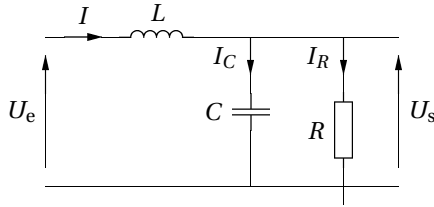


DS n° 1

Solution

Partie I — Circuit RLC (CCINP PSI 2026)

1. Introduisons les intensités :



On a

$$L \frac{dI}{dt} = U_e - U_s; \quad I_C = C \frac{dU_s}{dt}; \quad I_R = \frac{U_s}{R}.$$

La loi des nœuds s'écrit $I = I_C + I_R$ soit

$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI_C}{dt} + \frac{dI_R}{dt}.$$

En substituant les courants en fonction des tensions on obtient

$$\frac{U_e - U_s}{L} = C \frac{d^2 U_s}{dt^2} + \frac{1}{R} \frac{dU_s}{dt}$$

soit

$$\frac{d^2 U_s}{dt^2} + \frac{1}{RC} \frac{dU_s}{dt} + \frac{1}{LC} U_s = \frac{1}{LC} U_e.$$

En identifiant avec la forme canonique

$$\frac{d^2 U_s}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q} \frac{dU_s}{dt} + \omega_0^2 U_s = \omega_0^2 U_e$$

on obtient

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{et} \quad Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}.$$

2. L'équation caractéristique associée à l'équation différentielle est

$$r^2 + \frac{\omega_0}{Q} r + \omega_0^2 = 0.$$

Son discriminant est $\Delta = \frac{\omega_0^2}{Q^2} - 4\omega_0^2 = 4\omega_0^2 \left(\frac{1}{4Q^2} - 1 \right)$.

Le régime pseudo-périodique amorti, décrit par la réponse **b**, correspond à $\Delta < 0$, soit $Q > 0,5$. La valeur qui convient parmi celles proposées est donc $Q = 3$.

Le régime critique correspond à $\Delta = 0$ soit $Q = 0,5$; il est caractérisé par le transitoire le plus court, décrit par la réponse **a**.

La réponse **c** décrit le régime apériodique correspondant à $\Delta > 0$, soit $Q < 0,5$; la valeur qui convient est donc $Q = 0,2$.

Q	0,2	0,5	3
Réponse	c	a	b

3. En régime harmonique, nous pouvons utiliser le formalisme complexe. L'équation différentielle donne

$$\left(\omega_0^2 - \omega^2 + j \frac{\omega \omega_0}{Q} \right) \underline{U}_s = \omega_0^2 \underline{U}_e$$

d'où

$$\underline{U}_s = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + j \frac{\omega}{Q \omega_0}} \underline{U}_e.$$

Le déphasage de U_s par rapport à U_e est donné par

$$\tan \varphi = - \frac{\omega}{Q \omega_0} \frac{1}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} \right)}.$$

Sur la figure on voit que U_s est en retard de phase par rapport à U_e . Le retard étant d'un quart de période, il correspond à un déphasage donné par $\varphi/(2\pi) = -1/4$, soit $\varphi = -\pi/2$ (quadrature retard).

On a donc $\tan \varphi = -\infty$, d'où $\omega = \omega_0$. On lit la période $T = 0,01$ s, d'où $f = 100$ Hz et $\omega = 200\pi$ rad·s⁻¹. On a donc

$$\omega_0 = 200\pi \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1} = 628 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}.$$

On a alors $\underline{U}_s = -jQ \underline{U}_e$ d'où en amplitude $U_s = QU_e$. On lit $U_e = 1$ V et $U_s = 2$ V, d'où $Q = 2$.

Partie II – Signal de commande d'une électrovanne (banque PT 2026)

1. Étude du bloc 1.

Le courant dans l'entrée non inverseuse de l'ALI étant nul, les résistances R et R_3 sont traversées par la même intensité; elles sont donc en série.

On peut alors appliquer la formule du pont diviseur de

tension qui donne

$$V_A = \frac{R_3}{R + R_3} V_0.$$

L'ALI 1 fonctionne en régime linéaire (rétroaction sur l'entrée inverseuse). On a donc $V_- = V_+ = V_A$. Comme

$V_B = V_-$, on a

$$V_B = \frac{R_3}{R + R_3} V_0.$$

2. L'ALI 1, du fait de son impédance d'entrée infini, ne perturbe pas la tension V_A (pas de courant prélevé), quel que soit le montage branché en sortie de l'ALI 1. Il s'agit d'un **montage suiveur**.

3. **Étude du bloc 2.** Le courant dans l'entrée inverseuse de l'ALI 3 étant nul, la formule du pont diviseur de tension donne comme précédemment

$$V_C = \frac{R_5}{R_4 + R_5} V_0.$$

4. **Étude du bloc 3.** La rétroaction se faisant sur l'entrée non inverseuse de l'ALI 3, ce dernier **ne fonctionne pas en régime linéaire**.

La tension V_E ne peut donc prendre que les deux valeurs $-V_0$ et $+V_0$.

Nous pouvons écrire la loi des nœuds en terme de potentiels au point D , sachant que le courant est nul dans l'entrée non inverseuse de l'ALI 3 :

$$\frac{V_B - V_D}{R_1} + \frac{V_E - V_D}{R_2} = 0,$$

d'où

$$V_D = \frac{R_2 V_B + R_1 V_E}{R_1 + R_2}.$$

La tension différentielle d'entrée de l'ALI 3 est

$$\varepsilon = V^+ - V^- = V_D - V_C = \frac{R_2 V_B + R_1 V_E}{R_1 + R_2} - V_C,$$

soit en posant $\alpha = R_1 / R_2$,

$$\varepsilon = \frac{1}{1 + \alpha} V_B + \frac{\alpha}{1 + \alpha} V_E - V_C.$$

1^{er} cas : $V_E = +V_0$.

Correspond à $\varepsilon > 0$, soit $\frac{1}{1 + \alpha} V_B + \frac{\alpha}{1 + \alpha} V_0 - V_C > 0$ d'où

$$V_B > (1 + \alpha) V_C - \alpha V_0 = V_b.$$

2^e cas : $V_E = -V_0$.

Correspond à $\varepsilon < 0$, soit $\frac{1}{1 + \alpha} V_B - \frac{\alpha}{1 + \alpha} V_0 - V_C < 0$ d'où

$$V_B < (1 + \alpha) V_C + \alpha V_0 = V_h.$$

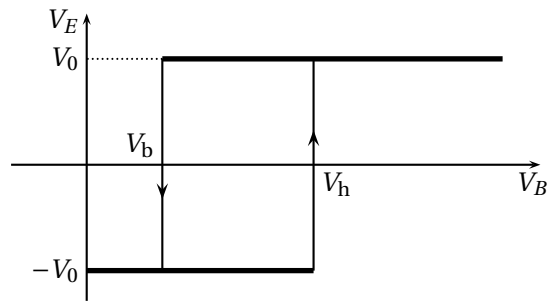
On a donc

$$V_E = \begin{cases} +V_0 & \text{si } V_B > V_b \\ -V_0 & \text{si } V_B < V_h \end{cases}$$

avec

$$V_b = (1 + \alpha) V_C - \alpha V_0 \quad \text{et} \quad V_h = (1 + \alpha) V_C + \alpha V_0$$

5. On en déduit les graphes de V_E en fonction de V_B dans l'intervalle demandé :



6. En additionnant et en soustrayant les expressions de V_b et V_h , on obtient

$$V_h - V_b = 2\alpha V_0 \quad \text{et} \quad V_h + V_b = 2(1 + \alpha) V_C$$

d'où

$$\alpha = \frac{V_h - V_b}{2V_0} \quad \text{et} \quad V_C = \frac{V_h + V_b}{2(1 + \alpha)}.$$

7. **Ouverture de l'électrovanne :** quand $V_B = V_b$, pour $R = R_{\max}$, soit pour

$$V_b = \frac{R_3}{R_3 + R_{\max}} V_0.$$

Fermeture de l'électrovanne : quand $V_B = V_h$, pour $R = R_{\min}$, soit pour

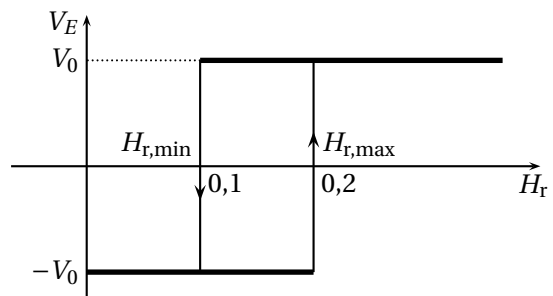
$$V_h = \frac{R_3}{R_3 + R_{\min}} V_0.$$

On calcule $V_b = 3 \text{ V}$ et $V_h = 6 \text{ V}$.

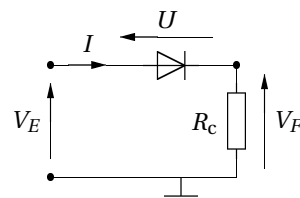
8. On en déduit $\alpha = \frac{6 - 3}{2 \times 12} = \frac{1}{8} = 0,125$ soit $\alpha \approx 0,1$ et $V_C = \frac{3 + 6}{2 \times 1,125}$ soit $V_C = 4 \text{ V}$. On a $R_2 = \frac{R_1}{\alpha}$ d'où $R_2 = 8 \text{ k}\Omega$.

De $V_C = \frac{R_5}{R_4 + R_5} V_0$ on déduit $R_4 = \frac{V_0 - V_C}{V_C} R_5$, soit $R_4 = 2 \text{ k}\Omega$.

9. L'électrovanne s'ouvre quand $V_V < V_b$ pour $H_r < H_{r,\min}$. Elle se ferme quand $V_V > V_h$ pour $H_r > H_{r,\max}$. Le cycle a donc une allure similaire :



10. Schéma du bloc 4 :



Il faut envisager les deux états possibles de la diode.

Diode passante

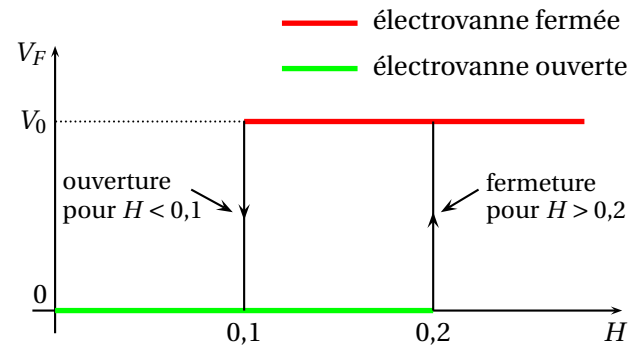
Pour $I > 0$; on a alors $V_E = V_F$. Or $V_F = R_c I > 0$, d'où $V_E > 0$. La valeur positive de V_E est V_0 .

Diode bloquée

Pour $U < 0$, soit pour $V_E - V_F < 0$. On a alors $I = 0$ d'où $V_F = R_c I = 0$; on a donc $U = V_E < 0$. La valeur positive de V_E est $-V_0$.

$$V_F = \begin{cases} V_0 & \text{si } V_E = V_0 \\ 0 & \text{si } V_E = -V_0 \end{cases}$$

11. Si $V_F = 0$, l'électrovanne est ouverte, tandis qu'elle est fermée si $V_F = V_0$. On en déduit le graphe



Partie III — Circuit électronique de mesure (Centrale TSI 2026)

1. L'impédance de la sonde est

$$\underline{Z}_{\text{sonde}} = \frac{\frac{R_{\text{sonde}}}{jC_{\text{sonde}}\omega}}{R_{\text{sonde}} + \frac{1}{jC_{\text{sonde}}\omega}} = \frac{R_{\text{sonde}}}{1 + jR_{\text{sonde}}C_{\text{sonde}}\omega}.$$

Calculons

$$R_{\text{sonde}}C_{\text{sonde}}\omega = \frac{\alpha}{2\pi\gamma_{\text{eau}}} \frac{1}{h} \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\alpha} h 2\pi f$$

Les deux impédances à considérer sont $\underline{Z}_R = R_{\text{sonde}}$ et $\underline{Z}_C = \frac{1}{jC_{\text{sonde}}\omega}$.

Formons leur rapport afin de les comparer :

$$\left| \frac{\underline{Z}_R}{\underline{Z}_C} \right| = 2\pi f R_{\text{sonde}} C_{\text{sonde}} = 2\pi f \frac{\alpha}{2\pi\gamma_{\text{eau}}} \frac{1}{h} \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\alpha} h = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon_r}{\gamma_{\text{eau}}} f \approx 2 \times 10^{-7} f.$$

Avec $f \approx 1 \text{ kHz}$, on a $R_{\text{sonde}}C_{\text{sonde}}\omega \approx 2 \times 10^{-4} \ll 1$, d'où $Z_{\text{sonde}} \approx R_{\text{sonde}}$: **la sonde est équivalente à la seule résistance R_{sonde} .**

2. La source d'énergie qui assure l'entretien des oscillations est l'**alimentation de l'ALI**.

3. La rétroaction sur l'entrée $\oplus$ de l'ALI entraîne un fonctionnement en **régime saturé**.

Le circuit constitué de l'ALI et des deux résistances R est un **comparateur à hystérésis** (plus précisément ici un comparateur à hystérésis inverseur).

4. Les deux résistances R sont traversées par le même courant car l'intensité dans l'entrée non inverseuse est nulle. On en déduit par la formule du pont diviseur de tension

$$V^+ = \frac{R}{R+R} s(t) = \frac{s(t)}{2}.$$

On en déduit

$$\varepsilon = \frac{s(t)}{2} - e(t).$$

5. Les deux états possibles de la tension de sortie sont $s(t) = +V_{\text{sat}}$ et $s(t) = -V_{\text{sat}}$.

Cas $s(t) = +V_{\text{sat}}$.

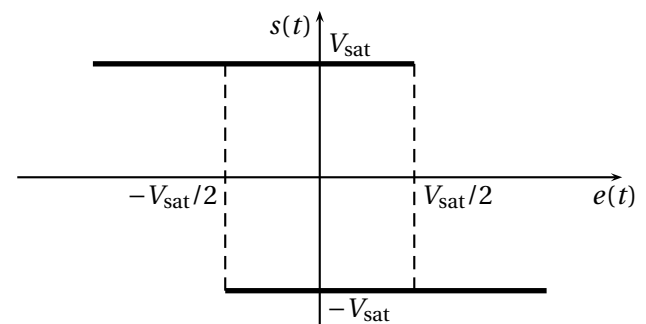
Correspond à $\varepsilon = \frac{V_{\text{sat}}}{2} - e(t) > 0$, soit $e(t) < \frac{V_{\text{sat}}}{2}$.

Cas $s(t) = -V_{\text{sat}}$.

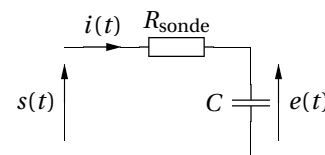
Correspond à $\varepsilon = -\frac{V_{\text{sat}}}{2} - e(t) < 0$, soit $e(t) > -\frac{V_{\text{sat}}}{2}$.

On a donc

$$s(t) = \begin{cases} +V_{\text{sat}} & \text{si } e(t) < V_{\text{sat}}/2 \\ -V_{\text{sat}} & \text{si } e(t) > -V_{\text{sat}}/2 \end{cases}$$



6. Le courant dans l'entrée inverseuse étant nul, on se ramène à



On a

$$i(t) = C \frac{de(t)}{dt} \quad \text{et} \quad s(t) - e(t) = R_{\text{sonde}} i(t)$$

d'où

$$s(t) = e(t) + R_{\text{sonde}} C \frac{de}{dt}.$$

Oa a donc

$$\frac{de}{dt} + \frac{1}{\tau} e(t) = \frac{1}{\tau} s(t) \quad \text{avec} \quad \tau = R_{\text{sonde}} C.$$

7. On a $s(0) - e(0) = 3V_{\text{sat}}/2 > 0$ donc $\frac{de}{dt}(t=0) > 0$: la tension $e(t)$ croît, sa croissance étant limitée par le seuil de bascule $e_{\text{max}} = +V_{\text{sat}}/2$.

L'équation différentielle est

$$\frac{de}{dt} + \frac{e(t)}{\tau} = \frac{V_{\text{sat}}}{\tau}.$$

Sa solution générale est

$$e(t) = Ae^{-t/\tau} + V_{\text{sat}}.$$

La condition initiale s'écrit

$$A + V_{\text{sat}} = -\frac{V_{\text{sat}}}{2}$$

d'où $A = -3V_{\text{sat}}/2$, et

$$e(t) = V_{\text{sat}} \left(1 - \frac{3}{2} e^{-t/\tau} \right)$$

La tension $s(t)$ bascule vers la valeur $-V_{\text{sat}}$ à la date t_1 telle que $e(t_1) = V_{\text{sat}}/2$, soit

$$1 - \frac{3}{2} e^{-t_1/\tau} = \frac{1}{2}$$

d'où $e^{-t_1/\tau} = 1/3$ et $t_1 = \tau \ln 3$.

8. Pour $t = t_1^+$, la sortie a basculé à l'état $s(t_1^+) = -V_{\text{sat}}$; on a de plus $e(t_1^+) = V_{\text{sat}}/2$, d'où $\frac{de}{dt} = (s - e)/\tau < 0$: la tension $e(t)$ décroît.

L'équation différentielle s'écrit maintenant

$$\frac{de}{dt} + \frac{1}{\tau} e(t) = -\frac{V_{\text{sat}}}{\tau}.$$

La solution est de la forme

$$e(t) = B e^{-t/\tau} - V_{\text{sat}} \quad \text{avec} \quad e(t_1) = \frac{V_{\text{sat}}}{2},$$

soit comme $e^{-t_1/\tau} = 1/3$

$$\frac{B}{3} - V_{\text{sat}} = \frac{V_{\text{sat}}}{2}.$$

On a donc $B = 9V_{\text{sat}}/2$ et

$$e(t) = V_{\text{sat}} \left(\frac{9}{2} e^{-t/\tau} - 1 \right).$$

La décroissance de $e(t)$ s'arrête lorsque la tension $s(t)$ bascule vers la valeur $+V_{\text{sat}}$ à l'instant t_2 tel que $e(t_2) = -V_{\text{sat}}/2$, soit

$$V_{\text{sat}} \left(\frac{9}{2} e^{-t_2/\tau} - 1 \right) = -\frac{V_{\text{sat}}}{2}.$$

On en déduit $e^{-t_2/\tau} = 1/9$, d'où $t_2 = \tau \ln 9 = \tau \ln 3^2$, soit $t_2 = 2\tau \ln 3$.

9. À la date t_2 les tensions $e(t)$ et $s(t)$ ont retrouvé les valeurs qu'elles avaient en $t = 0$. Leurs variations dans le temps sont donc périodique de période t_2 . La fréquence d'oscillation est donc

$$f = \frac{1}{2\tau \ln 3}.$$

10. On mesure à l'oscillogramme une période pour 3,8 carreaux, soit $T = 3,8 \times 50 \times 10^{-6} = 1,9 \times 10^{-4}$ s.

On a

$$T = 2R_{\text{sonde}} C \ln 3 = \frac{2\alpha \ln 3}{2\pi \gamma_{\text{eau}} h}$$

d'où

$$h = \frac{2\alpha (\ln 3) C}{2\pi \gamma_{\text{eau}} T} = \frac{2 \times (\ln 3)^3 \times 10^{-6}}{2\pi \times 2 \times 10^{-2} \times 1,9 \times 10^{-4}} = 0,10 \text{ m}.$$

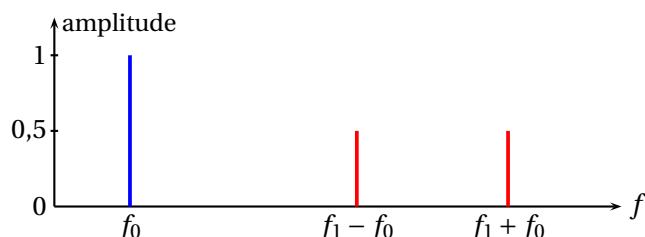
La hauteur d'eau dans la sonde est $h = 10 \text{ cm}$.

Partie IV — Analyse de Fourier et échantillonnage (Mines PSI 2022)

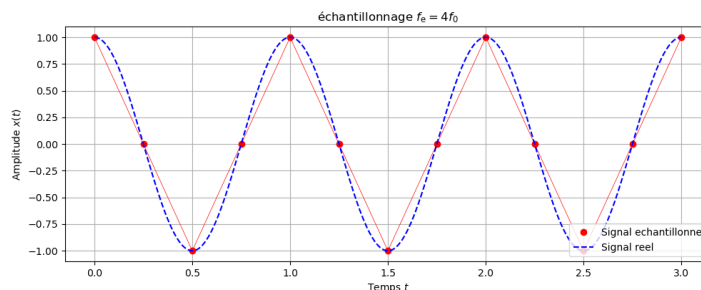
1. On a

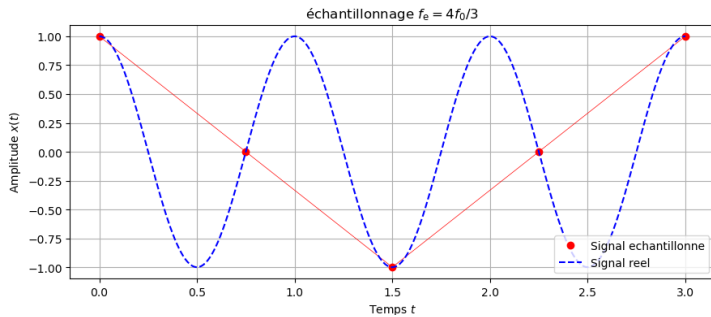
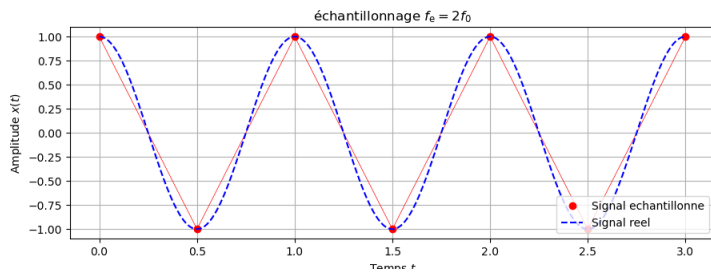
$$\begin{aligned} x_e(t) &= \cos(2\pi f_0 t) \cos(2\pi f_1 t) \\ &= \frac{1}{2} \cos[2\pi(f_1 - f_0)t] + \frac{1}{2} \cos[2\pi(f_1 + f_0)t] \end{aligned}$$

On en déduit les spectres des deux signaux :



2. On représente le signal $x(t)$ et le signal échantillonné :





Dans le cas $f_e = \frac{4}{3}f_0$, le signal échantillonné n'est pas représentatif du signal analogique de départ : il n'a pas la même fréquence.

3. On développe les produits de cosinus :

$$x_e(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t) + \sum_{k=1}^{+\infty} \left[\frac{a_k}{2} \cos[2\pi(kf_e - f_0)t] + \frac{a_k}{2} \cos[2\pi(kf_e + f_0)t] \right]$$

En se limitant à $0 \leq k \leq 2$, on a

$$x_e(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t) + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi(f_e - f_0)t] + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi(f_e + f_0)t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi(2f_e - f_0)t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi(2f_e + f_0)t]$$

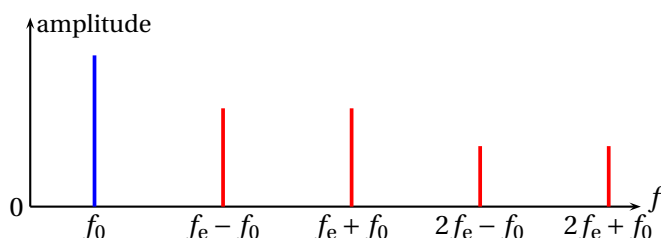
Cas $f_e = 4f_0$

On a alors

$$x_e(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t) + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi \times 3f_0 t] + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi \times 5f_0 t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi \times 7f_0 t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi \times 9f_0 t]$$

Le spectre du signal échantillonné comporte :

- un pic d'amplitude a_0 à la fréquence f_0 ;
- un pic d'amplitude $a_1/2$ à la fréquence $3f_0$;
- un pic d'amplitude $a_1/2$ à la fréquence $5f_0$;
- un pic d'amplitude $a_2/2$ à la fréquence $7f_0$;
- un pic d'amplitude $a_2/2$ à la fréquence $9f_0$.



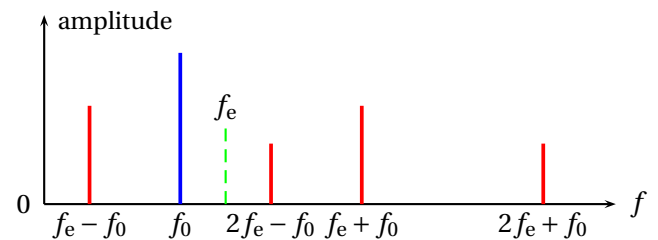
Cas $f_e = 4f_0/3$

On a alors

$$x_e(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t) + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi \times \frac{1}{3}f_0 t] + \frac{a_1}{2} \cos[2\pi \times \frac{7}{3}f_0 t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi \times \frac{5}{3}f_0 t] + \frac{a_2}{2} \cos[2\pi \times \frac{11}{3}f_0 t]$$

Le spectre du signal échantillonné comporte :

- un pic d'amplitude a_0 à la fréquence f_0 ;
- un pic d'amplitude $a_1/2$ à la fréquence $\frac{1}{3}f_0$;
- un pic d'amplitude $a_1/2$ à la fréquence $\frac{7}{3}f_0$;
- un pic d'amplitude $a_2/2$ à la fréquence $\frac{5}{3}f_0$;
- un pic d'amplitude $a_2/2$ à la fréquence $\frac{11}{3}f_0$.



Dans le cas $f_e = \frac{4}{3}f_0$, les motifs fréquentiels se chevauchent. En considérant l'intervalle $[0, f_e]$, on observe un pic à $f_e - f_0$ et un pic à f_0 ; ils se correspondent par repliement autour de la fréquence située au milieu, soit

$$\frac{f_e - f_0 + f_0}{2} = \frac{f_e}{2}.$$

Le repliement a lieu autour de la fréquence $f_e/2$.

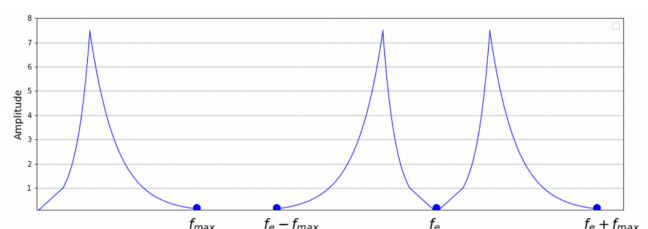
4. À la question 2, on constate que $f_e = \frac{4}{3}f_0$ ne permet pas de restituer le signal initial.

À la question 3, on observe que ce problème apparaît quand $f_e - f_0 < f_0$, soit $f_e < 2f_0$.

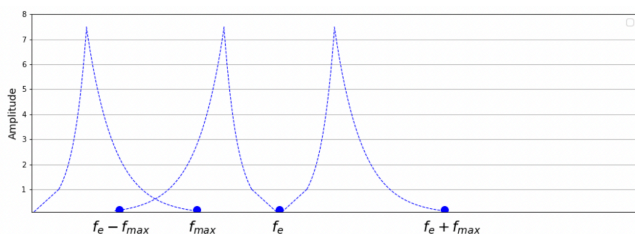
Il faut donc respecter la condition $f_e - f_0 > f_0$, soit $f_e > 2f_0$.

5. Si la fréquence maximale $f_{\max}$ vérifie le critère de Shannon-Nyquist, soit $f_e > 2f_{\max}$, toutes les fréquences inférieures à $f_{\max}$ seront correctement restituées, et l'on n'observera pas de repliement de spectre.

L'allure du spectre sera la suivante :



Si la condition $f_e > 2f_{\max}$ n'est pas respectée, on aura chevauchement des spectres :



Un signal sonore audible correspond à des fréquences telles que $f_{\max} = 20 \text{ kHz}$.

On peut proposer $f_e = 45 \text{ kHz}$, qui vérifie la condition de Shannon-Nyquist.

6. Quand le critère de Shannon-Nyquist est respecté, on peut retrouver le signal initial à l'aide d'un **filtre passe-bas**, de fréquence de coupure f_c telle que $f_{\max} < f_c < f_e - f_{\max}$.

7. L'intervalle entre deux échantillons est $T_e = \frac{1}{f_e}$. Sur une durée Δt , le nombre d'échantillons est donc

$$N = \frac{\Delta t}{T_e} = f_e \Delta t.$$

La résolution étant de 16 bit, la taille de l'enregistrement en bits est, sachant qu'il y a deux voies séparées

$$2 \times 16 f_e \Delta t.$$

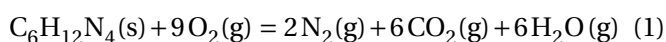
On en déduit la taille en octets :

$$\frac{2 \times 16 f_e \Delta t}{8} = \frac{2 \times 16 \times (44,1 \times 10^3) \times 75 \times 60}{8} = 7,94 \times 10^8 \text{ o}$$

soit **794 Mo**.

Partie V — Le repas en altitude (CCINP TSI 2019)

1. Équilibrons l'équation bilan :



On a donc $a = 9$, $b = 2$, $c = 6$, $d = 6$.

2. Les enthalpies standard de formation du diazote gazeux et du dioxygène gazeux à 25 °C sont nulles, car ces deux corps simples sont alors dans leur état standard de référence.

3. L'enthalpie standard de réaction de la réaction (1) est alors donnée par la loi de Hess :

$$\Delta_r H^\circ = 6\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2) + 6\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4).$$

On calcule $\Delta_r H^\circ = -4,02 \text{ MJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

On a $\Delta_r H^\circ < 0$ (de grandeur valeur absolue) : la réaction est fortement exothermique, ce qui est caractéristique d'une combustion.

4. La réaction, se déroulant au contact de l'atmosphère, est monobare. Le premier principe s'écrit alors pour le système réactif fermé

$$\Delta H = Q.$$

La variation d'enthalpie pour la combustion de n mole d'hexamine est donnée par

$$\Delta H = n\Delta_r H^\circ = \frac{m}{M_h} \Delta_r H^\circ,$$

où m est la masse d'hexamine correspondante. Pour une masse $m = 1 \text{ kg}$, le transfert thermique reçue par le système vaut donc

$$Q = \frac{\Delta_r H^\circ}{M_h}.$$

Le pouvoir calorifique correspondant à l'énergie libérée, il vaut donc

$$\text{PC} = -\frac{\Delta_r H^\circ}{M_h}.$$

5. On calcule $\text{PC} = 29 \text{ MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. La valeur est en accord avec la donnée fournisseur.

6. Les deux tablettes de masse $m = 8 \text{ g}$ libère une énergie $Q = m\text{PC}$, soit $Q = 2,5 \times 10^2 \text{ kJ}$.

7. L'évolution du système (le volume V d'eau à chauffer) étant monobare, le premier principe s'écrit

$$\Delta H = Q.$$

La variation d'enthalpie est donnée par

$$\Delta H = \mu_{\text{eau}} V c_{\text{eau}} (T_2 - T_1).$$

Le transfert thermique reçu par l'eau vaut donc

$$Q = \mu_{\text{eau}} V c_{\text{eau}} (T_2 - T_1).$$

On calcule $Q = 84 \text{ kJ}$.

8. Le rendement est donné par

$$\eta = \frac{Q_{\text{reçu par l'eau}}}{Q_{\text{libéré par combustion}}} = \frac{84}{250},$$

soit $\eta = 34 \%$.

9. Le transfert thermique reçu lors de la vaporisation d'un volume V' d'eau est donné par $Q_{\text{vap}} = \Delta H$, soit

$$Q_{\text{vap}} = \mu_{\text{eau}} V' \ell_v.$$

On calcule $Q_{\text{vap}} = 1,2 \times 10^2 \text{ kJ}$.

La vaporisation d'un faible volume d'eau demande une énergie plus importante que pour porter le volume d'eau à 100 °C. Cela explique la faible valeur du rendement calculée précédemment.

10. Le couvercle permet d'éviter l'évaporation de l'eau dans l'air ambiant, la vapeur se condensant sur le couvercle. On limite ainsi les pertes d'énergie.