

3TSI - Physique-Chimie  
Programme de colle n°2 - Semaine du 25/09 au 29/09

**Questions de cours**

Expression de la pression en fonction de l'altitude dans l'océan incompressible (avec démonstration)  
Expression de la pression en fonction de l'altitude dans l'atmosphère isotherme (avec démonstration)  
Poussée d'Archimède (expression, schémas explicatifs du lien avec les forces de pression)

**Exercice de Physique : statique des fluides (P1)**

**Exercice-type** Ballon à hydrogène

On étudie un ballon constitué d'une nacelle et d'une enveloppe indéformable de volume  $V_0$  remplie de dihydrogène  $H_2$ . Une soupape permet de maintenir en permanence la pression du dihydrogène égale à la pression de l'air extérieur. La masse de la nacelle et de l'enveloppe (vide) est notée  $m_0$ , l'atmosphère est supposée isotherme (température  $T_0$ )



**Données**       $M_{\text{air}} = 29,0 \text{ g.mol}^{-1}$        $M_{H_2} = 2,0 \text{ g.mol}^{-1}$        $m_0 = 100 \text{ kg}$   
 $T_0 = 20^\circ\text{C}$   
 $P_0 = 1013 \text{ hPa}$        $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$        $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$

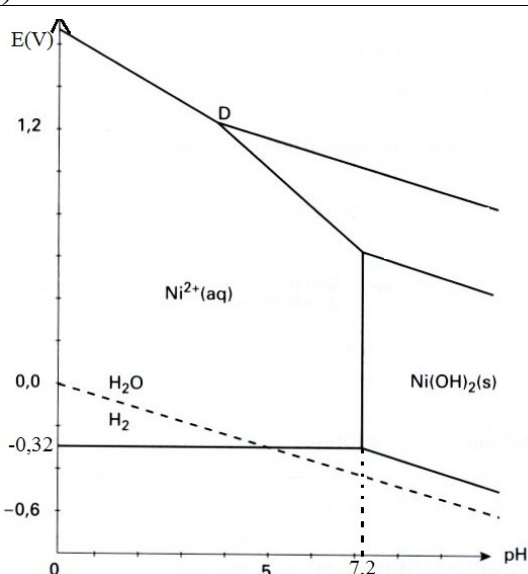
- 1 ) Exprimer la masse totale  $m_T$  du ballon (au sol) en fonction de  $m_0$ ,  $M_{H_2}$ ,  $P_0$  (pression au sol),  $V_0$ ,  $T_0$  et  $R$  (constante des gaz parfaits).
- 2 ) Exprimer la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le ballon (au sol).
- 3 ) Exprimer puis calculer numériquement le volume minimal  $V_{0,\text{min}}$  qui permet au ballon de décoller.
- 4 ) Rappeler l'expression de la pression de l'air  $P(z)$  dans le modèle de l'atmosphère isotherme.
- 5 ) On choisit  $V_0 = 2.V_{0,\text{min}}$ . Jusqu'à quelle altitude maximale  $z_{\text{max}}$  le ballon peut-il s'élever ?

**Exercice de Chimie : Diagrammes potentiel-pH (C1)**

**Entraînement** Diagramme potentiel-pH du Nickel

Diagramme tracé pour  $C_0 = 1,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ ,  $P_0 = 1 \text{ bar}$

- 1 ) Comment mesure-t-on expérimentalement le potentiel  $E$  d'une solution ? Réaliser un schéma.
- 2 ) Placer les espèces  $Ni_2O_3(s)$ ,  $Ni(s)$  et  $NiO_2(s)$  en justifiant.
- 3 ) A l'aide du diagramme, déterminer  $E^\circ(Ni^{2+}/Ni)$  et  $pK_s(Ni(OH)_2)$
- 4 ) Ecrire l'équation-bilan de la réaction subie par  $Ni_2O_3(s)$  en milieu acide ( $pH < 4$ ). Comment nomme-t-on ce type de réaction ?
- 5 ) Le nickel  $Ni$  est-il stable dans l'eau? Dans une eau aérée? On fournit  $E^\circ(O_{2(g)}/H_2O_{(l)}) = 1,23 \text{ V}$



Attention: Exceptionnellement le groupe B aura colle avec Me Nottaris lundi à 15h, et le groupe D aura colle avec M.Blondeau mardi à 13h.

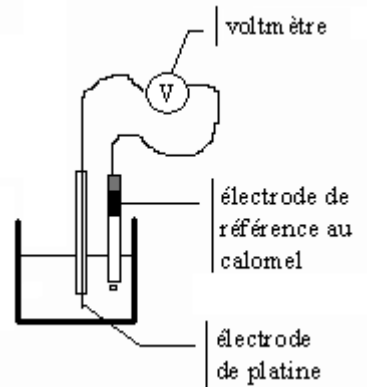
## Corrigé des exercices d'entraînement

### Ballon à hydrogène

- 1)  $m_T = m_0 + m_{H_2} = m_0 + P_0 \cdot V_0 \cdot M_{H_2} / RT_0$
- 2)  $\Pi_A = \mu_{air} \cdot V_0 \cdot g = g \cdot P_0 \cdot V_0 \cdot M_{air} / RT_0$
- 3)  $\Pi_A > P$  si  $g \cdot P_0 \cdot V_0 \cdot M_{air} / RT_0 > g(m_0 + P_0 \cdot V_0 \cdot M_{H_2} / RT_0)$  donc  $m_0 \cdot R \cdot T_0 < P_0 \cdot V_0 \cdot (M_{air} - M_{H_2})$  donc  $V_0 > V_{0min} = m_0 \cdot R \cdot T_0 / (P_0 \cdot (M_{air} - M_{H_2})) = 96 \text{ m}^3$
- 4)  $P(z) = P_0 \cdot \exp(-M_{air} \cdot g \cdot z / RT_0)$
- 5) A l'altitude maximale, il y a égalité entre poids et poussée d'Archimède:  
 $P = g \cdot (m_0 + P(z_{max}) \cdot V_0 \cdot M_{H_2} / RT_0) = \Pi_A = g \cdot P(z_{max}) \cdot V_0 \cdot M_{air} / RT_0$  donc  $P(z_{max}) = m_0 R T_0 / (V_0 \cdot (M_{air} - M_{H_2}))$   
 Alors  $z_{max} = -RT_0 \cdot \ln(P(z_{max}) / P_0) / (M_{air} \cdot g)$   
 Application numérique:  $P(z_{max}) = 0,5065 \text{ bar} = 506,5 \text{ hPa} = 50650 \text{ Pa}$  donc  $z_{max} = 5932 \text{ m}$

### Diagramme potentiel-pH du Nickel

1) On mesure grâce à un voltmètre la tension  $U$  entre une électrode de mesure (platine) et une électrode de référence de potentiel  $E$  connu ( $E_{ECS} = 0,24 \text{ V}$  par exemple).



On a  $U = E - E_{ECS}$ , on en déduit le potentiel de la solution  $E = U + E_{ECS}$ .

- 2) Dans  $Ni_2O_3(s)$  :  $2 \text{ no(Ni)} + 3 \text{ no(O)} = 0 \Rightarrow \text{no(Ni)} = +III$
- Dans  $Ni(s)$  :  $\text{no(Ni)} = 0$
- Dans  $NiO_2(s)$  :  $\text{no(Ni)} + 2 \text{ no(O)} = 0 \Rightarrow \text{no(Ni)} = +IV$

Le potentiel augmente avec le degré d'oxydation (ou : le degré d'oxydation augmente du bas vers le haut du diagramme).

3) Frontière  $Ni^{2+}_{(aq)} / Ni(s)$  :  $Ni^{2+}_{(aq)} + 2 e^- = Ni(s)$

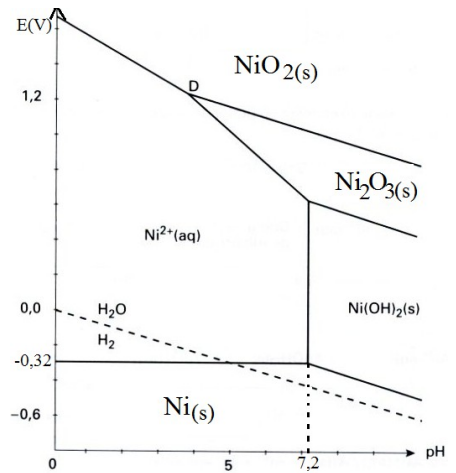
$$E = E^0 + \frac{0,06}{2} \log([Ni^{2+}])$$

A la frontière  $[Ni^{2+}] = C_0$  donc  $E_f = E^0 + 0,03 \log(C_0)$   
 donc  $E^0 = E_f - 0,03 \log(C_0) = -0,26 \text{ V}$

Frontière  $Ni^{2+} / Ni(OH)_2(s)$  :  $Ni(OH)_2(s) = Ni^{2+}_{(aq)} + 2 HO^-_{(aq)}$   
 constante  $K_s = [Ni^{2+}][HO^-]^2$

à la frontière  $[Ni^{2+}] = C_0$   $K_s = C_0 [HO^-]_f^2 = C_0 \left( \frac{K_e}{[H^+]_f} \right)^2$

On lit  $pH_f = 7,2$  donc  $K_s = 2,5 \cdot 10^{-16}$   $pK_s = 15,6$



4) Pour  $pH < pH_D$ ,  $Ni_2O_3(s)$  disparaît pour former  $Ni^{2+}_{(aq)}$  et  $NiO_2(s)$  (il s'agit d'une dismutation :  $Ni_2O_3$  joue à la fois le rôle d'oxydant et de réducteur, le degré +III disparaît pour former les degrés +II et +IV)

Demi-équations :  $Ni_2O_3(s) + 6 H^+ + 2 e^- = 2 Ni^{2+} + 3 H_2O$

et  $Ni_2O_3(s) + H_2O = 2 NiO_2(s) + 2 H^+ + 2 e^-$

équation-bilan :  $2 Ni_2O_3(s) + 4 H^+ = 2 Ni^{2+}_{(aq)} + 2 NiO_2(s) + 2 H_2O$

5)  $Ni$  et  $H_2O$  ont une partie commune dans leur domaine d'existence/prédominance donc  $Ni$  est stable dans l'eau.

Pour connaître la stabilité dans une eau aérée, il faut connaître le domaine de prédominance de  $O_{2(g)}$  :

$O_{2(g)} + 4 H^+ + 4 e^- = 2 H_2O(l)$  donc  $E = E^0 + 0,015 \cdot \log(P_0 \cdot [H^+]^4) = 1,23 - 0,06 \cdot pH$

En plaçant cette frontière, on obtient que  $O_2$  est incompatible avec  $Ni$  donc le nickel n'est pas stable dans

une eau aérée.