



Lycée Jean d'Alembert  
Alliance Française de Reñaca

# BAC BLANC n°1

Jeudi 21 juin 2012

---

## PHYSIQUE - CHIMIE

### SÉRIE S

---

Durée de l'épreuve : 3 h 30 – Coefficient : 6

---

L'usage de la calculatrice EST autorisé

LES TÉLÉPHONES PORTABLES SONT INTERDIS

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9, y compris celle-ci.

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

- |  |                   |
|--|-------------------|
| <b>EXERCICE 1 : ESPÈCES ACIDES EN SOLUTION</b>                 | <b>(8 points)</b> |
| <b>EXERCICE 2 : RADIOACTIVITÉ DANS LA FAMILLE DE L'URANIUM</b> | <b>(7 points)</b> |
| <b>EXERCICE 3 : TAUX D'ALCOOLÉMIE</b>                          | <b>(5 points)</b> |

Les pages annexes 1 et 2 (pages 8 et 9) SONT À RENDRE AVEC LA COPIE, même si elles n'ont pas été complétées

**EXERCICE 1 : ESPÈCES ACIDES EN SOLUTION (8 points)***Antilles 2003 (rattrapage)*

On se propose d'identifier deux espèces chimiques acides différentes notées  $HA_1$  et  $HA_2$ , en utilisant quelques mesures mettant en jeu différentes techniques expérimentales.

Tout d'abord, on prépare deux solutions aqueuses  $S_1$  et  $S_2$ , à partir des espèces  $HA_1$  et  $HA_2$  et d'eau distillée, de telle manière que la concentration en soluté apporté soit  $c_0 = 1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$  pour chacune d'elles. On considère que la réaction de chaque espèce acide dans l'eau est instantanée.

**Les parties 1, 2 et 3 sont indépendantes.**

**1. Mesure par pH-métrie**

1.1. Nous allons tenter de différencier ces deux espèces acides en observant leur action sur l'eau, par l'intermédiaire d'une mesure de pH réalisée dans les mêmes conditions pour chaque solution.

1.1.1. *Définir une espèce acide selon Brönsted.*

1.1.2. *Écrire l'équation qui représente la réaction d'une espèce acide quelconque HA avec l'eau. Indiquer les deux couples acide/base mis en jeu à cette occasion.*

1.1.3. On néglige toute autre réaction.

*Quelle relation a-t-on, dans ces conditions, entre les quantités de matière de  $A^-$  et  $H_3O^+$  ?*

1.2. On réalise la mesure du pH, à 25°C, en utilisant un volume  $V = 200 \text{ mL}$  de chacune des deux solutions  $S_1$  et  $S_2$ . Des mesures précises de pH pour  $S_1$  et  $S_2$  permettent de calculer leurs concentrations effectives en ions oxonium :

$$[H_3O^+]_1 = 1,3 \times 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1} \text{ pour } S_1 \quad \text{et} \quad [H_3O^+]_2 = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ pour } S_2$$

1.2.1. *Calculer les quantités de matière en ions oxonium,  $n(H_3O^+)_1$  et  $n(H_3O^+)_2$  dans chaque solution.*

1.2.2. *Calculer la quantité de matière d'acide  $HA_1$  et  $HA_2$ , initialement présente dans les 200 mL de chaque solution avant toute réaction avec l'eau.*

1.2.3. *Exprimer l'avancement maximal de la réaction et calculer sa valeur en fonction des données.*

*Calculer l'avancement final  $x_{f1}$  et  $x_{f2}$  pour la réaction de chaque acide avec l'eau.*

*Préciser la signification du taux d'avancement final et calculer  $\tau_1$  et  $\tau_2$  pour chaque réaction.*

**2. Suivi spectrophotométrique**

L'une des deux réactions précédentes se caractérise par un taux d'avancement final maximal.

Pour identifier précisément l'espèce acide qui participe à cette réaction, on introduit dans les 200 mL de cette solution 4 mL d'une solution de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ), de concentration  $c = 0,10 \text{ mol.L}^{-1}$ .

On observe alors l'apparition d'une coloration jaune très pâle qui se renforce progressivement ; cette coloration est caractéristique du diiode en solution aqueuse.

La transformation d'oxydoréduction qui se déroule alors peut être décrite par l'équation suivante :



2.1. Par spectrophotométrie, on établit la courbe qui représente l'évolution de la concentration en diode formé au cours du temps (**Voir Annexe 1, page 8, à rendre avec la copie**), ce qui permet de suivre le déroulement de la réaction.

2.1.1. Tracer les tangentes à la courbe aux points d'abscisse :  $t = 0 \text{ min}$  ;  $t = 20 \text{ min}$  ;  $t = 60 \text{ min}$ .

2.1.2. Indiquer comment varie la vitesse de réaction au cours du temps. Justifier cette évolution.

2.1.3. À quelle date la vitesse de réaction est-elle maximale ?

2.1.4. Donner la définition du temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

2.1.5. Faire sa détermination graphique sur la courbe donnée en **annexe 1, page 8, à rendre avec la copie**, et indiquer sa valeur.

2.2. La réaction (1) représente une transformation d'oxydoréduction.

2.2.1. Identifier les deux couples oxydant/réducteur mis en jeu dans cette équation.

2.2.2. Écrire les demi-équations correspondantes.

2.2.3. Quelle est l'espèce chimique qui subit une oxydation ?

2.2.4. Identifier l'espèce acide recherchée HA en donnant sa formule.

### 3. Mesure conductimétrique

Pour identifier à présent l'autre acide, on réalise une mesure de conductivité de sa solution ; on immerge la cellule du conductimètre dans les 200 mL de solution utilisée au 1.2. ; on obtient  $\sigma_{\text{exp.}} = 53,4 \text{ mS.m}^{-1}$ .

La conductivité d'une solution est liée à la concentration effective des espèces chargées en solution par la relation suivante :

$$\sigma = \left( \lambda_{X^+} \cdot [X^+] + \lambda_{Y^-} \cdot [Y^-] \right)$$

$\swarrow$   $\searrow$   $\swarrow$   $\searrow$   
 $\text{mS.m}^{-1}$        $\text{mS.m}^2.\text{mol}^{-1}$        $\text{mol.m}^{-3}$

(pour une solution contenant les ions  $X^+$  et  $Y^-$ )

3.1. Exprimer cette relation pour la solution acide étudiée, en considérant uniquement les ions formés après réaction de l'espèce acide avec l'eau.

3.2. En utilisant le résultat du 1.1.3., exprimer la conductivité molaire ionique  $\lambda(A^-)$  de la base conjuguée de l'espèce acide, en fonction des autres grandeurs,  $\sigma$ ,  $\lambda(\text{H}_3\text{O}^+)$ ,  $[\text{H}_3\text{O}^+]$ .  
Calculer sa valeur (utiliser les valeurs données en 1.2.).

3.3. En considérant les valeurs de conductivités molaires ioniques du tableau ci-dessous, identifier la nature de la base conjuguée présente en solution.  
Donner la formule du deuxième acide recherché.

Formule de l'ion	$\text{H}_3\text{O}^+$	$\text{NO}_3^-$	$\text{HCOO}^-$	$\text{HO}^-$	$\text{CN}^-$
$\lambda \text{ (mS.m}^2.\text{mol}^{-1} \text{)}$	35,0	7,14	5,46	19,9	7,80

**EXERCICE 2 : RADIOACTIVITÉ DANS LA FAMILLE DE L'URANIUM (7 points)**

Antilles2003

**Données (valables pour tout l'exercice)**

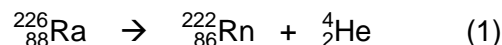
Unité de masse atomique	$u = 1,660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Énergie de masse de l'unité de masse atomique	$E = 931,5 \text{ MeV}$
Électronvolt	$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$
Megaélectronvolt	$1 \text{ MeV} = 1 \times 10^6 \text{ eV}$
Célérité de la lumière dans le vide	$c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton	Électron
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1\text{n}$	${}_1^1\text{p}$	${}_{-1}^0\text{e}$
Masse (en u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007	$5,49 \times 10^{-4}$

**1. Désintégration du radium**

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante.

Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante :



1.1. Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration ?

Justifier votre réponse.

1.2. Défaut de masse

1.2.1. Donner l'expression littérale du défaut de masse  $\Delta m$  du noyau de symbole  ${}^A_Z\text{X}$  et de masse  $m_X$

1.2.2. Calculer le défaut de masse du noyau de radium Ra. L'exprimer en unité de masse atomique u.

1.3. Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.

1.4. Le défaut de masse  $\Delta m(\text{Rn})$  du noyau de radon Rn vaut  $3,04 \times 10^{-27} \text{ kg}$

1.4.1. Définir l'énergie de liaison  $E_l$  d'un noyau.

1.4.2. Calculer, en joule, l'énergie de liaison  $E_l(\text{Rn})$  du noyau de radon.

1.4.3. Vérifier que cette énergie de liaison vaut  $1,71 \times 10^3 \text{ MeV}$ .

1.4.4. En déduire l'énergie de liaison par nucléon  $E_l/A$  du noyau de radon.  
Exprimer ce résultat en  $\text{MeV.nucléon}^{-1}$ .

## 1.5. Bilan énergétique.

1.5.1. *Établir littéralement la variation d'énergie  $\Delta E$  de la réaction (1) en fonction de  $m_{\text{Ra}}$ ,  $m_{\text{Rn}}$  et  $m_{\text{He}}$ , masses respectives des noyaux de radium, de radon et d'hélium.*

1.5.2. *Exprimer  $\Delta E$  en joule.*

## 2. Fission de l'uranium 235.

À l'état naturel, l'élément uranium comporte principalement les isotopes  ${}^{238}_{92}\text{U}$  et  ${}^{235}_{92}\text{U}$ .

Dans une centrale nucléaire "à neutrons lents", le combustible est de l'uranium « enrichi ».

Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235, un grand nombre de réactions sont possibles.

Parmi celles-ci, il y en a une qui donne les noyaux de zirconium et de tellure, dont les symboles des noyaux sont  ${}^{99}_{40}\text{Zr}$  et  ${}^{134}_{52}\text{Te}$ .

2.1. *Définir le terme "isotope"*

2.2. Intérêt énergétique de la fission

2.2.1. *Donner la définition de la fission.*

2.2.2. *Écrire la réaction de fission d'un noyau d'uranium 235 bombardé par un neutron, conduisant à la formations de Zr et de Te.*

2.2.3. *Les noyaux U, Zr et Te sont placés sur la courbe d'Aston (Voir Annexe 2, page 9, à rendre avec la copie).*

*À partir de cette courbe, dégager l'intérêt énergétique de cette réaction de fission.*

## 3. Désintégration du noyau Zr.

Le noyau Zr issu de la fission du noyau d'uranium est instable. Il se désintègre au cours d'une désintégration  $\beta^-$  en donnant le noyau de niobium Nb.

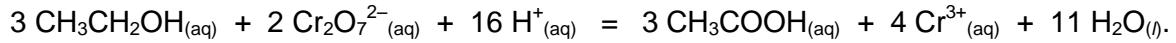
3.1. *Donner la définition de la radioactivité  $\beta^-$ .*

3.2. *Écrire l'équation de désintégration du noyau Zr.*

**EXERCICE 3 : TAUX D'ALCOOLÉMIE (5 POINTS)**

Réunion 2008

Pour mesurer la quantité d'alcool dans le sang, on réalise un prélèvement puis, par un procédé non indiqué ici, on décolore le sang. On dose alors la quantité d'alcool présente dans le sang à partir de la réaction chimique suivante :



Cette réaction est lente, son évolution est suivie par spectrophotométrie.

**Données :**

- Masse molaire moléculaire de l'éthanol :  $46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$  .
- Couleurs des espèces chimiques en présence :

<i>Espèces chimiques</i>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{Cr}^{3+}$	$\text{CH}_3\text{COOH}$
Couleur en solution aqueuse	incolore	jaune orangé	vert	incolore

**1. Choix de la méthode de suivi.**

1.1. Expliquer pourquoi cette réaction chimique peut être suivie par spectrophotométrie.

1.2. Pourquoi cette méthode peut-elle être qualifiée de « non-destructive » ?

**2. Suivi temporel.**

On désire suivre la présence des ions dichromate  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

On réalise les réglages préalables de l'appareil :

- on sélectionne la longueur d'onde  $\lambda = 420 \text{ nm}$  ;
- on réalise « le blanc » avec une solution aqueuse contenant l'ion chrome  $\text{Cr}^{3+}$ . Les ions dichromate et chrome n'absorbent pas dans le même domaine de longueur d'onde.

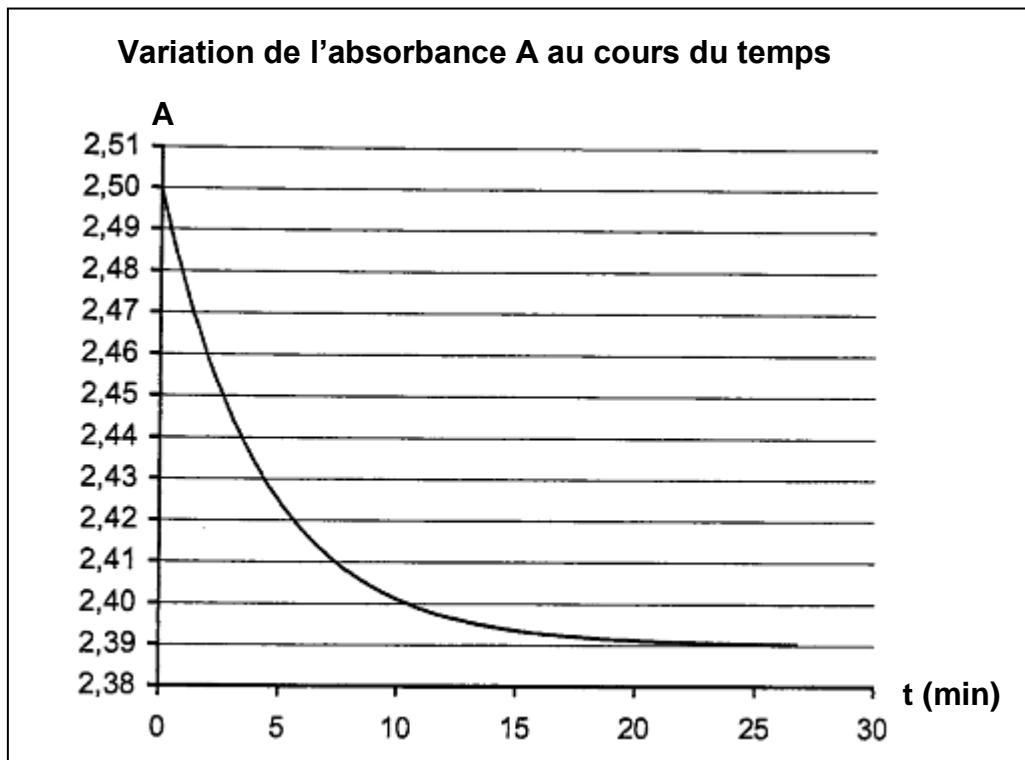
À la date  $t = 0$ , on mélange 2,0 mL de sang prélevé au bras d'un conducteur avec 10,0 mL d'une solution aqueuse acidifiée de dichromate de potassium ( $2\text{K}^+ + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) de concentration molaire  $c = [\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}] = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ . Le volume total du mélange réactionnel est  $V = 12,0 \text{ mL}$ .

On agite et on place rapidement un prélèvement du mélange réactionnel dans une cuve du spectrophotomètre.

Le prélèvement dans la cuve évolue de la même façon que le mélange réactionnel.

Le spectrophotomètre est connecté à un ordinateur, il mesure l'absorbance  $A$  du mélange réactionnel au cours du temps.

On obtient l'enregistrement page suivante (page 7/9).



2.1. D'une manière générale, sur quel critère sélectionne-t-on la longueur d'onde pour effectuer un suivi spectrophotométrique ?

2.2. Établir le tableau d'avancement du système en désignant par  $n_0$  la quantité de matière initiale d'alcool présente dans les 2,0 mL de sang, et par  $n_1$  la quantité de matière initiale en ions dichromate introduite dans le mélange réactionnel.

N.B. : dans les conditions de l'expérience, l'ion  $H^+$  est en excès. On ne renseignera donc pas la colonne relative à cet ion dans le tableau d'avancement.

2.3. Quelle relation existe entre l'avancement  $x$  de la réaction, la concentration en ions dichromate  $[Cr_2O_7^{2-}]$  dans le mélange, le volume  $V$  du mélange réactionnel, et la quantité  $n_1$  ?

2.4. L'absorbance  $A$  est liée à la concentration  $[Cr_2O_7^{2-}]$  (en  $mol.L^{-1}$ ) par la relation :

$$A = 150 [Cr_2O_7^{2-}] \quad (\text{pour } \lambda = 420 \text{ nm})$$

Déduire de la relation établie en 2.3. que l'avancement  $x$  est lié à l'absorbance  $A$  par la relation :

$$x = (10 - 4.A).10^{-5} \quad (\text{mol})$$

2.5. La réaction peut être considérée comme totale.

À l'aide du graphique  $A = f(t)$ , calculer l'avancement maximal.

En déduire que le réactif limitant est l'éthanol.

2.6. Le taux autorisé d'alcool est de 0,5 g dans 1 L de sang.

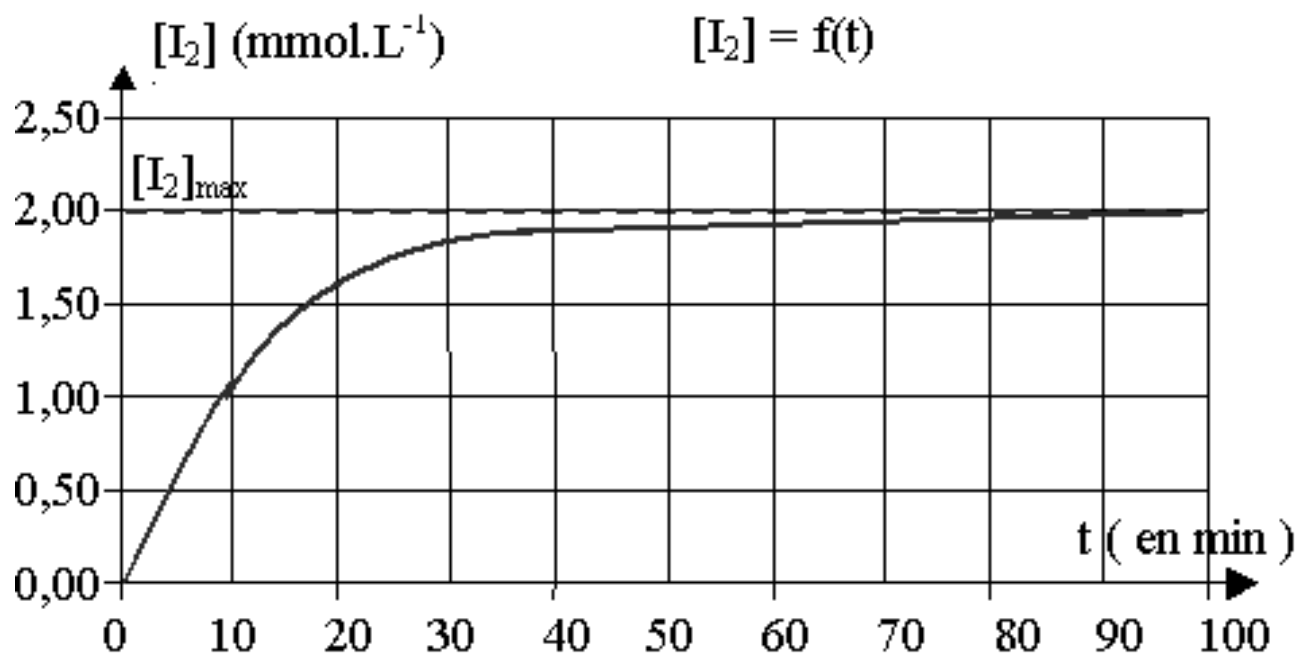
Le conducteur est-il en infraction ?

**NOM :**

**ANNEXE 1 À RENDRE AVEC LA COPIE**

**Exercice 1 : Espèces acides en solution**

Question 2.1.5.





**NOM :****ANNEXE 2 À RENDRE AVEC LA COPIE****Exercice 2 : Espèces acides en solution**

Question 2.2.3.

