

I. Température dans la couronne solaire

I.A. Une atmosphère très étendue

Q.1) Energie potentielle de pesanteur: $E_p = m g_s z$ + cte
avec $E_p(z=0)=0$, on a $E_p = m g_s z$

$$\Rightarrow n_2(z) = n_0 \exp\left(-\frac{z}{H}\right) \text{ avec } H = \frac{k_B T}{m g_s}$$

Q.2) Masse moyenne d'une particule:
 $m = \frac{m_p + m_e}{2}$
le milieu est totalement ionisé et neutre

$$Q.3) \frac{n(R_s)}{n_0} = 10^{-3} = \exp\left(-\frac{R_s}{H}\right) \Rightarrow H = \frac{R_s}{3 \ln(10)} = 401.10^3 \text{ m}$$

$$\text{et } T = \frac{m g_s H}{k_B} = 467.10^6 \text{ K}$$

Q.4) Surface de Gauss Σ : sphère de centre O et rayon r

Théorème de Gauss $\oint_{\Sigma} \vec{g}(r) \cdot d\vec{S} = -4\pi G M_{int}$

$$g(r) 4\pi r^2 = -4\pi G M_s \text{ pour } r \geq R_s$$

$$\text{pour } r \geq R_s \quad g(r) 4\pi R_s^2 = -4\pi G n_s = g(r) 4\pi r^2$$

$$\Rightarrow g(r) = g_s \frac{R_s^2}{r^2}$$

Q.5) Pression $p = n_2 k_B T$

$$\text{Masse volumique } \rho = n_2 m = \frac{p m}{k_B T}$$

$$\frac{dp}{dr} = -\rho(r) g(r) \Rightarrow k_B T \frac{dn_2}{dr} = -n_2 m g_s \frac{R_s^2}{r^2}$$

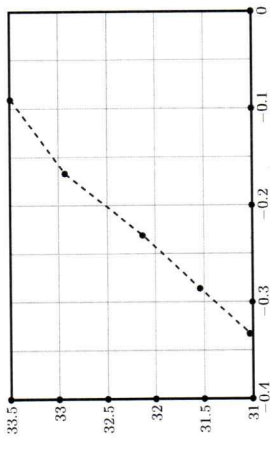
$$\Rightarrow \frac{dn_2}{n_2} = -\frac{m g_s R_s^2}{k_B T} \frac{dr}{r^2} = -\frac{R_s^2}{H} \frac{dr}{r^2}$$

$$\Rightarrow \ln \frac{n_2}{n_0} = \frac{R_s^2}{H} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_s}\right) \Rightarrow n_2(r) = n_0 \exp\left[\frac{R_s^2}{H} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_s}\right)\right]$$

$$Q.6) n_2(x) = n_0' \exp\left[\frac{R_s}{H} \left(\frac{1}{x} - 1\right)\right] \text{ avec } x = \frac{r}{R_s}$$

On trace $\ln(n_2(x)) = f\left(\frac{1}{x} - 1\right)$

$1/x - 1$	-0,91 · 10 ⁻¹	-1,67 · 10 ⁻¹	-2,31 · 10 ⁻¹	-2,86 · 10 ⁻¹	-3,33 · 10 ⁻¹
$\ln(n_2)$	33,49	32,93	32,13	31,54	31,03



On obtient presque une droite ce qui vérifie la pertinence du modèle.

$$\text{pente } a = \frac{25}{0,23} = 109 = \frac{R_s}{H} \Rightarrow H = 6,39.10^7 \text{ m}$$

$$\text{Température de la couronne: } T = \frac{m g_s H}{k_B} = 4,06.10^6 \text{ K}$$

I. B. Présence de fer hautement ionisé

Q.7) L'énergie du photon $h\nu$ doit être supérieure à E_1 pour provoquer l'ionisation de Fe XIII en Fe XIV

$$h\nu = \frac{hc}{\lambda} > E_1 \Rightarrow \lambda < \frac{hc}{E_1} = \lambda_1 = 35 \text{ nm}$$

λ_1 : rayonnement appartenant aux rayons X.

Q.8) Théorème d'équipartition de l'énergie : les électrons possèdent 3 degrés de liberté quadratique donc leur énergie cinétique moyenne est :

$$\langle E_c \rangle = \frac{3}{2} k_B T$$

Q.9) On procède de même pour les ions Fe XIII. Leur énergie cinétique moyenne est aussi $\frac{3}{2} k_B T$

Condition d'ionisation : $3 k_B T > E_1$

$$\Rightarrow T > \frac{E_1}{3 k_B} = 4.4 \cdot 10^6 \text{ K}$$

Q.10) $\lambda = 19.5 \text{ nm}$: les régions les plus émissives sont riches en Fe XII, on lit $\log T \sim 6,2 \Rightarrow T \sim 1.6 \cdot 10^6 \text{ K}$

$\lambda = 28,4 \text{ nm}$: les régions les plus émissives sont riches en Fe XV, on lit $\log T \sim 6,35 \Rightarrow T \sim 2.2 \cdot 10^6 \text{ K}$

Q.11) La question précédente montre qu'en observant à des longueurs d'onde correspondant à des raies du fer à différents états d'ionisation, on obtient la répartition de la température de la surface solaire.

Q.12) Grand nombre d'atomes d'hydrogène \Rightarrow spectre continu thermique.

I. C. Des raies d'émission très larges

Q.13) Il s'agit de l'effet Doppler-Fizeau

$$Q.14) \lambda - \lambda_0 = - \frac{\lambda_0}{c} \vec{v} \cdot \vec{u} \Rightarrow \langle \lambda - \lambda_0 \rangle = - \frac{\lambda_0}{c} \langle \vec{v} \cdot \vec{u} \rangle$$

$$\Rightarrow \Delta \lambda = \frac{\lambda_0}{c} \sqrt{\langle (\vec{v} \cdot \vec{u})^2 \rangle}$$

Q.15) ion Fe XIV $\langle E_c \rangle = \frac{1}{2} m_{Fe} \langle v^2 \rangle = \frac{3}{2} k_B T$
(3 degrés de liberté quadratiques de translation)

$$\langle v^2 \rangle = \frac{3 k_B T}{m_{Fe}}$$

$$Q.16) \langle v^2 \rangle = \langle v_x^2 \rangle + \langle v_y^2 \rangle + \langle v_z^2 \rangle$$

Distribution de vitesse isotrope : $\langle v_x^2 \rangle = \langle v_y^2 \rangle = \langle v_z^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle v^2 \rangle$
 $= \frac{1}{3} \langle (\vec{v} \cdot \vec{u})^2 \rangle$

$$\Rightarrow \langle (\vec{v} \cdot \vec{u})^2 \rangle = \frac{1}{3} \langle v^2 \rangle$$

Q.17) D'après ce qui précède

$$\Delta \lambda = \frac{\lambda_0}{c} \sqrt{\frac{k_B T}{m_{Fe}}}$$

$$\Delta \lambda = \lambda_0 \left(\frac{c}{\lambda_0} \right) = c \frac{\Delta \lambda}{\lambda_0} = \frac{1}{\lambda_0} \sqrt{\frac{k_B T}{m_{Fe}}} \quad \text{car } \Delta \lambda \ll \lambda_0$$

$$\Rightarrow \Delta \lambda = \frac{\lambda_0}{c} \sqrt{\frac{k_B T}{m_{Fe}}}$$

Q.18) Température :

$$T = \frac{m_{Fe}}{k_B} \left(\frac{c \Delta \lambda}{\lambda_0} \right)^2 = 1.9 \cdot 10^6 \text{ K}$$

$$\text{avec } m_{Fe} = \frac{M_{Fe}}{N_A}$$

③

Q.19) Fe XIV $\log(T)_{\max} = 6.3 \Rightarrow T = 20 \cdot 10^6 \text{ K}$
compatible avec Q.18!

II. Densité volumique d'électrons dans la couronne solaire

II.A. Intensité d'une onde plane progressive harmonique

Q.20) Le champ électrique $\vec{E}(M,t)$ est transverse
 \vec{E} orthogonal à $\vec{k} = k \vec{u}_3$

Relation de structure des OPPH : $\boxed{\vec{B} = \vec{k} \wedge \frac{\vec{E}}{\omega}}$

Le champ magnétique $\vec{B}(M,t)$ est transverse $\vec{B} \cdot \vec{k} = 0$

Relation de dispersion : $\boxed{\omega = kc}$

Q.21) Vecteur de Poynting $\vec{\Pi} = \frac{\vec{E} \wedge \vec{B}}{\mu_0} = \frac{\vec{E}}{\mu_0} \wedge \left(\vec{k} \wedge \frac{\vec{E}}{\omega} \right)$

$\Rightarrow \vec{\Pi} = \frac{1}{\mu_0 c} (\vec{E} \cdot \vec{E}) \vec{u}_3$ car $\vec{E} \cdot \vec{k} = 0$ et $\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{u}_3$

$$\Rightarrow \boxed{\vec{\Pi} = \epsilon_0 c \vec{E}^2 \vec{u}_3}$$

Q.22) Intensité = puissance surfacique moyenne

$$\boxed{I = \epsilon_0 c \langle \vec{E}^2 \rangle}$$

II.B. Diffusion par les électrons de la couronne K

Q.23) En ordre de grandeur, $\frac{\|\vec{F}_m\|}{\|\vec{F}_d\|} = \frac{|\vec{v} \wedge \vec{B}|}{\|\vec{E}\|} \sim \frac{vB}{E}$

Relation de structure : $\vec{B} = \vec{k} \wedge \frac{\vec{E}}{c} \Rightarrow \|\vec{B}\| \sim B \sim \frac{E}{c}$

$$\frac{\|\vec{F}_m\|}{\|\vec{F}_d\|} \sim \frac{v}{c} \ll 1 \text{ si } v \ll c$$

Pour pouvoir négliger l'effet magnétique de l'onde, il faut que l'électron ne soit pas relativiste.

Q.24) On veut négliger les variations spatiales du champ électrique.

En ordre de grandeur $\vec{k} \cdot \vec{r} \sim \frac{2\pi}{\lambda} L_3$ L_3 amplitude du mouvement de l'électron suivant Ox_3 .

$\frac{2\pi}{\lambda} L_3 \ll 1 \Rightarrow \boxed{L_3 \ll \lambda}$

Mouvement harmonique $L_3 \sim \frac{v}{\omega}$ et $\lambda = \frac{2\pi}{k} \sim \frac{c}{\omega}$

$L_3 \ll \lambda \Rightarrow \frac{v}{\omega} \ll \frac{c}{\omega} \Rightarrow \boxed{v \ll c}$

Les électrons étant non relativistes, cette condition est vérifiée.

Q.25) $[I] = \frac{\text{Puissance}}{\text{Surface}} \Rightarrow [I] = \frac{[P]}{[S]}$ Surface

Principe fondamental appliqué à l'électron : $\vec{a} = -\frac{e}{m} \vec{E}$

$\Rightarrow \langle P \rangle = \frac{e^4}{6\pi\epsilon_0^3 m^2} \langle \vec{E}^2 \rangle$ et $I = \epsilon_0 c \langle \vec{E}^2 \rangle$

$\Rightarrow \langle P \rangle = \frac{e^4}{6\pi\epsilon_0^3 c m^2} I$

Donc $\boxed{I = \frac{e^4}{6\pi\epsilon_0^3 c m^2} = 6,65 \cdot 10^{-29} \text{ m}^2}$

I.C. Contenu électronique de la couronne

Q.26) On considère la tranche représentée entre z et $z+dz$. Elle contient $dN_e = n_e S dz$ électrons rayonnant chacun une puissance moyenne $\langle P \rangle = \sigma I(z)$

Puissance totale rayonnée $n_e \sigma I(z) dz$

Puissance perdue par l'onde pendant la traversée de cette tranche $-S(I(z+dz) - I(z)) = -S dI$

$$\Rightarrow -S dI = n_e \sigma I(z) dz \Rightarrow \frac{dI}{I} = -\sigma n_e(z) dz$$

$$\text{Intégration } \ln \frac{I(k)}{I(0)} = -\sigma \int_0^k n_e(z) dz$$

On obtient bien $I(k) = I(0) \exp(-N\sigma)$ avec $N = \int_0^k n_e(z) dz$

Q.27) Si $N\sigma \ll 1$ alors $\exp(-N\sigma) \sim (1 - N\sigma)$ et $I(k) \sim I(0)(1 - N\sigma)$

Puissance incidente $I(0)$

Puissance diffusée par les électrons de la colonne: $I(0) N\sigma$

$$\text{Fraction } f = \frac{I(0) N\sigma}{I(0)} \Rightarrow f = N\sigma$$

Q.28) Densité volumique moyenne d'électrons libres: $N = \tilde{n}_e$ avec $k = 0.6 R_\odot$

$$\Rightarrow \tilde{n}_e = \frac{f}{\sigma k} = 36 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3}$$

III. Rayonnement radio de la couronne solaire

III.A. Propagation dans un plasma

Q.29) Hypothèses et approximations:

- * ions immobiles
- * électrons non relativistes
- * plasma dilué: pas d'interactions ni de collisions

Principe fondamental de la dynamique appliqué à l'électron

$$m_e \frac{d\vec{v}}{dt} = -e \vec{E} \quad \text{notations complexes } i\omega m_e \vec{v} = -e \vec{E}$$

$$\vec{J} = -n_e e \vec{v} = \frac{n_e e^2}{i m_e \omega} \vec{E} \quad \text{conductivité complexe } \underline{\sigma} = \frac{n_e e^2}{i m_e \omega}$$

$$\text{Q.30) } \vec{\nabla} \times \vec{\nabla} \times \vec{E} = \vec{\nabla}(\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) - \Delta \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} \vec{\nabla} \times \vec{B} \quad \text{Maxwell - Ampère}$$

0 avec Maxwell - Gauss

$$\Delta \vec{E} = \frac{\partial}{\partial t} (\mu_0 \underline{\sigma} \vec{E} + \mu_0 \epsilon \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}) \quad \text{Maxwell - Ampère}$$

Notations complexes $(-i\vec{k}) = i\omega \mu_0 \underline{\sigma} - \frac{\omega^2}{c^2}$

$$k^2 = \frac{\omega^2 - \omega_p^2}{c^2} \quad \text{avec } \omega_p = \sqrt{\frac{n_e e^2}{m_e \epsilon_0}}$$

Q.31) Une onde peut se propager si $k^2 > 0$ donc si $\omega > \omega_p$

Si $\omega < \omega_p$ alors k est un imaginaire pur et l'onde est évanescence. Toute la puissance incidente est réfléchi par le plasma.

III. B. Oscillations plasma

Q.32) Densité volumique de charges: $\rho(x,t) = (n_0 - n_e(x,t))e$

Q.33) Equation locale de conservation de la charge:

$$\text{div } \vec{j} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad \text{avec } \vec{j}(x,t) = \rho(x,t) \frac{\partial \phi}{\partial x}(x,t)$$

$$\Rightarrow -e \frac{\partial (n_e v_e)}{\partial x} - e \frac{\partial n_e}{\partial t} = 0 \Rightarrow \left[\frac{\partial n_e}{\partial t} + \frac{\partial (n_e v_e)}{\partial x} \right] = 0$$

Q.34) Maxwell - Gauss: $\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \Rightarrow \left[\frac{\partial E}{\partial x} = \frac{(n_0 - n_e(x,t))e}{\epsilon_0} \right]$

Q.35) Principe fondamental de la dynamique appliqué à l'électron en négligeant les effets magnétiques:

$$m_e \frac{dv_e}{dt} = -eE$$

Approximation linéaire: $\left[m_e \frac{\partial v_e}{\partial t} = -eE \right]$ (III.3)
↓ projection sur Ox

Q.36) Notations complexes:

(III.4) $i\omega N + n_0(-ik)V \Rightarrow \omega N = kn_0 V$

(III.2) $-ikE_0 = -\frac{Ne}{\epsilon_0} \Rightarrow ikE_0 = \frac{Ne}{\epsilon_0}$

(III.3) $i\omega m_e V = -eE_0$

$$\Rightarrow N = ik \frac{E_0 \epsilon_0}{e} \quad \text{et} \quad V = \frac{ieE_0}{m_e \omega}$$

dans (III.4) $ik\omega \frac{E_0 \epsilon_0}{e} = ik n_0 \frac{eE_0}{m_e \omega} \Rightarrow \left[\omega = \sqrt{\frac{n_0 e^2}{m_e \epsilon_0}} = \omega_p \right]$

III. C. Sursaut radio

Q.37) fréquence plasma $\left[f_p = \frac{\omega_p}{2\pi} = 89,7 \text{ MHz} \right]$

Q.38) Entre le Soleil et l'atmosphère terrestre, il y a du vide donc le rayonnement va atteindre l'atmosphère terrestre.

L'atmosphère terrestre est un plasma de fréquence de coupure de l'ordre du megahertz donc le rayonnement qui est à une fréquence supérieure va traverser l'atmosphère terrestre.

Q.39) * $f_1 = 120 \text{ MHz} \Rightarrow n_1 = \frac{4\pi^2 m_e \epsilon_0 f_1^2}{e^2} = 1,8 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$
et $n_1 \approx b \frac{R_s}{\ln(n_1/N_0)} = 8,3 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3}$

* $f_2 = 75 \text{ MHz} \Rightarrow n_2 = \frac{4\pi^2 m_e \epsilon_0 f_2^2}{e^2} = 7,0 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-3}$
et $n_2 \approx b \frac{R_s}{\ln(n_2/N_0)} = 9,3 \cdot 10^8 \text{ m}^{-3}$

$n_2 - n_1$ est parcourue en $\Delta t = 1,5$. On obtient une vitesse

$\left[v_e = \frac{n_2 - n_1}{\Delta t} \approx 10^8 \text{ m.s}^{-1} \right]$ Les particules sont relativistes!

IV. Prolongement de la couronne dans l'espace interplanétaire

IV. A. Température dans la couronne solaire et dans le milieu interplanétaire

Q.40) Bon conducteur thermique: le cuivre

$$\left[\lambda \approx 400 \text{ W.K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1} < \lambda_0 \right]$$

Q.46) Au périhélie, la vitesse est uniquement suivant \vec{u}_0 : $\vec{v}_p = r_p \dot{\theta}_p \vec{u}_0$

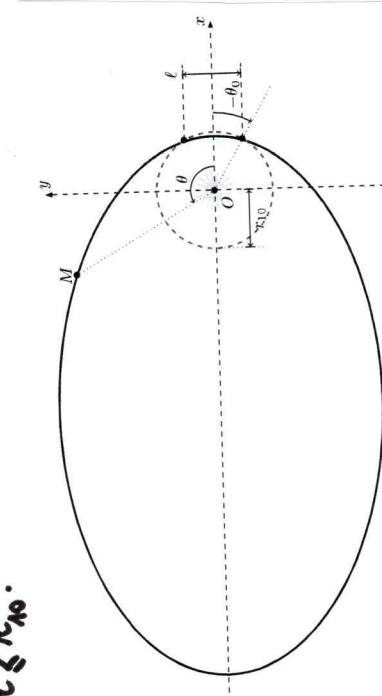
et $\vec{a} = -\frac{GM_s}{r_p^2} \vec{u}_r$ avec $\vec{a} = -\frac{v_p^2}{r_p} \vec{u}_r$

$\Rightarrow v_p = \sqrt{\frac{GM_s}{r_p}} = 439 \cdot 10^5 \text{ m.s}^{-1}$

Q.47) On a $r_p = \frac{p}{1+e}$ et $r_a = \frac{p}{1-e}$
 $\Rightarrow \frac{1+e}{1-e} = \frac{r_a}{r_p} \Rightarrow e = \frac{r_a - r_p}{r_a + r_p} = 0.88$

et $p = \frac{2r_p r_a}{r_a + r_p} = 865 \cdot 10^{-2} \text{ ua}$

Q.48) $r = r_{a0} \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{e} \left(\frac{r}{r_{a0}} - 1 \right) = 0.98$
 Pour $\theta \in [-\theta_0, \theta_0]$ tel que $\cos \theta_0 = 0.98$ ($\theta_0 = 11^\circ$), on a $r \leq r_{a0}$.



Distance parcourue $l \sim 2r_p \tan \theta$ Temps de parcours
 Vitesse de parcours $v \sim v_p$
 $\Delta t = \frac{2r_p \tan \theta}{v_p} = 5 \text{ h } 18 \text{ min}$

Q.41) Loi de Fourier $\vec{j}_e = -\lambda \vec{\text{grad}} T$

Q.42) Bilan thermique sur le volume compris entre la sphère de rayon r et celle de rayon $r+dr$:

$dU = 0 = j_e(r) 4\pi r^2 dt - j_e(r+dr) 4\pi (r+dr)^2 dt$
 $= -\frac{d(r^2 j_e(r))}{dr} 4\pi r dr dt$

Loi de Fourier : $\frac{d(\lambda r^2 \frac{dT}{dr})}{dr} = 0$

$\Rightarrow \lambda \left(\frac{T}{T_0} \right)^{5/2} r^2 \frac{dT}{dr} = A \quad T^{5/2} dT = \frac{A T_0^{5/2}}{r_0^2} \frac{dr}{r^2}$

Intégration : $T(r)^{3/2} - T_0^{3/2} = \frac{7 A T_0^{5/2}}{2 \lambda_0} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right)$

$\Rightarrow T(r) = T_0 \left(1 - K \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right) \right)^{2/3}$

Q.43) Si $r \rightarrow +\infty$ alors $T \rightarrow T_0 \left(1 - \frac{K}{r_0} \right)^{2/3} \ll T_0$

$\Rightarrow K = r_0$ et $T(r) = T_0 \left(\frac{r_0}{r} \right)^{2/3}$

IV.B. La mission Parker Solar Probe

Q.44) $T(r_p) = 55 \cdot 10^5 \text{ K}$ Le bouclier thermique est donc insuffisant.

Q.45) 3^e loi de Kepler $\frac{T_{\text{Jov}}^2}{a^3} = \frac{T_J^2}{GM_s} = \frac{T_J}{r_p^3}$ avec $a = \frac{r_p + r_a}{2}$

$\Rightarrow T_{\text{Jov}} = T_J \left(\frac{a}{r_p} \right)^{3/2} = 88,3 \text{ jours}$

V. Correction de trajectoire

V.A. Propulseur à hydrazine

Q.49) Décomposition de l'hydrazine: $\boxed{N_2H_4 = N_2 + 2H_2}$

Il y a production de gaz qui sont éjectés. C'est un moteur à propulsion.

Q.50) Catalyseur: espèce chimique absente du bilan et qui accélère la réaction sans modifier l'état d'équilibre atteint

Q.51) Enthalpie de réaction $\Delta_r H^\circ = -\Delta_f H^\circ(N_2H_4)$ loi de Hess
 $= -50,6 \text{ kJ.mol}^{-1}$

$\Delta_r H^\circ < 0$ donc la réaction est exothermique.

Q.52) N_2H_4 $\xrightarrow{\Delta H}$ $N_2 + 2H_2$ adiabatique et isobare
 Température T_i $\xrightarrow{\Delta H_1}$ T_f $\xrightarrow{\Delta H_2}$ T_f
 n moles $\xrightarrow{\Delta H_1}$ n moles N_2 $\xrightarrow{\Delta H_2}$ 2n moles H_2

Hypothèse: réaction totale

$\Delta H = 0 = \Delta H_1 + \Delta H_2$ avec $\Delta H_1 = n \Delta_r H^\circ$
 adiabatique $\Delta H_2 = n (C_p^\circ(N_2) + 2C_p^\circ(H_2))(T_f - T_i)$

$$\Rightarrow \boxed{T_f - T_i = \frac{-\Delta_r H^\circ}{C_p^\circ(N_2) + 2C_p^\circ(H_2)} = 584 \text{ K}}$$

Q.53) On pourrait prendre en compte les pertes thermiques et le fait que $\Delta_r H^\circ$ dépend de la température.

③

V.B. Synthèse de l'hydrazine

Q.54) Quotient réactionnel $Q_r = \frac{[N_2H_4][Cl^-]}{[NH_2Cl][NH_3]}$

$$Q_r = \frac{n_{N_2H_4} n_{Cl^-}}{n_{NH_2Cl} n_{NH_3}}$$

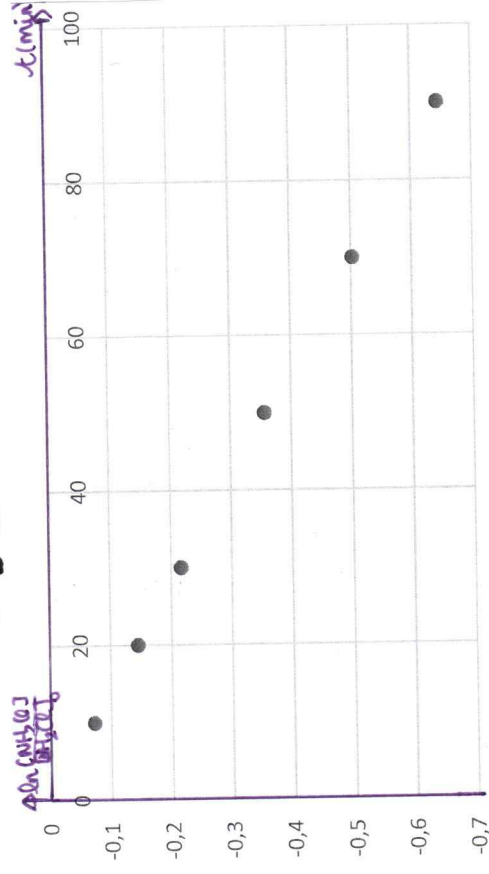
On part d'une situation d'équilibre, $Q_r = K^\circ$. On augmente n_{NH_3} alors Q_r devient inférieur à K° , l'équilibre est déplacé dans le sens direct (= production d'hydrazine)

Q.55) Hypothèse: $\alpha = 1$ et $[NH_3] = [NH_3]_0 = \text{cte}$ car NH_3 est en large excès.

$$v = -\frac{d[NH_2Cl]}{dt} = k[NH_2Cl][NH_3]$$

$$\Rightarrow \ln \frac{[NH_2Cl]}{[NH_2Cl]_0} = -k[NH_3]t$$

On trace $\ln \frac{[NH_2Cl]}{[NH_2Cl]_0} = f(t)$:



On obtient bien une droite donc l'ordre 1 par rapport à la monochloramine est validé

Q.56) La pente de la droite précédente est

$$a = -k [\text{NH}_3] = -7,14 \cdot 10^{-3} \text{ min}^{-1}$$

$$\Rightarrow k = \frac{-a}{[\text{NH}_3]} = 7,14 \cdot 10^{-3} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$$

Q.57) Loi d'Arrhénius $k(T) = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$

On mesure k à 2 températures : $k(T_1)$ et $k(T_2)$

$$\text{On obtient } E_A = R \frac{T_1 T_2}{T_1 - T_2} \ln \left(\frac{k(T_1)}{k(T_2)} \right)$$

Q.58) $T_1 = 27,3^\circ\text{C}$ $T = 130^\circ\text{C}$

$$k(T_1) = k = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT_1}\right) \quad k' = k(T) = A \exp\left(-\frac{E_A}{RT}\right)$$

$$\Rightarrow k' = k \exp\left[-\frac{E_A}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_1}\right)\right] = 13,6 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k' [\text{NH}_3]_0} = 0,10 \text{ s}$$

Q.59) $k = k_1 + k_2 10^{\text{pH}} = k_1 + \frac{k_2}{[\text{H}^+]}$

$$\Rightarrow k = k_1 + \frac{k_2}{K_2} [\text{OH}^-]$$

indépendant du pH \uparrow catalysé par les ions OH^-

VC. Analyse de la pureté de l'hydrazine

Q.60) $\lambda = 455 \text{ nm}$ correspond à l'absorbance maximale de l'azine. A cette longueur d'onde, l'absorbance est la plus sensible à la quantité d'azine

Q.61) Loi de Beer-Lambert : $A = \epsilon \sum \alpha_i c_i$

A absorbance $A = \epsilon \left(\frac{l}{I}\right)$ I_0 intensité entrante sans diffusion I intensité sortante

l épaisseur traversée en cm.

c_i concentration en espèce i en $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$

α_i coefficient d'absorption molaire en $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Q.62) *Prélevement d'un volume $v = 10 \text{ mL}$ de solution mère avec une pipette jaugée de 10 mL

* Ce volume est placé dans une fiole jaugée de volume 100 mL ($=1 \text{ L}$).

* On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Q.63) On attend pour être sûr que la réaction est terminée. Celle-ci peut être lente

Q.64) Solution S_A concentration $c_1 = 0,05805 \times A_1$
 $c_1 = 15,5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$
 $= [\text{hydrazine}]_1 (k=0)$

$$\Rightarrow c_0 = 10 c_1 = 155 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Q.65) On a fait une dilution par 200 000 de l'hydrazine "pure" : concentration C de l'hydrazine pure :

$$C = 2 \cdot 10^5 c_0 = 31,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

Masses d'hydrazine par unité de volume : $M_{\text{NH}_2} = 32 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

Masses d'hydrazine pure d'eau : $1005 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$

teneur massique $x = \frac{32}{1005} = 98,7\%$ hydrazine pure