



**ENGINIUS**  
Formation & Recrutement

## Concours Enginius

### Épreuve de CHIMIE

### Session 2024

#### Informations sur le sujet de l'épreuve

Durée de l'épreuve :	45mn
Épreuve notée sur :	20 points
Document(s) autorisé(s) :	<input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non
Calculatrice autorisée :	<input type="checkbox"/> oui <input checked="" type="checkbox"/> non

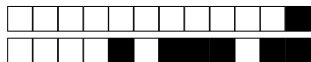
#### Remarques

*Pour chaque question de l'épreuve, veuillez noircir (comme ceci ■) la (les) bonne(s) réponse(s) sur la feuille de réponse ci-jointe.*

*Des points négatifs seront affectés aux mauvaises réponses.*

*Uniquement les feuilles de réponses correctement remplies seront corrigées.*

**Début du sujet sur la page suivante**



### Problème : le chrome

Le chrome a été découvert en 1797 par le chimiste français Nicolas-Louis Vauquelin sous forme de chromate de plomb  $\text{PbCrO}_4$ . Il le nomme alors *chrome*, signifiant en grec *couleur*. Le chrome est en effet l'élément qui fournit le plus grand nombre de couleurs dans ses composés.

Le chrome est un oligo-élément, vital pour le corps humain, essentiel pour le métabolisme du sucre chez l'être humain. Une déficience en chrome peut affecter le potentiel de l'insuline à réguler le niveau de sucre dans l'organisme.

Le chrome n'a pas, comme les autres oligo-éléments, été trouvé dans une protéine avec une activité biologique, et donc son mécanisme d'action dans la régulation du sucre reste inexpliqué. D'où les études actives autour de cet élément.

En métallurgie, le chrome permet de confectionner des alliages durs et résistants. On le retrouve dans l'aluminium anodisé.

Le chromage ou plaquage électrolytique au chrome permet d'améliorer la résistance à la corrosion, et de rajouter un fini brillant à la pièce.

On considère les espèces chimiques suivantes :

- le chrome solide  $\text{Cr}_{(s)}$  ;
- l'hydroxyde de chrome (III), qui est de couleur verte, de formule  $\text{Cr}(\text{OH})_{3(s)}$  ;
- ion chromeux  $\text{Cr}^{2+}$  ;
- ion chromique  $\text{Cr}^{3+}$  ;
- le complexe  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$  ;
- l'ion dichromate, qui est de couleur orange, de formule  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  ;
- l'ion chromate, qui est de couleur jaune, de formule  $\text{CrO}_4^{2-}$ .

Le diagramme potentiel-pH de l'élément chrome ci-dessous a été tracé pour une concentration en élément chrome (atomique) en solution de concentration  $c_0$  décimolaire avec les conventions usuelles.

On donne le graphique suivant :

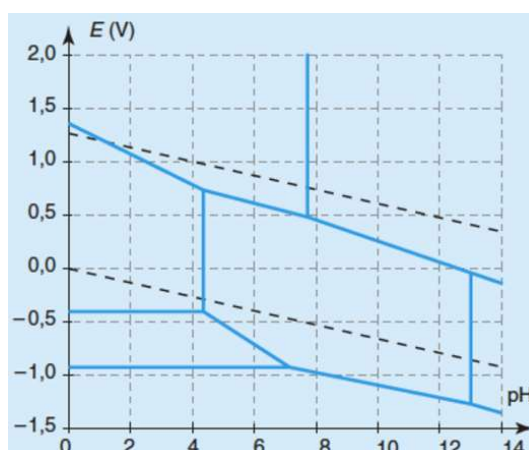


Figure 1: Diagramme potentiel-pH simplifié de l'élément chrome.

Les droites frontières relatives aux couples de l'eau ont été ajoutées sur le diagramme (traits pointillés noirs).

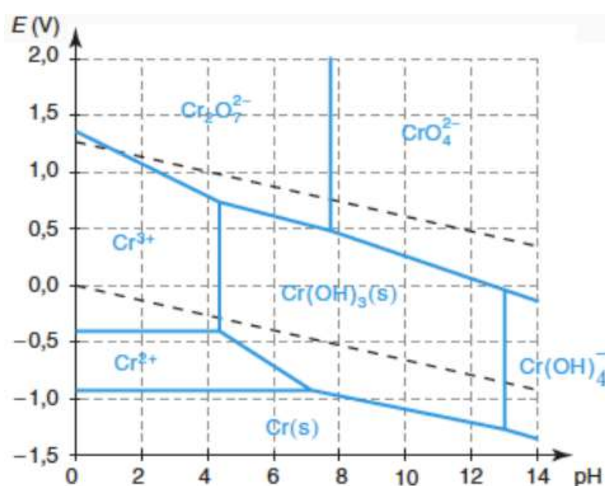


On admet travailler à la température du laboratoire de 25 degrés Celsius soit 298 degrés Kelvin.  
Les potentiels standard d'oxydoréduction s'expriment en volts, de symbole V.  
La constante de Faraday sera notée  $\mathcal{F}$  et la constante des gaz parfaits sera notée  $R$ .  
Le symbole " $\simeq$ " signifie "est approximativement égal à la valeur numérique de".

### Données numériques & informations

- La lettre  $T$  désigne la température ambiante de travail du laboratoire ;
- Masse atomique de l'hydrogène  $M_{\text{H}} = 1 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Masse atomique de l'oxygène  $M_{\text{O}} = 16 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Masse atomique de l'azote  $M_{\text{N}} = 14 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Masse atomique du chrome  $M_{\text{Cr}} = 52 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Masse atomique du plomb  $M_{\text{Pb}} = 207,2 \text{ g.mol}^{-1}$  ;
- Le groupement  $\frac{\ln(10)RT}{\mathcal{F}}$  sera pris à la valeur approchée de 0,06 V ;
- Le potentiel de la constante d'acidité du couple acido-basique ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{CrO}_4^{2-}$ ) est noté  $\text{pK}_a$  ;
- On désigne par  $K$  la constante de réaction qui est associée à la formation complexe  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$  à partir de l'hydroxyde de chrome (III)  $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{s})$  ;
- On désigne par  $K_e$  le produit ionique de l'eau ;
- On désigne par  $K_s$  le produit de solubilité de l'hydroxyde de chrome (III)  $\text{Cr}(\text{OH})_3(\text{s})$  ;
- On désigne par  $\beta_4$  la constante globale de formation complexe  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ .

**Question 1** On considère la figure suivante :



Au sein de la figure ci-dessus, il y a :

- A 2 erreurs       B Aucune erreur       C 3 erreurs       D 1 erreur

**Question 2** Le potentiel standard d'oxydoréduction  $E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{2+})$  vaut approximativement :

- A -0,42 V       B -1,33 V       C 1,33 V       D -0,91 V



**Question 3** Le potentiel standard d'oxydoréduction  $E^\circ(\text{Cr}^{2+} / \text{Cr})$  vaut approximativement :

- A 0,02 V       B -0,89 V       C -0,05 V       D -0,91 V

**Question 4** l'équation littérale, notée  $E_f(\text{pH})$ , de la frontière entre  $\text{Cr}(\text{OH})_{3(s)}$  et  $\text{Cr}^{2+}$  est :

- A  $E_f(\text{pH}) = E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{2+}) + 0,03 \ln \left( \frac{K_s}{c_0^3 K_e^2} \right) - 0,18 \text{ pH}$   
 B  $E_f(\text{pH}) = E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{2+}) + 0,06 \ln \left( \frac{K_s^2}{c_0 K_e^3} \right) + 0,18 \text{ pH}$   
 C  $E_f(\text{pH}) = E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{2+}) + 0,03 \ln \left( \frac{K_s^3}{c_0 K_e^2} \right) - 0,18 \text{ pH}$   
 D  $E_f(\text{pH}) = E^\circ(\text{Cr}^{3+} / \text{Cr}^{2+}) + 0,06 \ln \left( \frac{K_s}{c_0 K_e^3} \right) - 0,18 \text{ pH}$

**Question 5** On a la relation :

- A  $\beta_4 = \frac{K_s}{K_e^2}$        B  $\beta_4 = \frac{K}{K_s}$        C  $\beta_4 = \frac{K_s}{K K_e^2}$        D  $\beta_4 = \frac{K K_e}{K_s^2}$

**Question 6** On a :

- A  $\text{pK}_a \simeq 8,2$        B  $\text{pK}_a \simeq 4,3$        C  $\text{pK}_a \simeq 7,7$        D  $\text{pK}_a \simeq 13$

**Question 7** Le degré d'oxydation du chrome dans l'ion dichromate est :

- A III       B VI       C II       D 0

**Question 8** Un volume  $V_1 = 20 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration  $c_1$  décimolaire est placé dans un erlenmeyer maintenu à l'abri de l'air.

Puis, on y introduit une masse  $m_1 = 10,4 \text{ mg}$  de chrome en poudre.

On observe un dégagement gazeux et le bleuissement de la solution. À la fin du dégagement gazeux, on obtient la solution désignée par  $S_1$ .

L'équation de réaction conduisant à la solution  $S_1$  modélisant la transformation observée est :

- A  $\text{Cr}_{(s)} + 2 \text{Cr}(\text{OH})_{3(s)} \rightleftharpoons 3 \text{Cr}_{(aq)}^{2+} + 6 \text{OH}_{(aq)}^-$   
 B  $\text{Cr}_{(s)} + 2 \text{Cr}(\text{OH})_{3(s)} + 6 \text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+ \rightleftharpoons 3 \text{Cr}_{(aq)}^{2+} + 12 \text{H}_2\text{O}_{(liq)}$   
 C  $\text{Cr}_{(s)} + 4 \text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_{(aq)}^{3+} + 2 \text{H}_{2(g)} + 4 \text{H}_2\text{O}_{(liq)}$   
 D  $\text{Cr}_{(s)} + 2 \text{H}_3\text{O}_{(aq)}^+ \rightleftharpoons \text{Cr}_{(aq)}^{2+} + \text{H}_{2(g)} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(liq)}$

**Question 9** On désigne par  $K_1^0$  la constante d'équilibre associée à l'équation de réaction qui constitue la bonne réponse de la question précédente. On a alors :

- A  $K_1^0 \simeq 10^{38}$        B  $K_1^0 \simeq 10^{50}$        C  $K_1^0 \simeq 10^{30}$        D  $K_1^0 \simeq 10^{58}$

**Question 10** Au sein de la solution  $S_1$ , lorsque le dégagement gazeux ne s'observe plus, on peut affirmer :

- A que le chrome métallique a totalement disparu  
 B qu'il reste chrome métallique  
 C que du chrome subsiste dans cette solution basique  
 D La solution ne contient plus d'ion oxonium



**Question 11** Au sein de la solution  $S_1$ , lorsque le dégagement gazeux ne s'observe plus, on peut affirmer que son pH vaut approximativement :

- A 0,7                       B 1,1                       C 2,1                       D 3,8

**Question 12** La solution  $S_1$  est laissée à l'air libre et soumise, par agitation magnétique, à l'action du dioxygène de l'air. On observe alors un changement de teinte rapide du bleu au vert. Après 15 minutes d'agitation, on obtient la solution qui est désignée par  $S_2$ . On peut donc affirmer

:

- A qu'il y a eu oxydation des ions chromeux en ions chromique  
 B disparition des ions chromique  
 C qu'il y a eu réduction des ions chromeux en ions chromique  
 D acidification des ions chromeux en ions chromique

**Question 13** La réaction chimique conduisant à la solution  $S_2$  est :

- A  $4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{2+} + 4 \text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+ + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{3+} + 6 \text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})}$   
 B  $2 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{3+} + \text{O}_{2(\text{g})} + 2 \text{Cr}(\text{OH})_4^- \rightleftharpoons 4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})} + 4 \text{OH}_{(\text{aq})}^-$   
 C  $4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{3+} + 4 \text{OH}_{(\text{aq})}^-$   
 D  $4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{2+} + 2 \text{H}_2\text{O}_{(\text{liq})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightleftharpoons 4 \text{Cr}_{(\text{aq})}^{3+} + 4 \text{OH}_{(\text{aq})}^-$

**Question 14** La réaction chimique conduisant à la solution  $S_2$  est :

- A oscillante                       B limitée                       C équilibrée                       D totale

**Question 15** La concentration de l'espèce chimique chromée obtenue dans  $S_2$  est :

- A centimolaire                       B bicentimolaire                       C décimolaire                       D millimolaire

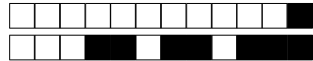
**Question 16** De formule  $\text{PbCrO}_4$ , le chromate de plomb est un pigment minéral jaune très utilisé en peinture. C'est lui qui donne leur couleur aux célèbres taxis new-yorkais. La synthèse de

ce pigment coloré suit le mode opératoire suivant : ► Introduire dans un erlenmeyer de 100 mL un décigramme de nitrate de chrome hydraté de formule  $(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3, 9 \text{H}_2\text{O})$  et 10 mL d'eau distillée. Puis bien agiter. ► Ajouter, goutte à goutte, de la soude à 25 % en masse jusqu'à l'apparition d'un précipité. ► Ajouter encore quelques gouttes de soude jusqu'à dissolution du précipité. ►

Ajouter avec précaution 5 mL d'eau oxygénée qui se comporte comme un oxydant. ► Chauffer prudemment pour éliminer l'excès d'eau oxygénée, pendant quinze à vingt minutes. ► Acidifier la solution en rajoutant de l'acide éthanoïque. ► Ajouter, goutte à goutte, une solution de nitrate de plomb concentrée à  $1,7 \text{ mol.L}^{-1}$ . Le pigment commence alors peu à peu à précipiter. ► Refroidir puis filtrer. ► On obtient une masse de chromate de plomb de 63 mg. Le nombre d'oxydation du

chrome dans le nitrate de chrome est :

- A VI                       B 0                       C III                       D II



**Question 17** Suite à l'ajout de l'eau oxygénée, l'élément chrome se trouve sous la forme de l'entité chimique suivante :

- A  $\text{Cr}^{3+}$                        B  $\text{CrO}_4^{2-}$                        C  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$                        D  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$

**Question 18** Suite à l'ajout de l'acide éthanoïque, l'élément chrome se trouve sous la forme de l'entité chimique suivante :

- A  $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$                        B  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$                        C  $\text{CrO}_4^{2-}$                        D  $\text{Cr}^{3+}$

**Question 19** Initialement, la quantité de matière de nitrate de chrome hydraté est de :

- A 25 micromole                       B 250 millimole                       C 250 micromole                       D 25 millimole

**Question 20** Le rendement de cette synthèse chimique est de :

- A 66 %                       B 58 %                       C 83 %                       D 78 %

**FIN DU SUJET**



### Feuille de réponses de CHIMIE

*Les réponses aux questions sont à donner exclusivement sur cette feuille : les réponses données sur les feuilles précédentes ne seront pas prises en compte.*

0	0	0	0
1	1	1	1
2	2	2	2
3	3	3	3
4	4	4	4
5	5	5	5
6	6	6	6
7	7	7	7
8	8	8	8
9	9	9	9

Codez votre numéro de candidat ci-contre chiffre par chiffre en noirissant les cases (comme ceci ■), puis complétez l'encadré.

NOM - Prénom(s) : .....
Numéro de candidat : .....
Centre d'examen : .....

- Question 1 :  A  B  C  D
- Question 2 :  A  B  C  D
- Question 3 :  A  B  C  D
- Question 4 :  A  B  C  D
- Question 5 :  A  B  C  D
- Question 6 :  A  B  C  D
- Question 7 :  A  B  C  D
- Question 8 :  A  B  C  D
- Question 9 :  A  B  C  D
- Question 10 :  A  B  C  D
- Question 11 :  A  B  C  D
- Question 12 :  A  B  C  D
- Question 13 :  A  B  C  D
- Question 14 :  A  B  C  D
- Question 15 :  A  B  C  D
- Question 16 :  A  B  C  D
- Question 17 :  A  B  C  D
- Question 18 :  A  B  C  D
- Question 19 :  A  B  C  D
- Question 20 :  A  B  C  D