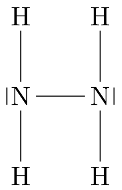
DS4 du 30/11 : Physique-chimie (3h)

Solution de l'exercice 1 : L'hydrazine

Q.1 $N = 2 \times 5 + 4 \times 1$ soit $D = 7$:



Q.2 Les interactions de van der Waals sont élevés, le moment dipolaire est important donc l'interaction de Keessom est forte, on peut aussi penser qu'une liaison hydrogène est possible vu que N est très électronégatif.

L'hydrazine est miscible dans l'eau car elle possède un moment dipolaire important, elle peut faire des pont à hydrogène avec l'eau.

Solution de l'exercice 2 : Décomposition du pentachlorure de phosphore

Q.1 On dresse le tableau d'avancement :

	$PCl_5(g)$ $=$	$PCl_3(g)$ $+$	$Cl_2(g)$	n_{tot}
EI	n_0	0	0	n_0
EF	$n_0 - \xi_{eq}$	ξ_{eq}	ξ_{eq}	$n_0 + \xi_{\text{eq}}$

À l'équilibre on a : $Q_{r,\text{eq}} = K^\circ$ or $\quad Q_{r,\text{eq}} = \dfrac{P(PCl_3)P(Cl_2)}{P(PCl_5)p^\circ}$

On applique la loi de Dalton :

$$P(Cl_2) = P(PCl_3) = \frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} P$$

$$P(PCl_5) = \frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} P$$

$$\frac{\xi_{\text{eq}}^2}{(n_0 + \xi_{\text{eq}})(n_0 - \xi_{\text{eq}})} \frac{P}{p^\circ} = K^\circ \quad \Longleftrightarrow \frac{\xi_{\text{eq}}^2}{n_0^2 - \xi_{\text{eq}}^2} \frac{P}{p^\circ} = K^\circ \quad \Longleftrightarrow \xi_{\text{eq}} = n_0 \sqrt{\frac{K^\circ}{K^\circ + \frac{P}{p^\circ}}}$$

AN : $\xi_{\text{eq}} \simeq 0{,}056\,\text{mol}$

État final :

- $n(PCl_3) = n(Cl_2) \simeq 0{,}056\,\text{mol}$
- $n(PCl_5) \simeq 0{,}044\,\text{mol}$

Q.2 L'équilibre sera donné par $\xi'_{\text{eq}} = n_0 \sqrt{\dfrac{K^\circ}{K^\circ + \frac{P'}{p^\circ}}} < \xi_{\text{eq}}$. L'équilibre est déplacé dans le sens indirect, on aura alors production du réactif et consommation des produits.

Q.3 On augmente alors n_{tot} d'une quantité n_2. Au vu de l'expression du Q_r, celui-ci va diminuer par rapport à sa valeur à l'équilibre de la question **Q.1**, l'évolution va alors se faire dans le sens direct.

Solution de l'exercice 3 : Formation du tétrafluorure d'uranium

Q.1 On dresse le tableau d'avancement :

	$UO_2(s)$ $+$	$4HF(g)$ $=$	$UF_4(s)$ $+$	$2H_2O(g)$	n_{gaz}
EI	n_0	n_0	0	0	n_0
EF	$n_0 - \xi_{eq}$	$n_0 - 4\xi_{\text{eq}}$	ξ_{eq}	$2\xi_{eq}$	$n_0 - 2\xi_{\text{eq}}$

Comme $K^\circ \gg 1$ on peut supposer ici que $\xi_{\text{eq}} = \xi_{\max} - \epsilon$ avec $\epsilon \ll \xi_{\max} = \dfrac{n_0}{4}$

À l'équilibre : $Q_{r,\text{eq}} = K^\circ$

$$\frac{P^2(H_2O)(p^\circ)^2}{P^4(HF)} = K^\circ$$

On applique la loi de Dalton :

$$P(\mathrm{H_2O}) = \frac{2\xi_{\mathrm{eq}}}{n_0 - 2\xi_{\mathrm{eq}}} P \simeq P$$

$$P(\mathrm{HF}) = \frac{n_0 - 4\xi_{\mathrm{eq}}}{n_0 - 2\xi_{\mathrm{eq}}} P \simeq \frac{8\epsilon}{n_0} P$$

On calcule alors ϵ :

$$\frac{n_0^4 (p^\circ)^2}{(8\epsilon)^4 P^2} = K^\circ \qquad \iff \epsilon = \frac{n_0}{8}\left(\frac{(p^\circ)^2}{K^\circ P^2}\right)^{1/4} \qquad \underline{\text{AN : } \epsilon \simeq 0{,}0077\,\mathrm{mol}} \ll 0{,}25\,\mathrm{mol}$$

État final :

- $n(\mathrm{UO_2(s)}) \simeq 0{,}75\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{HF(g)}) \simeq 4 \times 0{,}0077\,\mathrm{mol} \simeq 0{,}030\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{UF_4(s)}) \simeq 0{,}25\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{H_2O(g)}) \simeq 0{,}50\,\mathrm{mol}$;

Q.2 On dresse le tableau d'avancement :

	$\mathrm{UO_2(s)}$ +	$4\mathrm{HF(g)}$ =	$\mathrm{UF_4(s)}$ +	$2\mathrm{H_2O(g)}$	n_{gaz}
EI	$n_0/10$	n_0	0	0	n_0
EF	$n_0/10 - \xi_{eq}$	$n_0 - 4\xi_{\mathrm{eq}}$	ξ_{eq}	$2\xi_{eq}$	$n_0 - 2\xi_{\mathrm{eq}}$

La recherche de l'équilibre mène au même résultat que précédemment car seules les quantités de matières des espèces gazeuses influent sur le Q_r et elles sont ici identiques. En revanche la valeur de $\xi_{\max} = n_0/10$ maintenant car c'est $\mathrm{UO_2(s)}$ le réactif limitant.

Comme on a $\xi_{\max} < \xi_{\mathrm{eq}}$ la réaction est totale, on ne va pas atteindre l'équilibre.

État final :

- $n(\mathrm{UO_2(s)}) \simeq 0\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{HF(g)}) \simeq 0{,}9\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{UF_4(s)}) \simeq 0{,}1\,\mathrm{mol}$;
- $n(\mathrm{H_2O(g)}) \simeq 0{,}20\,\mathrm{mol}$;

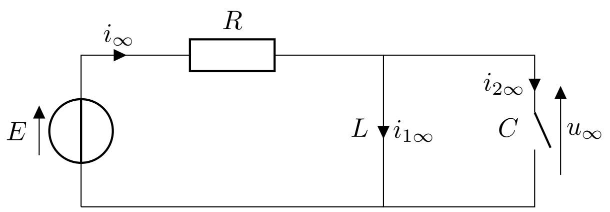
Solution de l'exercice 4 : Étude d'un circuit *RLC*

Q.1 Par continuité : $\boxed{u(t=0^+) = u(t=0^-) = 0}$ et $\boxed{i_1(t=0^+) = i_1(t=0^-) = 0}$

Loi des mailles : $E = Ri(0) + \cancel{u(0)} \Longrightarrow i(0) = \dfrac{E}{R}$

Loi des nœuds : $i_2(0) = i(0) - \cancel{i_1(0)} \Longrightarrow$ $\boxed{i_2(t=0^+) = \dfrac{E}{R}}$

Q.2 On trace le circuit équivalent en régime permanent :



Par définition : $\boxed{i_{2\infty} = 0}$, et $\boxed{u_{L\infty} = 0}$.

Loi des mailles : $E = Ri_\infty + \cancel{u_\infty} \Longrightarrow i_\infty = \dfrac{E}{R}$

Loi des nœuds : $i_{1\infty} = i_\infty - \cancel{i_{2\infty}} \Longrightarrow \boxed{i_{1\infty} = \dfrac{E}{R}}$

Q.3 On applique la loi des mailles :

$$E = Ri(t) + u(t) \qquad \text{or } u(t) = L\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}$$

$$E = Ri(t) + L\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} \qquad \text{or } i(t) = i_1(t) + i_2(t)$$

$$E = Ri_1(t) + Ri_2(t) + L\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} \qquad \text{or } i_2 = C\frac{\mathrm{d}u}{\mathrm{d}t}$$

$$\boxed{E = Ri_1(t) + RLC\frac{\mathrm{d}^2 i_2}{\mathrm{d}t^2} + L\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}}$$

Q.4 On met l'équation différentielle sous forme canonique : $\boxed{\dfrac{\mathrm{d}^2 i_1}{\mathrm{d}t^2} + \dfrac{1}{RC}\dfrac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} + \dfrac{i_1}{LC} = \dfrac{E}{RLC}}$

On identifie donc : $\boxed{\omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}}$ et $\boxed{Q = R\sqrt{\dfrac{C}{L}}}$.

Q.5 Soit l'équation caractéristique : $\quad r^2 + \dfrac{\omega_0}{Q} r + \omega_0^2 = 0$

Pour le régime critique on a : $\quad \Delta = \omega_0^2 \left(\dfrac{1}{Q^2} - 4 \right) = 0 \iff Q = \dfrac{1}{2} \implies \boxed{R\sqrt{\dfrac{C}{L}} = \dfrac{1}{2}}$

Q.6 Soit $i_1(t) = i_p + i_h(t)$ avec $i_p = C^{te} \implies i_p = \dfrac{E}{R}$ et $i_h(t) = e^{-\omega_0 t}(At + B)$

$$i_1(t) = \frac{E}{R} + e^{-\omega_0 t}(At + B) \qquad \text{or } i_1(t=0) = 0 \implies B = \frac{-E}{R}$$

$$\frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t}(t=0) = \frac{u(t=0)}{L} = 0 \quad \text{ or } \frac{\mathrm{d}i_1}{\mathrm{d}t} = -\omega_0 e^{-\omega_0 t}\left(At - \frac{E}{R}\right) + Ae^{-\omega_0 t} \implies A = -\frac{\omega_0 E}{R}$$

$$\boxed{i_1(t) = \frac{E}{R}\left[1 - e^{-\omega_0 t}(\omega_0 t + 1)\right]}$$

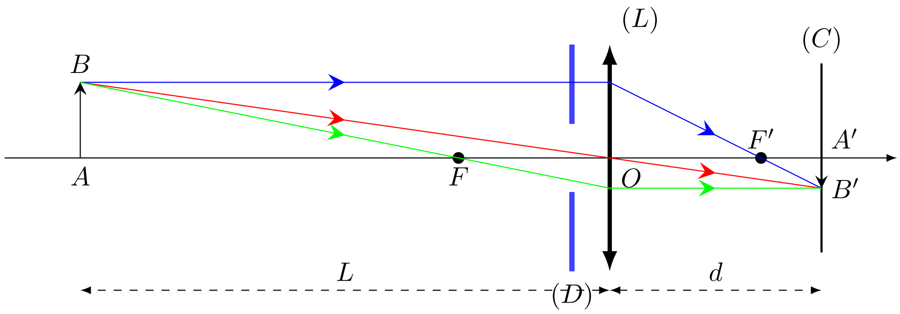
Solution de l'exercice 5 : Optique de l'appareil photo

Q.1 a) Conditions de Gauss :

- Rayons proches de l'axe optique ;
- angle faible avec l'axe optique.

b) Le diaphragme (D) sélectionne les rayons paraxiaux qui forment une image sur le capteur (C).

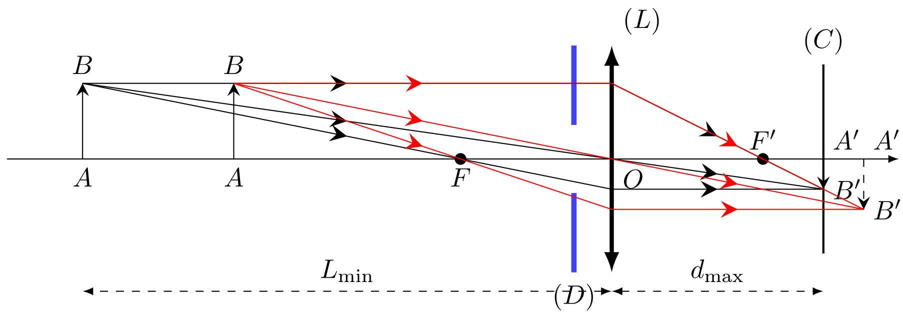
Q.2 a) On considère le schéma suivant :



b) Soit $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ avec $\overline{OA} = -L$ et $\dfrac{1}{\overline{OA'}} = \dfrac{1}{f'} + \dfrac{1}{\overline{OA}} \simeq \dfrac{1}{f'} \implies \boxed{\overline{A'B'} \simeq -\dfrac{hf'}{L}}$ AN : $\underline{\overline{A'B'} \simeq -12{,}5\,\mathrm{mm}}$

Q.3 a) Si $L \to +\infty$ $\quad \boxed{d = d_{\mathrm{min}} = f'}$

b) Si $d = d_{\mathrm{max}}$ alors :



c) Soit $\overline{OA'} = d_{\mathrm{max}}$ et $\overline{OA} = -L_{\mathrm{min}} \implies \dfrac{1}{d_{\mathrm{max}}} + \dfrac{1}{L_{\mathrm{min}}} = \dfrac{1}{f'} \implies \boxed{L_{\mathrm{min}} = \dfrac{f' d_{\mathrm{max}}}{f' - d_{\mathrm{max}}}}$

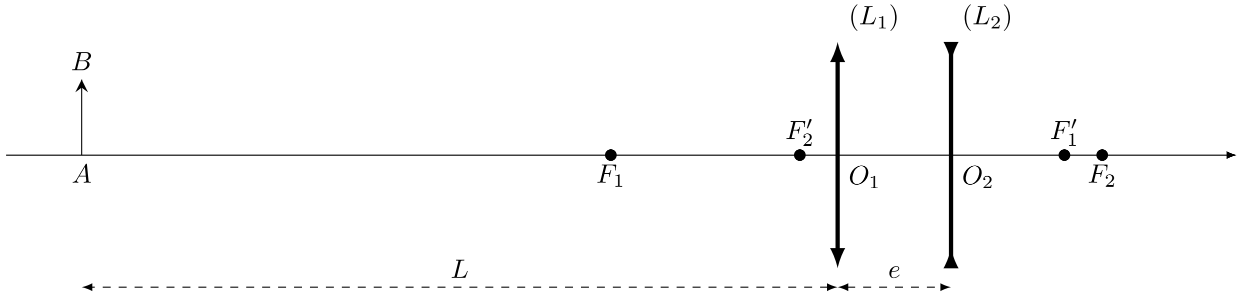
d) AN : $\underline{L_{\mathrm{min}} = 55\,\mathrm{cm}}$

Q.4 a) Soit $\overline{A_1'B_1'} = \dfrac{\overline{AB} f_1'}{L} = 2\overline{A'B'}$ AN : $\underline{\overline{A_1'B_1'} = -25\,\mathrm{mm}}$

b) L'arbre peut être vu en entier en mode "portrait".

Q.5 Lorsque $f' \to f_1' = 2f'$ on obtient la même image que si $L \to L_1 = L/2$ ce qui donne une impression de rapprochement à condition que $f' \ll L$.

Q.6 a) Soit le schéma suivant :



Soit $\dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}} = \dfrac{1}{f'} \Longrightarrow \overline{O_1A_1} = \dfrac{f_1'L}{L - f_1'} \simeq f_1' \Longrightarrow \boxed{\overline{O_2A_1} = f_1' - e}$

b) Pour que $A'B'$ soit réelle on doit avoir : $0 < \overline{O_2A_1} < \overline{O_2F_2} \Longleftrightarrow 0 < f_1' - e < -f_2'$ soit $\boxed{f_1' + f_2' < e < f_1'}$

c) AN : $\underline{5\,\text{cm} < 8\,\text{cm} < 10\,\text{cm}}$ la condition est réalisée.

Q.7 Soit $\dfrac{1}{\overline{O_2A'}} - \dfrac{1}{\overline{O_2A_1}} = \dfrac{1}{f_2'}$ avec $d = \overline{O_2A'} = \dfrac{\overline{O_2A_1} \times f_2'}{\overline{O_2A_1} + f_2'} \Longrightarrow \boxed{d = \dfrac{(f_1' - e)f_2'}{f_1' + f_2' - e}}$ AN : $\underline{d \simeq 3{,}3\,\text{cm}}$

a) Soit $\dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \dfrac{d}{f_1' - e}$ et $\dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = -\dfrac{f_1'}{L} \Longrightarrow \boxed{\overline{A'B'} = \dfrac{hdf_1'}{L(e - f_1')}}$ AN : $\underline{\overline{A'B'} = -4{,}2\,\text{cm}}$

b) On a une taille d'image presque deux fois plus grande.

$\cdots$ **FIN** $\cdots$