

❖ Questions de cours

Q1.1 — Mouvement de translation : La variation d'énergie mécanique entre t_i et t_f est :

$$\Delta E_c = E_c(t_f) - E_c(t_i) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_f^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_i^2 + mg(z - z_0)$$

Q1.2 — Mouvement de rotation : Pour un solide de moment d'inertie J_Δ et vitesse angulaire ω :

$$\Delta E_{c(rot)} = \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_f^2 - \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_i^2 + mg(z - z_0)$$

❖ Partie Physique

➤ Partie AB incliné (de A à E)

Q.1 — Travail du poids $W_{A \rightarrow E}(\vec{P})$

Le travail du poids entre A et E :

$$W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) = mg \Delta z = m \cdot g \cdot AE \cdot \sin \alpha.$$

Calcul numérique : $W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) = 300 \times 10 \times 6 \times \frac{1}{2} = 9000 \text{ J.}$

Q.2 — Travail de la réaction $W_{A \rightarrow E}(\vec{R})$

La force de frottement $\vec{f}$ s'oppose au mouvement sur la longueur AE :

$$W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) = W_{A \rightarrow E}(\vec{R}_N) + W_{A \rightarrow E}(\vec{f}) = 0 + (-f \cdot AE)$$

Calcul numérique : $W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) = -25 \times 6 = -150 \text{ J.}$

Q.3 — Travail de la tension $W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1)$

La tension $\vec{T}_1$ s'applique tangentiellement en sens opposé au déplacement (on prend le signe négatif) :

$$W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) = -T_1 AE.$$

Calcul numérique : $W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) = -75 \times 6 = -450 \text{ J.}$

Q.4 — Vitesse V_E au point E par le théorème de l'énergie cinétique : Application du théorème de l'énergie cinétique entre A et E : $\Delta E_c = W_{tot} = W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) + W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{P})$

À l'instant initial $V_A = 0 \Rightarrow E_c(A) = 0$. Donc $\frac{1}{2} \cdot m \cdot V_E^2 = m \cdot g \cdot AE \cdot \sin \alpha - f \cdot AE - T_1 AE$.

Factorisons : $v_E = \sqrt{\frac{2 \cdot AE}{m} \cdot (m \cdot g \cdot \sin \alpha - f - T_1)}$ (c'est équivalent à la forme donnée dans l'énoncé).

Calcul numérique : $v_E \approx 7,48 \text{ m/s}$

2. Étude de la poulie (P) pendant le déplacement AE

Q.1 — Relation entre AE et l'angle de rotation $\Delta \theta_1$

Le fil ne glisse pas sur la gorge de la poulie

donc l'arc déroulé vaut la longueur parcourue : $\Delta E = r \Delta \theta_1$

Q.2 — Expression du moment d'inertie J_Δ Application du théorème de l'énergie cinétique à la poulie pendant AE :

Le fil est de masse négligeable et inextensible alors $T_2 = T_1$

Travail fourni par la tension (sur le fil) pendant le déroulement d'angle $\Delta \theta_1$:

$$W(\vec{T}_1) \text{ (poulie)} = T_1 \times r \cdot \Delta \theta_1 = T_1 \Delta E$$

$$\text{Alors : } \Delta E_{C(Rot)} = \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_1^2 - \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_i^2 = W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) +$$

$$W_{A \rightarrow E}(\vec{R}') + W_{A \rightarrow E}(\vec{P}') \text{ avec } \omega_i = 0 ; \omega_1 = \frac{v_E}{r} ; W_{A \rightarrow E}(\vec{P}') = 0 ;$$

$$W_{A \rightarrow E}(\vec{R}') = 0 \text{ Car leurs lignes d'actions coupent l'axe de rotation}$$

$$\text{Ainsi : } \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \left(\frac{v_E}{r}\right)^2 = T_1 \Delta E \text{ alors : } J_\Delta = \frac{2 \cdot r^2 \times \Delta E \cdot T_1}{v_E^2}$$

Q.3.a — Nature du mouvement lorsque le fil est coupé (sans frottement)

Si aucune force (aucun couple) extérieur n'agit sur la poulie après la coupure et qu'il n'y a pas de frottement, le moment cinétique est conservé et la vitesse angulaire reste constante. La poulie tourne donc en **mouvement de rotation uniforme** ($\omega = \text{constante}$).

$$\Delta E_{C(Rot)} = \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_f^2 - \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_1^2 = W_{A \rightarrow E}(\vec{R}') + W_{A \rightarrow E}(\vec{P}')$$

$$\text{or } W_{A \rightarrow E}(\vec{R}') + W_{A \rightarrow E}(\vec{P}') = 0 \text{ Alors : } \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_f^2 - \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_1^2 = 0 \text{ et puisque } \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \neq 0$$

$$\omega_1 = \omega_f$$

Q.3.b — La poulie effectue n tours puis s'arrête (couple de frottement $M = -0,2 \text{ N} \cdot \text{m}$)

Durant l'arrêt, le travail du couple de frottement est : $W_M = M \Delta \theta = M (2\pi n)$. Car $\Delta \theta = 2\pi n$

$$\text{Variation d'énergie cinétique de rotation : } \Delta E_{c,rot} = W_M$$

$$\text{Ainsi : } \Delta E_{C(Rot)} = \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_f^2 - \frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_1^2 = M \cdot (2\pi n) \text{ Avec } \omega_f = 0$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \omega_1^2 = M (2\pi n) \Rightarrow \text{En utilisant } \omega_E = \omega_1 = \frac{v_E}{r} \text{ alors}$$

$$-\frac{1}{2} \cdot J_\Delta \cdot \left(\frac{v_E}{r}\right)^2 = M (2\pi n)$$

En utilisant l'expression trouvée de J_Δ on peut simplifier et on trouve (forme équivalente donnée dans l'énoncé) :

$$n = \frac{-\Delta E \cdot T_1}{2 \cdot \pi \cdot M}$$

Calcul numérique : Attention au signe : $M = -0,2 \text{ N} \cdot \text{m}$ (opposé au sens du mouvement), donc

$$\Rightarrow n \approx 358 \text{ tours.}$$

3. Étude du trajet EBCN

Remarque : l'exercice donne la valeur à utiliser de $V_B = 8 \text{ m/s}$

Q.1 — Entre E et B: montrer que le mouvement est une translation accélérée

Sur EB les frottements sont négligeables. Par application du (T.I.C), l'énergie cinétique augmente car la vitesse croissante $\Rightarrow$ **mouvement accéléré.**

$$\Delta E_{C_{E \rightarrow B}} = W_{tot} = W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_B^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_E^2 \text{ Avec } W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) = 0 \text{ et } W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) = m \cdot g \cdot EB \cdot \sin \alpha$$

$$\text{Ainsi : } \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_B^2 = m \cdot g \cdot EB \cdot \sin \alpha + \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_E^2 \text{ alors : } V_B^2 = V_E^2 + 2g \cdot EB \cdot \sin \alpha \text{ Or } 2g \cdot EB \cdot \sin \alpha > 0$$

$$\text{Alors } V_B > V_E \Rightarrow \text{mouvement accéléré}$$

Q.2 — Entre B et C: calcul de V_C

Le mouvement entre B et C se fait sans frottement. Alors l'énergie mécanique se conserve :

$$\Delta E_{C_{B \rightarrow C}} = W_{tot} = W_{B \rightarrow C}(\vec{R}) + W_{B \rightarrow C}(\vec{P}) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_C^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_B^2 \text{ Avec } W_{B \rightarrow C}(\vec{R}) = 0 \text{ et } W_{B \rightarrow C}(\vec{P}) = 0$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_C^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_B^2 = 0 \Rightarrow V_C = V_B = 8 \text{ m/s}$$

Q.1 — Énergie mécanique au point A

Choix du plan de référence $z = 0$ (donné). $E_m(A) = E_p(A) = mgAB \sin \alpha$.

$$\text{Calcul numérique : } E_m(A) = 300 \times 10 \times 10 \times \frac{1}{2} = 300 \times 10 \times 5 = 15000 \text{ J.}$$

Q.2 — Variation d'énergie mécanique $\Delta E_{m, A \rightarrow E}$

L'énoncé demande d'exprimer $\Delta E_{m, A \rightarrow E}$ en fonction des travaux de la réaction et de la tension :

$$\Delta E_{m, A \rightarrow E} = \Delta E_{pp, A \rightarrow E} + \Delta E_{CA \rightarrow E} \text{ avec } \Delta E_{pp, A \rightarrow E} = -W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) \text{ et}$$

$$\Delta E_{CA \rightarrow E} = W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) + W_{A \rightarrow E}(\vec{P})$$

$$\text{Donc : } \Delta E_{m, A \rightarrow E} = -W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) + W_{A \rightarrow E}(\vec{P}) \text{ alors :}$$

$$\Delta E_{m, A \rightarrow E} = W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1)$$

$$\text{Avec les valeurs trouvées : } W_{A \rightarrow E}(\vec{T}_1) = -75 \times 6 = -450 \text{ J. et } W_{A \rightarrow E}(\vec{R}) = -25 \times 6 = -150 \text{ J.}$$

$$\text{Donc : } \Delta E_{m, A \rightarrow E} = -600 \text{ J.}$$

Q.3 — Non. L'énergie mécanique n'est pas conservée sur AE car il existe des forces **non conservatives** (frottement $\vec{f}$ et la tension $\vec{T}_1$ qui effectue un travail non nul). **Ces travaux dissipent** de l'énergie mécanique du chariot, se forme de chaleur

Q.4 — Énergie mécanique au point B

Choix du plan de référence de l'énergie potentielle de pesanteur $z = 0$

$$E_m(B) = E_{pp}(B) + E_C(B) \text{ Avec } E_{pp}(B) = 0$$

Alors : $E_m(B) = \frac{1}{2}mV_B^2 = \frac{1}{2} \times 300 \times 8^2 = 150 \times 64 = 9600 \text{ J}$.

Q.5 — Énergie mécanique au point C : Sur BC le mvt se fait sans frottement, l'énergie mécanique est conservée, donc : $E_m(C) = E_m(B) = 9600 \text{ J}$.

Q.6 — Énergie potentielle en D : $E_p(D)$

Si la cote du point D est donnée par la distance OD par rapport au plan de référence vertical, alors

$$E_p(D) = -mgOD = -300 \times 10 \times 5 = -15000 \text{ J}.$$

Q.9 — Vérification que $V_D = 12,8 \text{ m/s}$

En utilisant la conservation de l'énergie mécanique entre C et D (sans frottements sur cette portion) :

$$E_m(C) = E_m(D) \Rightarrow \frac{1}{2}mV_C^2 + mgz_C = \frac{1}{2}mV_D^2 + mgz_D.$$

En isolant V_D et en utilisant les hauteurs appropriées (géométrie de l'énoncé) on retrouve la valeur donnée : $V_D \approx 12,8 \text{ m/s}$.

Q.10 — Énergie potentielle en M : $E_p(M)$

alors : $E_p(M) = -mgOD\cos\beta$.

Calcul numérique : $E_p(M) = -7500 \text{ J}$

Q.11 — Énergie mécanique au point N (=0)

Si $V_N = 0$ alors $E_m(N) = E_p(N) = 0$. L'énoncé précise que la vitesse au point N est nulle; selon la géométrie finale la hauteur l'énergie potentielle est nulle car $z=0$ alors on le chariot s'arrête au pont N

Q.12 — Frottement sur DN : calcul de f'

Sur la portion DN on admet que la force de frottement est constante d'intensité f' . Le théorème de l'énergie cinétique entre D et N (en notant que $V_N=0$) donne :

$$\Delta E_{m_{D \rightarrow N}} = \Delta E_{pp_{D \rightarrow N}} + \Delta E_{c_{D \rightarrow N}} \text{ Or } \Delta E_{pp_{D \rightarrow N}} = -W_{D \rightarrow N}(\vec{P}) \text{ et } \Delta E_{c_{D \rightarrow N}} = W_{D \rightarrow N}(\vec{R}) + W_{A \rightarrow E}(\vec{P})$$

$$\text{Alors : } \Delta E_{m_{D \rightarrow N}} = -W_{D \rightarrow N}(\vec{P}) + W_{D \rightarrow N}(\vec{R}) + W_{D \rightarrow N}(\vec{P}) \text{ Or } W_{D \rightarrow N}(\vec{R}) = W_{D \rightarrow N}(\vec{f}')$$

$$W_{D \rightarrow N}(\vec{f}') = -f' \cdot \widehat{DN} = -f' \cdot \frac{\pi}{2} \cdot OD = E_m(N) - E_m(D) \text{ avec } E_m(N) = 0 \text{ et } E_m(D) = -mgOD + \frac{1}{2}mV_D^2$$

$$\text{donc : } f' = \frac{mgOD - \frac{1}{2}mV_D^2}{-\frac{\pi}{2} \cdot OD}$$

Calcul numérique : $f' = 1219,25 \text{ N}$

Partie Chimie

Partie 1 (1,5 pts)

Q1. — Définition

- Une **solution électrolytique** est une solution qui contient des ions. Ces ions peuvent **se déplacer** dans l'eau, ce qui permet à la solution **de conduire l'électricité**.

Q2. — Molécule apolaire : Schéma 1 : Hydratation (ou Solvatation)

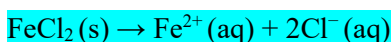
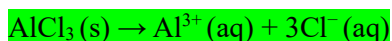
Schéma 2 : Dissociation (ou Ionisation)

Q3. 1 : Parce que l'atome d'oxygène est plus électronégatif et attire les électrons vers lui plus fortement.

Q3. 2 : Polaire, en raison de la distribution asymétrique des charges et de la géométrie coudée de la molécule.

Partie 2 (5,5 pts) — Conductivité

Q2.1 — Équations de dissolution



Q2.2 — Expression de σ_1

Pour FeCl_2 à concentration C_1 (en $\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$ si besoin ; ici on reste en $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ mais on conserve la forme)

$$\sigma_1 = [\text{Fe}^{2+}]\lambda_2 + [\text{Cl}^{-}]\lambda_1 \text{ Avec : } [\text{Fe}^{2+}] = C_1 \text{ et } [\text{Cl}^{-}] = 2\cdot C_1$$

$$\sigma_1 = C_1 (2\lambda_1 + \lambda_2).$$

Calcul numérique (conversion implicite des unités cohérentes) : on obtient $\sigma_1 \approx 12,98 \text{ S/m}$.

Pour AlCl_3 : $\sigma_2 = [\text{Al}^{3+}]\lambda_3 + [\text{Cl}^{-}]\lambda_1$ Avec : $[\text{Al}^{3+}] = C_2$ et $[\text{Cl}^{-}] = 3\cdot C_2$

$$\sigma_2 = C_2 (3\lambda_1 + \lambda_3).$$

Calcul numérique : $\sigma_2 \approx 10,4475 \text{ S/m}$.

Q2.5.a — Mélange (concentrations effectives) Étant donné $V_1 = V_2$, les concentrations effectives après mélange sont :

$$[\text{Fe}^{2+}] = \frac{n(\text{Fe}^{2+})}{V_S} = \frac{C_1 \cdot V_1}{V_1 + V_2} = \frac{C_1}{2}$$

$$[\text{Al}^{3+}] = \frac{n(\text{Al}^{3+})}{V_S} = \frac{C_2 \cdot V_2}{V_1 + V_2} = \frac{C_2}{2}$$

$$n(\text{Cl}^{-}) = n_1(\text{Cl}^{-}) + n_2(\text{Cl}^{-}) = 2\cdot C_1 \cdot V_1 + 3\cdot C_2 \cdot V_2$$

$$\text{Alors : } [\text{Cl}^{-}] = \frac{2C_1 V_1 + 3C_2 V_2}{V_1 + V_2} = [\text{Cl}^{-}] = \frac{2C_1 + 3C_2}{2}$$

Q2.5.b — Calcul numérique

Application numérique : $[\text{Fe}^{2+}] = 0,25 \text{ mol/L}$; $[\text{Al}^{3+}] = 0,125 \text{ mol/L}$; $[\text{Cl}^{-}] = 0,875 \text{ mol/L}$

Q2.5.c — Conductivité du mélange

On montre que la conductivité du mélange (avec volumes égaux) vaut la moyenne des conductivités initiales :

$$\sigma = [Cl^-] \cdot \lambda_1 + [Fe^{2+}] \cdot \lambda_2 + [Al^{3+}] \cdot \lambda_3$$

$$\sigma = \lambda_1 \cdot \frac{2C_1 + 3C_2}{2} + \lambda_2 \cdot \frac{C_1}{2} + \lambda_3 \cdot \frac{C_2}{2}$$

$$\sigma = \frac{1}{2} (2C_1\lambda_1 + 3C_2\lambda_1 + C_1\lambda_2 + C_2\lambda_3) = \frac{1}{2} (C_1(2\lambda_1 + \lambda_2) + C_2(3\lambda_1 + \lambda_3))$$

Or d'après la question 1 : $\sigma_1 = C_1(2\lambda_1 + \lambda_2)$. Et $\sigma_2 = C_2(3\lambda_1 + \lambda_3)$.

Alors : $\sigma = \frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2}$

Application numérique $\sigma = \frac{12,98 + 10,4475}{2} = \frac{23,4275}{2} = 11,71375 \text{ S/m.}$

Q2.5.d — Conductance mesurée par électrodes

La conductance G d'une cellule est donnée par :

$$G = \sigma \frac{S}{L}$$

Avec $S = 2 \text{ cm}^2 = 2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ et $L = 5,0 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$:

: $G = \sigma \cdot \frac{S}{L}$

Calcul simplifié :

$$= 11,71375 \times \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-2}} = 11,71375 \times 4 \times 10^{-3} \approx 0,0469 \text{ S.}$$

Résultat final : $G \approx 4,69 \times 10^{-2} \text{ S}$

Réalisé par prof : Ahmed bousaih



Ahmed Bou-saih