

CCP 2001 PSI Physique 2

Amplificateur et oscillateur à transistor :

1.1.1. Une équivalence Thévenin-Norton donne :

$$R_s = R_D ; A = - R_D \cdot s.$$

1.1.2.
$$\frac{v_s}{v_e} = A \frac{R_u}{R_u + R_s}$$

1.1.3. Une transformation étoile triangle permet de calculer :

$$B(p) = \frac{1}{1 + 2R_s C p + LC p^2 + R_s CL C p^3}$$

soit $a_1 = 2R_s C ; a_2 = LC ; a_3 = R_s LC^2$

1.2.2. On doit réaliser $a \cdot B(p) = 1$, donc :

$$A = -1 ; f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{LC}}$$

1.2.3. a) Pour démarrer les oscillations, on se place à $AB(p) < 1$, en réalisant un amplificateur inverseur de gain $|A| < 1$, puis on augmente ce gain. Quelle réponse était attendue ?

b) Cette puissance est fournie par les alimentations de l'AO.

c) On calcule $f_0 = 22508 \text{ Hz}$.

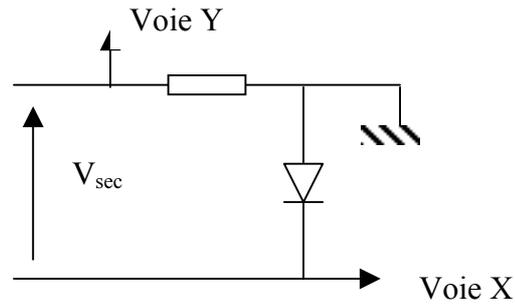
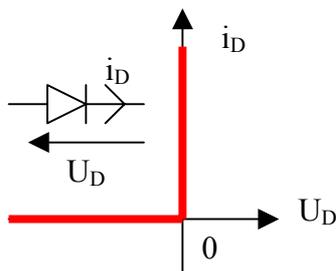
$$\frac{\Delta f_0}{f_0} = \frac{1}{2} \frac{\Delta L}{L} + \frac{1}{2} \frac{\Delta C}{C} = 3,5 \cdot 10^{-2} \text{ soit } 3,5\%$$

1.2.4. On réalise un montage amplificateur inverseur de gain $G = -1$.

1.2.5. Non, car à cette fréquence le gain de l'AO est pratiquement nul.

Tracé de la caractéristique d'une diode ; alimentation à découpage.

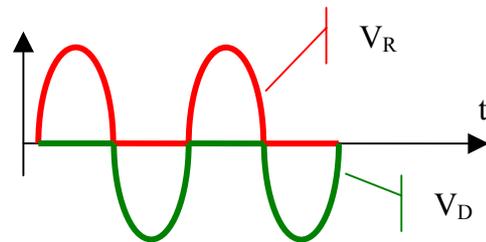
2.1.1.



Remarque : il faudra inverser la voie X pour observer la caractéristique du 2.1.1.

2.1.2. b) Sans transformateur d'isolement, il serait impossible de visualiser U_R et U_D simultanément, car cela exige de placer la masse entre la diode et la résistance.

c) On a $V_D + V_R = V_{sec}$.



d) En courant continu, le transformateur donne $V_{sec} = 0$, donc : $i_R = 0$.

2.2.1.

- $0 \leq t \leq \alpha T : i_L(t) = \frac{E}{L} t + I_m$

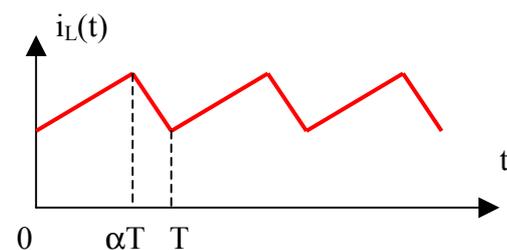
qui croit jusqu'à $t = \alpha T$, donc :

$$i_L(\alpha T) = E\alpha T/L + I_m = I_m.$$

- $\alpha T \leq t \leq T : i_L(t) = \frac{E - E'}{L} t + K$

On détermine la constante K par continuité à $t = \alpha T : K = I_m + E'\alpha T/L$.

2.2.2.



2.2.3. Le courant étant périodique, on doit avoir $i_L(0) = i_L(T)$, soit :

$$E = E' (1 - \alpha)$$

Le hacheur est un hacheur survolteur.

2.2.4. $\Delta i_L = I_M - I_m = i_L(\alpha T) - i_L(0)$

soit : $\Delta i_L = E\alpha T/L$ (1)

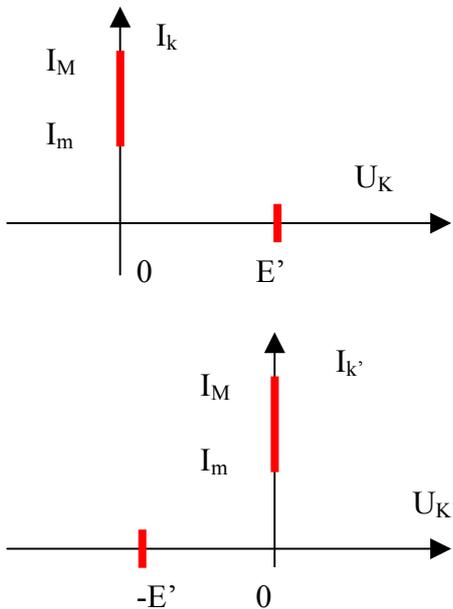
$$P = \frac{1}{T} \int_0^T E i_L(t) dt = E \langle i_L(t) \rangle = E \frac{I_M + I_m}{2}$$

soit $P = EI_m + \frac{E^2\alpha T}{2L}$ (2)

(1) $\Rightarrow L_{\min} = E\alpha T / \Delta I_{\max} = 5 \text{ mH}$

(2) $\Rightarrow I_m = 2,85 \text{ A} ; I_M = 3,15 \text{ A}$.

2.2.5. a) En convention récepteur, avec les sens de courants indiqués sur le schéma :



b) K est un transistor ; K' une diode. Le hacheur a une structure parallèle.

c) $V_0 = \frac{1}{T} \int_0^T v_K(t) dt = E'(1 - \alpha) = E$

2.2.6. $I_C = \frac{1}{T} \int_0^T i_C(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T dq dt$
 $= \frac{1}{T} \int_0^T dq = 0$

car $q(t)$ est périodique.

$$I_R = \frac{1}{T} \int_0^T i_R(t) dt = \frac{P}{E} (1 - \alpha)$$

(après calcul !)

Remarque : tout se passe comme si U était constante et égale à E'.

b) $P_c = \frac{1}{T} \int_0^T u_c(t) \cdot i_c(t) dt$
 $= \frac{C}{T} \int_0^T u_c(t) \cdot \frac{du_c(t)}{dt} dt =$
 $= \frac{C}{T} \int_0^T u_c(t) \cdot du_c(t) = 0$

car $u_c(t)$ est périodique.

On a donc $P_R = P = 150 \text{ W}$.

Troisième partie ; étude simplifiée d'un dissipateur thermique pour transistor.

3.1. $\vec{j} = -\lambda \vec{\nabla} T$

3.2. Il existe un flux de chaleur spontané des corps chauds vers les corps froids.

3.3. $[h] = W.K^{-1}.m^{-2}$.

3.4. Entre t et t+dt, pour la tranche d'épaisseur dx :

$$j(x).e.a.dt - j(x+dx).e.a.dt = h[T(x)-T_a].2a.dx.dt$$

$$\Leftrightarrow -\frac{dj(x)}{dx}.e = 2h[T(x) - T_a]$$

Or à une dimension $j(x) = -\lambda \frac{dT(x)}{dx}$

Donc : $\frac{d^2T}{dx^2} - \frac{2h}{\lambda e} [T(x) - T_a] = 0$

Soit $L^2 = \lambda e / 2h$.

3.5. $L = 3,65 \text{ cm}$.

3.6. La continuité de la température en $x=0$ se traduit par $T(0) = T_0$.

Le flux de puissance conducto-conductif est continu en $x = l$, soit :

$$J_x(x=l) = h[T(x) - T_a]_{x=l}^+$$

$$\Leftrightarrow -\lambda \left(\frac{dT}{dx}\right)_{x=l} = h[T(l) - T_a]$$

$$3.7. T(x) - T_a = A \cdot \exp(-x/L) + B \cdot \exp(+x/L).$$

L'application des conditions aux limites fournit :

$$A = \frac{\left(1 + \frac{\lambda}{hL}\right)(T_0 - T_a)}{\left(1 + \frac{\lambda}{hL}\right) - \left(1 - \frac{\lambda}{hL}\right) \cdot \exp(-2l/L)} = \mathbf{38,0 \text{ K}}$$

$$B = T_0 - T_a - A = \mathbf{12,0 \text{ K}}.$$

$$3.8. \text{ On calcule } \mathbf{T(I) = 62,7^\circ\text{C} = 335,7 \text{ K}}.$$

L'incertitude relative proposée vaut donc :

$$\mathbf{E = 0,021 \text{ soit } 2,1 \%}.$$

Fallait-il calculer en °C (10,4 % ...)?

3.9.1. La puissance thermique échangée sur la surface de l'ailette est :

$$P = h \cdot (T_0 - T_a) (2 \cdot l \cdot a + 2 \cdot l \cdot e + a \cdot e) :$$

$$\mathbf{P = 10,05 \text{ W}}.$$

$$3.9.2. \mathbf{P' = h \cdot a \cdot e [T_0 - T_a] = 0,45 \text{ W}}.$$

$$3.9.3. \mathbf{\eta = \frac{P}{P'} = \frac{2l}{e} + \frac{2l}{a} + 1 = 22,3}.$$

Problème de chimie :

Q1. En supposant les deux liquides miscibles (une phase liquide) :

$$\mathbf{v = (4-1)+2-3 = 2}$$

Q2. Sous la pression atmosphérique, $p_{CO} = P^\circ$.

On a alors :

$$\Delta_r G_1 = \Delta_r G_1^\circ = 2\Delta_r G_f^\circ(\text{CO}) - \Delta_r G_f^\circ(\text{SiO}_2)$$

$$\text{car } \Delta_r G_f^\circ(\text{C}_s) = 0 ; \Delta_r G_f^\circ(\text{Si}_l) = 0.$$

La température d'inversion s'obtient pour :

$$\Delta_r G_1^\circ = 0.$$

On trace sur le diagramme $2\Delta_r G_f^\circ(\text{CO})$, qui croise $\Delta_r G_f^\circ(\text{SiO}_2)$ à $T_i = \mathbf{1950 \text{ K}}$ environ.

Q3. La réaction (1) est déplacée dans le sens direct si son affinité A_1 est positive.

$$\text{Ici } A_1 = A_1^\circ = -\Delta_r G_1^\circ.$$

On doit donc avoir $\Delta_r G_1^\circ \leq 0$, soit :

$$2\Delta_r G_f^\circ(\text{CO}) \leq \Delta_r G_f^\circ(\text{SiO}_2),$$

ce qui se produit pour $T \geq T_i$.

$$Q4. \Delta_r G_2 = \Delta_r G_2^\circ$$

$$= 2\Delta_r G_f^\circ(\text{CO}) + \Delta_r G_f^\circ(\text{SiC}) - \Delta_r G_f^\circ(\text{SiO}_2)$$

$$= \Delta_r G_1^\circ + \Delta_r G_f^\circ(\text{SiC}).$$

$$\text{Donc } \Delta_r G_2^\circ(T_i) = \Delta_r G_f^\circ(\text{SiC}).$$

La réaction (2) est possible à T_i si :

$$A_2(T_i) = A_2^\circ(T_i) = -\Delta_r G_2^\circ(T_i) \geq 0.$$

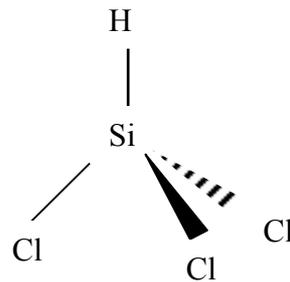
On doit donc avoir $\Delta_r G_f^\circ(\text{SiC}) \leq 0$ à T_i , ce qui est - juste - vérifié.

On peut prévoir que la réaction (2) sera peu déplacée.

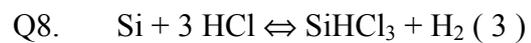
Q5. $\Delta_r G_1^\circ$ ne dépend que de T , et non de P .

La température d'inversion ne se déplace donc pas.

Q6.



Q7. La molécule n'est pas chirale car elle admet un plan de symétrie.



$$Q9. \text{ On a } \Delta_r G_f^\circ = \Delta_r H_f^\circ - T \cdot \Delta_r S_f^\circ$$

On lit donc en extrapolant les courbes à $T = 0$

$$\Delta_r H_f^\circ(\text{HCl}) \approx -100 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

$$\Delta_r H_f^\circ(\text{SiHCl}_3) \approx -500 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}.$$

Q10. On en déduit $\Delta_r H_3^\circ \approx -200 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

La réaction (3) est exothermique.

Conformément à la loi de Van't Hoff, une

augmentation de température déplacera

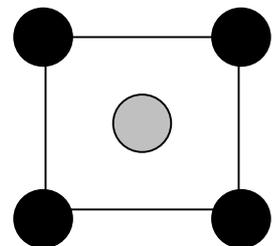
l'équilibre (3) dans le sens endothermique, ici sens indirect.

Q11. Plan [100] : les atomes tangents sont sur la grande diagonale du cube.

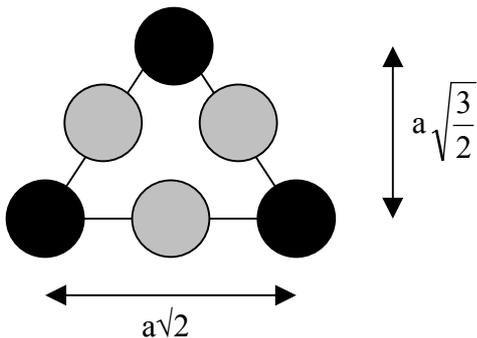
$$\text{On a donc : } a\sqrt{3} = 8r.$$

La distance entre 2 atomes dans le plan [100] est

$$a\sqrt{2}/2 = 4r\sqrt{2}/\sqrt{3} \approx 3,26 r.$$



Plan [111] : l'arrangement n'est pas compact, la distance entre deux atomes étant toujours $d = 3,26 r$.



Q12. On a dans le plan [100] deux atomes pour une surface de $(543,07 \cdot 10^{-10} \text{ cm})^2$, soit une densité : $n_{100} = 6,78 \cdot 10^{14} \text{ atomes.cm}^{-2}$.

On a dans le plan [111] deux atomes pour une surface $a^2 \frac{\sqrt{3}}{2}$, soit une densité :
 $n'_{111} = 7,8 \cdot 10^{14} \text{ atomes.cm}^{-2}$.

Q13 à Q16. Questions de cours très classiques.

Q17. L'anion amidure est une base plus forte que OH^- , en conséquence il ne peut exister dans l'eau.

Q18. $\text{NH}_2^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{OH}^-$.

Q19. $\text{SiO}_2 + \text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Si}(\text{OH})_5^-$.

Q20. La solubilité du silicium (IV) est :
 $s = [\text{SiO}_2]_{\text{aq}} + [\text{Si}(\text{OH})_5^-]$.

Les deux équilibres proposés donnent :
 $S = [\text{SiO}_2]_{\text{aq}} = 10^{-2,7} \text{ mol.L}^{-1}$.

$$K_{\text{st}} = 10^{4,4} = \frac{[\text{Si}(\text{OH})_5^-]}{[\text{OH}^-][\text{SiO}_2]_{\text{aq}}}$$

Pour avoir $s \geq 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, on calcule :
 $[\text{OH}^-] \geq 1,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$, soit
pH $\geq 10,2$.

Q21. Hexafluorosilicium(IV).

La nomenclature des complexes n'est plus au programme !

Q22. $\text{HF} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{F}^- + \text{H}_3\text{O}^+$

t=0	1	0	0
t _{éq}	1-h	h	h

$$K_a = 10^{-3,2} = h^2/(1-h).$$

On en déduit **pH = 1,6.**

Les calculs de pH ne sont pas non plus au programme de PSI !

Q23. $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \rightleftharpoons \text{SiF}_6^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{H}^+$.

Q24. Le silicium est oxydé par les ions H^+ , réduits en dihydrogène.

A pH = 1,6 l'espèce prédominante de l'acide est HF.



Q25. Pour la demi-équation :



$$E = K - 0,09 \cdot \text{pH}$$

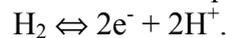
On lit sur le diagramme à pH = 0 :

$$K = -0,95 \text{ V.}$$

On a donc à pH = 1,6 :

$$E(\text{SiF}_6^{2-}/\text{Si}) = -0,95 \text{ V.}$$

Pour la demi-équation :



$$E = -0,06 \cdot \text{pH}, \text{ soit à pH} = 1,6 :$$

$$E(\text{H}^+/\text{H}_2) = -0,10 \text{ V.}$$

Si l'attaque est extrêmement lente, c'est à cause des surtensions, et si l'on néglige la surtension anodique, à cause de la surtension hydrogène uniquement.

Cette surtension vaut donc au minimum :

$$\eta_c = E(\text{SiF}_6^{2-}/\text{Si}) - E(\text{H}^+/\text{H}_2) =$$

$$\eta_c = -0,95 + 0,10 = -0,85 \text{ V.}$$

Q26. $\text{C}_{21}\text{H}_{24}\text{O}_4$.