



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE  
DE L'ÉCONOMIE, DE L'INDUSTRIE  
ET DE L'EMPLOI

MINISTÈRE DU BUDGET, DES COMPTES  
PUBLICS, DE LA FONCTION PUBLIQUE  
ET DE LA RÉFORME DE L'ÉTAT

**CONCOURS INTERNE  
POUR LE RECRUTEMENT  
DE TECHNICIENS SUPÉRIEURS  
DE L'INDUSTRIE ET DES MINES  
SESSION 2010**

**ÉPREUVE ÉCRITE n°4**

**du mercredi 10 mars 2010**

**CHIMIE**

**(Durée : 3 heures – coefficient : 2)**

**L'usage d'une calculatrice de poche est autorisé (standard, programmable ou alphanumérique) à condition qu'elle soit autonome et qu'elle ne comporte ni dispositif d'impression, ni dispositif externe de stockage d'information (cassette, bandes magnétiques, etc.).**

**Les notices de fonctionnement ne sont pas autorisées.**

Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction ; si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

**REMARQUES IMPORTANTES :**

- Les copies doivent être rigoureusement anonymes et ne comporter aucun signe distinctif ni signature, même fictive, sous peine de nullité.
- Le candidat s'assurera, à l'aide de la pagination, qu'il détient un sujet complet.

**TOUTE NOTE INFÉRIEURE À 6 SUR 20 EST ÉLIMINATOIRE.**

Les différents exercices de ce sujet sont largement indépendants et dans chaque exercice de nombreuses questions sont indépendantes.

### Exercice I : La magnésite

Un des minerais contenant l'élément magnésium Mg est la magnésite (ou carbonate de magnésium) de formule brute  $MgCO_3$ . L'élément magnésium possède trois isotopes  $^{24}_{12}Mg$ ,  $^{25}_{12}Mg$  et  $^{26}_{12}Mg$

- I.1. Donner la composition du noyau de l'isotope  $^{25}_{12}Mg$
- I.2. Donner la structure électronique de l'élément magnésium.
- I.3. En déduire la formule de l'ion que peut donner l'élément magnésium. On justifiera brièvement.
- I.4. En déduire la formule de l'ion carbonate. On justifiera brièvement.

### Exercice II : Pétrochimie

On traite une tonne de gasoil moyen par craquage catalytique. Il est transformé en gasoil léger 20%, en naphta 15%, et en essence 65% en masse.

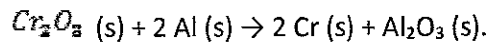
Le craquage de ces coupes (gasoil léger et naphta) permet d'obtenir les produits suivants (dihydrogène, méthane, éthylène, propène...) dont les pourcentages en masse sont donnés dans le tableau ci-dessous suivant la coupe utilisée.

	Gasoil léger	Naphta
Dihydrogène	1,5	0,9
Méthane	17,5	11,2
Ethylène ou éthène	33,6	26,0
Propène	15,6	16,1
Butadiène	4,5	4,5
Benzène	11,9	11,1
Autres $C_4-C_8$	10,7	12,1
Fuel	4,7	18,1

- II.1. Donner les formules semi développées du méthane et du propène.
- II.2.a. Déterminer les masses de naphta et de gasoil léger obtenues à partir d'une tonne de gasoil moyen.
- II.2.b. En déduire la masse d'éthylène obtenue.
- II.3. Le benzène obtenu sert à fabriquer du styrène  $C_6H_5-CH=CH_2$ . Pour cela on fait réagir le benzène  $C_6H_6$  avec l'éthylène  $CH_2=CH_2$ , il se forme de l'ethylbenzène que l'on déshydrogène en styrène  $C_6H_5-CH=CH_2$ .
- II.3.a. Ecrire les équations des réactions chimiques correspondantes.
- II.3.b. Ecrire l'équation de la réaction de polymérisation du styrène permettant d'obtenir le polystyrène.

### Exercice III : Métallurgie du chrome

Le chrome est un métal très utilisé dans les alliages, en particulier dans les aciers inoxydables. Il est obtenu par aluminothermie : on réduit l'oxyde de chrome  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  par l'aluminium et on obtient le métal chrome et l'alumine suivant la réaction :



La production mondiale annuelle est de l'ordre de 17 000 tonnes de chrome par ce procédé.

- III.1. Déterminer la quantité de matière de chrome (exprimée en moles) produite annuellement.
- III.2. Déterminer la quantité de matière d'aluminium nécessaire ainsi que la quantité de matière d'alumine formée annuellement.
- III.3. En déduire la masse d'aluminium nécessaire.
- III.4. Quelle est la masse d'alumine produite par ce procédé ?

On donne les masses molaires atomiques en  $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$  :  
 $M(\text{O}) = 16,0$  ;  $M(\text{Cr}) = 52,0$  ;  $M(\text{Al}) = 27,0$

### Exercice IV : Elaboration de l'aluminium à partir de la bauxite

L'aluminium est tiré de l'alumine par réduction électrolytique qui s'effectue dans des cuves que traverse un courant continu à haute intensité ( de l'ordre de  $10^5$  A sous une tension d'environ 4 V).  
Les cuves sont revêtues de blocs de carbone qui forment la cathode.  
Ces cuves contiennent un électrolyte en fusion qui dissout l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3(s)$  qui y est apportée. Les anodes, constituées de carbone très pur, plongent dans l'électrolyte.  
Par électrolyse, à une température d'environ  $950^\circ\text{C}$ , l'alumine est transformée en aluminium et en oxygène.  
L'aluminium liquide se dépose au fond de la cuve, où il est récupéré puis solidifié après refroidissement.

#### Données:

- La réaction de dissolution de l'alumine peut être modélisée par l'équation chimique suivante :
$$\text{Al}_2\text{O}_3(s) = 2 \text{Al}^{3+} + 3 \text{O}^{2-}$$
- On admet que, dans cette phase, l'électrolyte, non aqueux, est constitué des ions suivants  $\text{Al}^{3+}$  et  $\text{O}^{2-}$ .
- Couples mis en jeu lors de l'électrolyse:  $\text{Al}^{3+} / \text{Al} (s)$  ;  $\text{O}_2 (g) / \text{O}^{2-}$
- La réaction d'électrolyse de l'alumine s'écrit:  $4 \text{Al}^{3+} + 6 \text{O}^{2-} = 3 \text{O}_2 (g) + 4 \text{Al} (s)$
- Définition de l'intensité  $I$ :  $I = \frac{Q}{\Delta t}$  où  $Q$  est la quantité d'électricité qui transite dans l'électrolyte durant la durée  $\Delta t$ .
- Charge d'une mole d'électron = 96 500 C

Élément	Al
Masse molaire atomique ( $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$ )	27,0

- IV.1. D'après le texte encadré, quelle est l'action de l'électrolyte sur l'alumine introduite ?
- IV.2. Faire un schéma simplifié du circuit électrique montrant la cuve, la position et le nom des électrodes, l'électrolyte, le générateur, en précisant la polarité de ses bornes.
- IV.3. Ecrire les équations des réactions se produisant à l'anode et à la cathode.

#### IV.4. Durée de fonctionnement de l'électrolyseur.

*On cherche la durée nécessaire  $\Delta t$  pour préparer, par électrolyse, une masse  $m$  d'aluminium, l'intensité du courant  $I$  étant constante.*

**IV.4.a.** Donner l'expression littérale de la quantité d'électrons nécessaire à la production de la masse  $m$  d'aluminium.

**IV.4.b.** Donner l'expression littérale de la quantité d'électricité  $Q$  consommée par l'électrolyseur.

**IV.4.c.** La masse  $m$  d'aluminium fabriqué est  $m = 1,08$  tonnes et l'intensité du courant  $I$  de  $1,0 \times 10^5$  A. Calculer la durée  $\Delta t$  en heures de l'électrolyse.

### Exercice V : Titrage d'une eau polluée

*La synthèse de dérivés organiques chlorés s'accompagne souvent de la formation d'acide chlorhydrique comme sous-produit ; l'industrie chimique récupère cet acide qu'elle commercialise en solutions concentrées. Une usine produit annuellement 80 000 tonnes de chlorométhane par réaction photochimique du dichlore sur le méthane. L'eau de refroidissement utilisée lors de cette synthèse est polluée par des traces d'acide chlorhydrique qu'il est nécessaire d'éliminer avant le rejet des eaux à l'extérieur de l'usine.*

*Cette eau est ainsi traitée par de l'hydroxyde de calcium en solution ( $\text{Ca}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{HO}^{-}(\text{aq})$ ). Afin de connaître la quantité d'hydroxyde de calcium à rajouter, il faut titrer l'eau polluée. On titre ainsi un volume  $V_A = 200$  mL d'eau polluée lors de la production par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $c_B = 1,00 \cdot 10^{-2}$  mol.L<sup>-1</sup>. L'équivalence est obtenue pour un volume de solution d'hydroxyde de sodium  $V_{BE} = 18,0$  mL.*

**V.1.** Ecrire l'équation de la réaction entre une solution d'acide chlorhydrique ( $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Cl}^-$ ) et une solution d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ).

**V.2. a.** Compléter le schéma du dispositif utilisé pour le titrage, en annexe à rendre avec la copie.

**V.2. b.** Comment repère-t-on l'équivalence expérimentalement ?

**V.3. a.** Calculer la concentration en ions oxonium [ $\text{H}_3\text{O}^+$ ] de l'eau polluée.

**V.3.b.** En déduire le pH de l'eau polluée. Commenter.

**V.4.** En déduire la masse d'hydroxyde de calcium qu'il faut ajouter à 1 m<sup>3</sup> d'eau polluée pour ramener son pH à 6,2.

On donne les masses molaires atomiques en g.mol<sup>-1</sup>:

$M(\text{O}) = 16,0$  ;  $M(\text{Ca}) = 40,1$  ;  $M(\text{H}) = 1,0$

## ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Attention cette annexe ne doit comporter aucun nom ni signe distinctif

V.2.a.

