« COLLE » de la SEMAINE du 15 JUIN 2020 – CORRIGE

TEST DE COURS : Chapitre 14 Partie 2

1) Premier principe de la thermodynamique, qui traduit la conservation de l'énergie pour un système fermé : $\Delta U = W + Q$
2) Travail des forces de pression pour une transformation lente : $W = -\int_{V_i}^{V_f} PdV$
3) $W = 0$ si $V_i = V_f$ c'est le cas des transformations à V constant = transformations isochores
4) $H = U + P.V$ en J
5) Ce qui est toujours vrai :
   - Premier principe de la thermodynamique : $\Delta U = W + Q$
   - Expression de l'énergie interne : $\Delta U = C_V.(T_f - T_i)$
   - Expression de l'enthalpie : $\Delta H = C_p.(T_f - T_i)$

   Pour les transformations isochores uniquement :
   - $Q = C_V(T_f - T_i)$
   - $Q = \Delta U$

   Pour les transformations isobares/monobares uniquement :
   - $Q = C_p(T_f - T_i)$
   - $Q = \Delta H$

EXERCICE DE PHYSIQUE : Moteur Stirling de sous-marin

1) Signe du travail reçu à chaque étape :

$W_{12} > 0$ car diminution du volume

$W_{23} = 0$ car isochore

$W_{34} < 0$ car augmentation du volume

$W_{41} = 0$ car isochore

La valeur absolue de l'intégrale = aire sous la courbe est plus importante pour l'étape 3→ 4 est plus importante, donc ce travail l'emporte pour le signe du travail total donc $W_{tot} < 0$.

2) $C_V = \frac{5}{2}nR = 10{,}4$ J.K^{-1}
3) De manière générale $W = -\int_{V_i}^{V_f} PdV$ et $Q = \Delta U - W = C_V(T_f - T_i) - W$

   1→2 isotherme donc $W_{12} = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{nRT_1}{V} dV = -nRT_1 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = nRT_f \ln(2)$

   Donc $Q_{12} = \Delta U - W_{12} = 0 - W_{12} = -nRT_f \ln(2)$

   2→3 isochore donc $W_{23} = 0$ et $Q_{23} = \Delta U = \frac{5}{2} nR(T_c - T_f)$

   3→4 isotherme donc $W_{34} = -\int_{V_2}^{V_1} \frac{nRT_c}{V} dV = -nRT_c \ln(2)$

   donc $Q_{34} = nRT_c \ln(2)$

   4→1 isochore donc $W_{41} = 0$ et $Q_{41} = = \frac{5}{2} nR(T_f - T_c)$

4) $W = W_{12}+W_{23}+W_{34}+W_{41} = nR\ln 2\,(T_f - T_c) = -864 \text{ J} < 0$

5) $P = \frac{|W|}{\Delta t} = 72$ kW avec $\Delta t = 60/5000$ s

EXERCICE DE CHIMIE : pH de précipitation de l'hydroxyde d'aluminium

1) Z(Al) = 13 : 1s2 2s2 2p6 3s2 3p1 : 3^{e} ligne, 13^{e} colonne. Ion stable : Al^{3+}

L'ion aluminium forme avec l'ion hydroxyde HO^{-} un solide ionique dont le produit de solubilité vaut $K_s = 10^{-33,6}$

2) Hydroxyde d'aluminium contient des ions Al^{3+} et 3 fois plus d'ions HO^{-} donc $Al(OH)_3(s)$.

3) Inégalité de condition d'existence du solide $Al(OH)_3$: $[Al^{3+}][HO^{-}]^3 > K_s = 10^{-33,6}$

donc $[HO^{-}] = [HO^{-}]_{min} = \sqrt[3]{\frac{K_S}{[Al3+]}} = \sqrt[3]{\frac{10^{-33,6}}{10^{-2}}} = 10^{-10,5}$ mol.L^{-1}

4) $[HO^{-}].[H_3O^{+}] = K_e = 10^{-14}$ donc $[H_3O^{+}] = [H_3O^{+}]_{max} = \frac{K_e}{[HO\ \ ]_{min}} = \frac{10^{-14}}{10^{-10,5}} = 10^{-3,5}$

5) $pH_{min} = -\log([H_3O^{+}]_{max}) = 3,5$

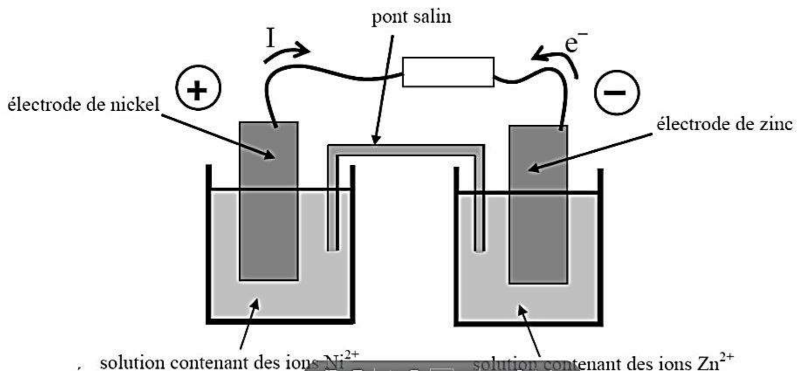
6) $7 > pH_{min}$ donc le solide est présent

REVISIONS AUTONOMES DE CHIMIE : Décharge partielle d'une pile zinc-nickel

1.1.*Dans Zn, no(Zn) = 0 et dans Zn^{2+}, no(Zn) = +II*

1.2. *$E(Zn^{2+}/Zn) = E°(Zn^{2+}/Zn) + 0,03.\log[Zn^{2+}] = -0,76 + 0,03.\log(5,0.10^{-2}) = -0,80$ V*

$E(Ni^{2+}/Ni) = E°(Ni^{2+}/Ni) + 0,03.\log[Ni^{2+}] = -\ 0,25 + 0,03.\log(5,0.10^{-2}) = -\ 0,29\ V > E(Zn^{2+}/Zn)$ donc le pôle + est le nickel et le pôle – est le zinc d'où le schéma de la pile :



1.3. *Équation des réactions.*

- *Demi-équations des réactions se produisant aux électrodes:*

à l'électrode + , il y a consommation d'électrons, donc une réduction (cathode): $Ni^{2+}(aq) + 2\ e^{-} = Ni\ (s)$

à l'électrode -, il y a libération d'électrons, donc une oxydation (anode) $Zn\ (s) = Zn^{2+}\ (aq) + 2\ e^{-}$

- *Équation de la réaction globale qui intervient quand la pile débite:*

$Ni^{2+}(aq) + Zn\ (s) = Zn^{2+}\ (aq) + Ni\ (s)$

2.1. *$n_{disp}(Ni^{2+}) = n(Ni,\ formé) = \Delta m/M(Ni) = 1,7.10^{-3}$ mol*

2.2 *$Q = n(e^{-}).F = 2.n_{disp}(Ni^{2+}).F = 329$ C. Donc $I = Q/\Delta t = 9,1.10^{-2}$ A*

REVISIONS AUTONOMES DE MECANIQUE : 3 exercices-type

Pendule de Foucault

En l'absence de frottements, on peut utiliser soit la conservation de l'énergie mécanique soit la loi de la puissance cinétique.

Système = {boule}

Référentiel terrestre supposé galiléen (même si cette expérience est faite pour montrer qu'il n'est PAS galiléen)

Bilan des forces : poids et tension du fil

<u>Conservation de l'énergie mécanique</u> : $\frac{dE_m}{dt} = 0$ *avec* $E_m = \frac{1}{2}.mv^2 + mgz = \frac{1}{2}\, m(\ell\dot{\theta})^2 + mg(\ell - \ell\cos\theta)$

$\frac{dE_m}{dt} = \frac{1}{2}m\ell^2.2.\dot{\theta}\ddot{\theta} + mg\ell\dot{\theta}\sin\theta = 0$ *donc* $\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta = 0$ *aux petits angles*

<u>Loi de la puissance cinétique</u> : $\frac{dE_c}{dt} = P(\vec{P}) + P(\vec{T}) = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}m\ell^2\dot{\theta}^2\right) = \frac{1}{2}m\ell^2.2.\dot{\theta}\ddot{\theta}$
$= \vec{P}.\vec{v} + 0 = -mg\ell\dot{\theta}\sin\theta$ *donc* $\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta = 0$ *aux petits angles*

2^e loi de Newton : $m\overrightarrow{a_G} = \vec{P} + \vec{T}$ *avec* $\overrightarrow{a_G} = \ell\ddot{\theta}\overrightarrow{u_\theta} - \ell\dot{\theta}^2\overrightarrow{u_r}$

Projection sur $\overrightarrow{u_\theta}$ *:* $m\ell\ddot{\theta} = -mg\sin\theta + 0$ *donc* $\ddot{\theta} + \frac{g}{\ell}\theta = 0$ *aux petits angles*

<u>Période propre</u> : $T_0 = \frac{2\pi}{\omega_0}$ *avec* $\frac{g}{\ell} = \omega_0^2$ *donc* $T_0 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{\ell}}} = 16{,}4$ *s soient 5262 oscillations en 24h.*

Chute avec frottements

1) $\Delta E_c = W(\vec{P}) \Leftrightarrow \frac{1}{2}\, mv^2 - 0 = mg(h_1-h_2) \Leftrightarrow v = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} = 98\ m.s^{-1} = 356\ km.h^{-1} >> 240\ km.h^{-1}$ *: les frottements fluides ne sont pas négligeables !*

2) *En considérant les frottements entre* h_1 *et* h_2 *:* $\Delta E_c = W(\vec{P}) + W(\vec{f}) \Leftrightarrow W(\vec{f}) = \Delta E_c - W(\vec{P}) = \frac{1}{2}\, mv^2 - mg(h_1-h_2) = -241$ *kJ.*

3) *Entre* h_2 *et 0 :* $\Delta E_c = W(\vec{P}) + W(\vec{f}) \Leftrightarrow W(\vec{f}) = \Delta E_c - W(\vec{P}) = \frac{1}{2}\, mv_F^2 - \frac{1}{2}\, mv^2 - mg(h_2-0) = -640$ *kJ*

4) *Sur des distances comparables, le travail est plus important (en valeur absolue) lorsque le parachute est ouvert car la force de frottements est plus grande en norme.*

Oscillations forcées d'un dispositif masse-ressort

On cherche une solution particulière sinusoïdale de l'équation $m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx(t) - h\frac{dx}{dt} + F_m\cos(\omega t)$

On utilise la solution particulière complexe $\underline{x}(t) = \underline{X}.e^{j\omega t}$ *de l'équation* $m\frac{d^2\underline{x}}{dt^2} = -k\underline{x}(t) - h\frac{d\underline{x}}{dt} + F_m e^{j\omega t}$

On cherche l'amplitude complexe $\underline{X}$ *et on obtient* $X_{max} = |\underline{X}|$ *et* $\varphi = \arg(\underline{X})$

$m\frac{d^2\underline{x}}{dt^2} = -k\underline{x}(t) - h\frac{d\underline{x}}{dt} + F_m e^{j\omega t}$ *devient* $-m\omega^2.\underline{X} = -k\underline{X} - hj\omega\underline{X} + F_m$

donc $\underline{X} = \frac{F_m}{-m\omega^2+k+hj}$

$X_{max} = |\underline{X}| = \frac{F_m}{\sqrt{(k-m\omega^2)^2+(h\omega)^2}}$

et $\varphi = \arg(\underline{X}) = 0 - \arg(-m\omega^2+k+hj\omega)$ *attention a priori* $-m\omega^2+k$ *peur être positif, négatif ou nul*

donc la formule $\arg(-m\omega^2+k+hj\omega)=\arctan(\frac{h\omega}{k-m\ ^2})$ *n'est valable que dans le 1^e^ cas…*

Complément : On pensera à réécrire $-m\omega^2+k+hj\omega = hj\omega.(-\frac{m\omega}{hj}+\frac{k}{hj\omega}+1) = hj\omega.(1+j(\frac{m\omega}{h}-\frac{k}{h\omega}))$

Dans ce cas $\varphi = \arg(\underline{X}) = 0 - \pi/2 - \arctan(\frac{m\omega}{h}-\frac{k}{h\omega})$

<u>*Régime transitoire*</u> *: Equation différentielle homogène* $m\frac{d^2x}{dt^2}+h\frac{dx}{dt}+kx(t)=0 \Leftrightarrow \frac{d^2x}{dt^2}+\frac{h}{m}\frac{dx}{dt}+\frac{k}{m}x(t)=0$

Par identification, $\frac{k}{m}=\omega_0^2$ *donc* $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ *et* $\frac{h}{m}=\frac{\omega_0}{Q}$ *donc* $Q = \frac{\sqrt{mk}}{h}$

Si $Q < ½$ *: régime apériodique. Durée* $3.\tau$ *avec* $-\frac{1}{\tau}$ *racines de l'équation caractéristique*

Si $Q = ½$ *: régime critique. Durée* $3.\tau$ *avec* $-\frac{1}{\tau}=-\frac{h/m}{2}$ *racine de l'équation caractéristique*

Si $Q > 1/2$ *: régime pseudopériodique. Durée Q.T (Q oscillations visibles) ou* $3.\tau$ *avec* $-\frac{1}{\tau}$ *partie réelle des racines complexes de l'équation caractéristique.*