consiste en une série de tuyaux de longueurs différentes qui sont maintenus ensemble par des ligatures (voir figure ci-dessous). Une extrémité de chaque tuyau est à l'air libre, l'autre (le fond) est fermée.



Une fois construite, cette flûte doit jouer les notes  $do_3$ ,  $mi_3$ ,  $sol_3$ ,  $do_4$  et  $mi_4$ .

Les deux dernières notes sont à l'octave respectivement des notes  $do_3$  et  $mi_3$ , c'est-à-dire qu'il y a une octave entre  $do_3$  et  $do_4$  (idem pour  $mi_3$  et  $mi_4$ ), la note  $do_4$  étant plus aiguë que  $do_3$  (idem pour  $mi_4$  plus aiguë que  $mi_3$ ).

Une recherche documentaire a permis de connaître les fréquences des trois premières notes :

notes	$do_3$	$mi_3$	$sol_3$
Fréquence en Hz	262	328	393

3.1 Rappeler la définition de deux sons à l'octave et déterminer les fréquences des deux notes  $do_4$  et  $mi_4$ .

On rappelle que :

- les sons sont produits par les vibrations des colonnes d'air contenues dans les tuyaux ;
- la vitesse de propagation (célérité) des sons dans l'air est  $c = 340 \text{ m.s}^{-1}$ .

Une étude plus fine montre qu'il y a toujours un nœud de vibration à une extrémité fermée d'un tuyau et un ventre de vibration à une extrémité ouverte.

3.2.a Définir ce qu'on appelle nœud de vibration et ventre de vibration.

3.2.b Dans quel type d'ondes peut-on observer des nœuds et des ventres de vibration ?

3.3 On note  $\lambda$  la longueur d'onde du son de fréquence  $f$ .

On rappelle qu'un nœud et un ventre consécutifs sont distants de  $\frac{\lambda}{4}$ .

3.3.a Exprimer  $\lambda$  en fonction de  $f$  et des données du problème.

3.3.b Montrer que le tuyau de la flûte de longueur  $L$  est accordé sur le son de longueur d'onde  $\lambda$  si  $L = n\frac{\lambda}{2} + \frac{\lambda}{4}$ ,  $n$  étant un nombre entier positif ou nul.

- 3.3.c. On appelle mode chaque valeur de  $n$ .  
Qu'appelle-t-on mode fondamental ? Que vaut  $L$  dans ce cas ?
- 3.3.d Déterminer la longueur de chacun des 5 tuyaux de la flûte de Pan dont le fondamental est accordé sur chacune des 5 notes  $do_3$ ,  $mi_3$ ,  $sol_3$ ,  $do_4$  et  $mi_4$ .
- 3.4 On dit parfois que les seuls sons possibles pour une flûte de Pan sont les harmoniques impairs. Justifier cette affirmation.
- 3.5 Un microphone enregistre le son produit par le tuyau n°3. La tension-image de ce son est ensuite analysée par un ordinateur.  
Représenter ce que donnerait une analyse fréquentielle (ou spectre fréquentiel) du son produit par le tuyau n°3 : en abscisses les fréquences des modes et en ordonnées les amplitudes (arbitraires). Votre schéma devra comporter au moins 4 harmoniques.
- 3.6 La célérité du son dans l'air augmente (faiblement) avec la température.  
Prévoir qualitativement si les notes jouées vont être toutes légèrement plus aiguës ou plus graves quand la température augmente. On ne raisonnera que sur le mode fondamental de vibration et on négligera la dilatation des tuyaux.