

1^{er} sujet: Banque PT 2021Q28. Ali idéal: $\mu \rightarrow \infty$, $R_e \rightarrow \infty$, $R_s \rightarrow 0$

29.

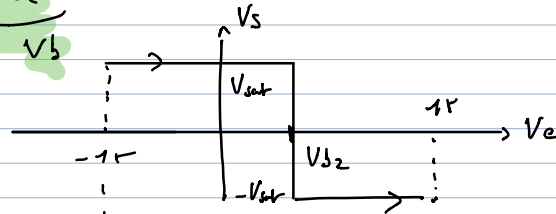
Ali réel: $R_e \approx 10^6 \Omega$, $R_s: 10 \Omega$, $\mu = \frac{\mu_0}{1 + \omega/\omega_c}$ $\mu_0 \approx 10^5$
 $f_c \approx 10 \text{ Hz}$

Q30.

rétroact. sur borne (+); le fonctionnement est saturé

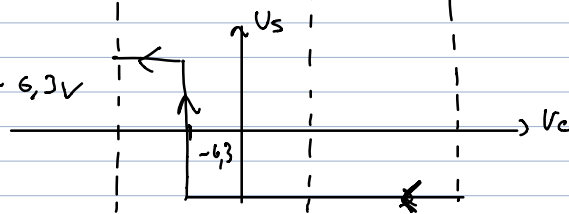
$$Q31. i_{p1} + i_{p2} = 0 \rightarrow \frac{0 - V^+}{R_1} + \frac{V_s - V^+}{R_2} = 0 \rightarrow V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$$

$$32. V_s = +V_{sat} \text{ si } V^+ > V^- \Rightarrow \frac{R_1 V_s}{R_1 + R_2} > V_e \Rightarrow V_b = 6,3 \text{ V}$$



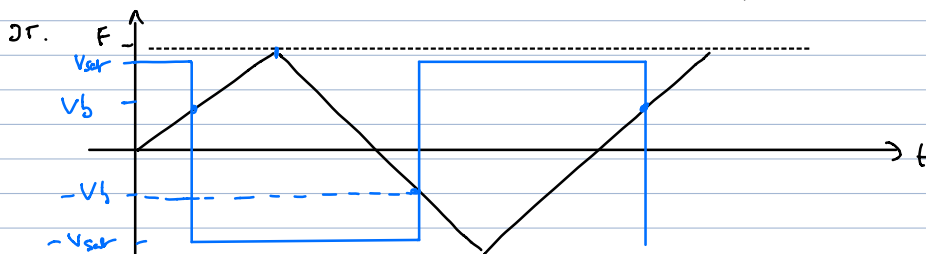
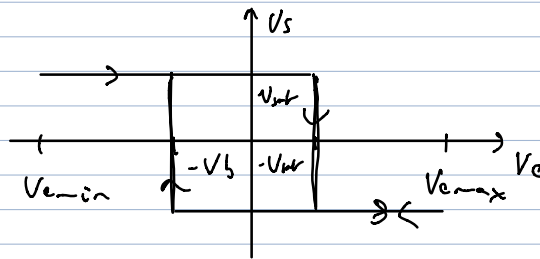
$$33. V_s = -V_{sat} \text{ si } V^- > V^+$$

$$V_e > -V_b = -6,3 \text{ V}$$



Comparateur inverseur à hystérésis

car il y a 1 cycle d'hystérésis



C'est 1 possibilité (en lin avec la suite). On peut commencer le tracé à $V_s = -V_{sat}$ car pour $V_e = 0$ les 2 cas st possibles.

$$36. V_e = V_c \quad i^- = 0 \rightarrow \text{Cet R st en série}$$

$$V_e = \frac{Z_c}{Z_c + R} V_s \rightarrow (1 + j\omega CR) V_e = V_s$$

$$\frac{dV_e}{dt} + \frac{V_e}{RC} = \frac{V_s}{RC}$$

37. $V_e(t) = +V_{sat} (1 - e^{-t/\tau})$ avec $\tau = RC$ tant que $t < t_1$ / $V_e(t_1) = V_b$

$$t_1 / \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 1 - e^{-t_1/\tau} \rightarrow t_1 = \tau \ln\left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

38. $V_e(t) \rightarrow +V_{sat}$ lors de la phase de croissance

39.

40. $\hookrightarrow \exists t_1 / V_e(t_1) = +V_b$ (cf V_{sr}) $\rightarrow$ il y a alors bascule

$$V_s = -V_{sat} \rightarrow \frac{dV_e}{dt} + \frac{V_e}{\tau} = -\frac{V_{sat}}{\tau} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} V_e(t) = -V_{sat}$$

$t_1 < t < t_2$ $V_e(t) = -V_{sat} + \alpha e^{-t/\tau}$ V_e décroît

$$t = t_1 \quad V_e(t_1) = V_b = -V_{sat} + \alpha e^{-t_1/\tau}$$

$$\alpha = e^{t_1/\tau} (V_b + V_{sat}) \Rightarrow V_e(t) = -V_{sat} + (V_{sat} + V_b) e^{-\frac{t-t_1}{\tau}}$$

$$t_2 / V_e(t_2) = -V_b : e^{-\frac{t_2-t_1}{\tau}} = \frac{-V_b + V_{sat}}{V_b + V_{sat}}$$

$$\Rightarrow t_2 = t_1 + \tau \ln\left(\frac{V_{sat} + V_b}{V_{sat} - V_b}\right) \Rightarrow t_2 = t_1 + \tau \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$$

41. Les phases de croissance et de décroissance sont écrites par la même SGEH et des SPEC symétriques $\Rightarrow$ elles st de durée égales

$$T = 2(t_2 - t_1) = 2\tau \ln\left(1 + \frac{2R_1}{R_2}\right)$$

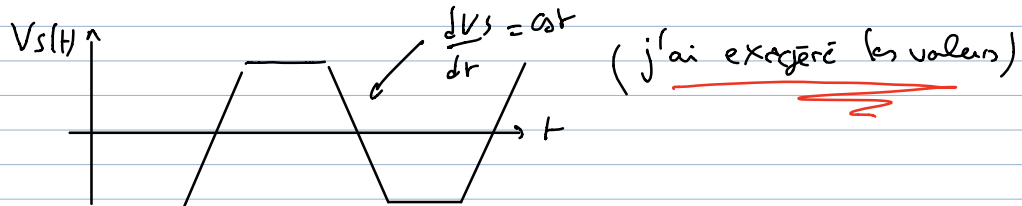
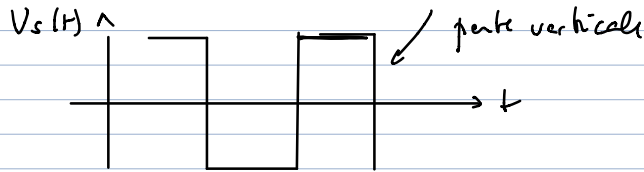
42. $V_{sat} = +14V$, $V_b \approx 6,3V = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} \rightarrow 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{sat}}{V_b} \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1,2$

$$T_{the} \approx 24 \mu s \rightarrow \tau = 12 \mu s$$

43.44. On voit sur la courbe que le tps de bascule de $-V_{sat}$ à $+V_{sat}$

n'est pas nul; C'est dû à la vitesse de balayage $\frac{dV_s}{dt}$ qui n'est pas ∞ .

Ce "bifout" est visible car sinon $V_s(t)$ ressemblerait à



on peut donc estimer $\left. \frac{dV_s}{dt} \right|_{\max} \approx \frac{V_{\text{sat}} - (-V_{\text{sat}})}{2\mu\text{s}} \approx 14 \text{ V}/\mu\text{s}$

↳ valeur typique déterminée en TP

signifiant que la sortie ne peut pas varier de + de 14 V par μs

C. II.

↳ rem: il s'agit d'un passe bande (i.e. HF or BF)

Loc du nœuds en postérieur: $V_c = \frac{Y_o V_i}{Y_o + Y_R + Y_L + Y_C} \times \frac{R_o R}{R_o R}$

$$\underline{H} = \frac{R}{R_o + R + R_o R \left(j\omega C - \frac{1}{j\omega L} \right)} = \frac{R/R_o + R}{1 + \frac{R_o R}{R_o + R} j \left(\omega C - \frac{1}{\omega L} \right)}$$

$H_o = \frac{R}{R_o + R}$, $Q_F = \frac{R_o R}{R_o + R} C$; $Q_F \omega_o = \frac{R_o R}{R_o + R} \frac{1}{L}$

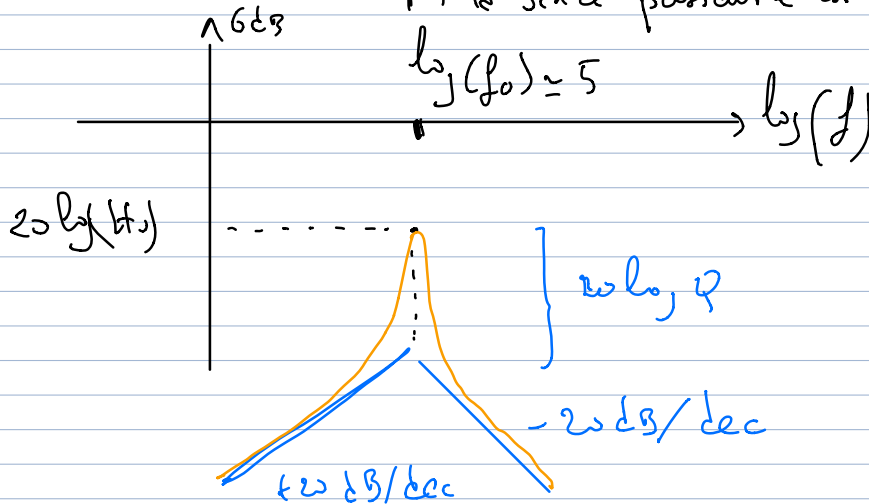
$Q_F = \frac{R_o R}{R_o + R} \sqrt{\frac{C}{L}}$

$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 2\pi f_o$

46. "Donner", donner son déca donc:

$$\Delta f = f_0 / Q_F \quad \left| \begin{array}{l} + Q_F \text{ est élevée, } + \Delta f \text{ est petit,} \\ + \text{ la bande passante est étroite} \end{array} \right.$$

47.



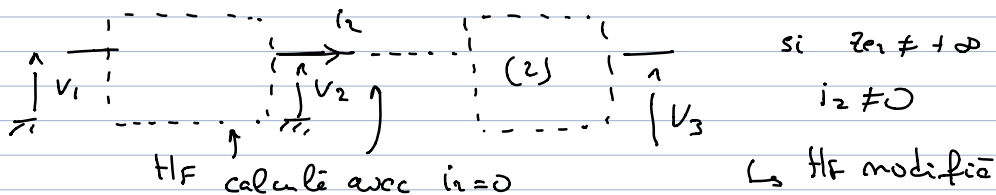
48. (1) Amplificateur inverseur: rétroactif (-) → RL possible

$$V^+ = V^- = 0 \rightarrow \underline{A_1 = -R_2 / R_1} \quad (RL)$$

(2) Amplificateur non inverseur (≈ hyp)

$$V_e = V^+ = V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s \rightarrow \underline{A_2 = 1 + \frac{R_2}{R_1}} \quad (RL)$$

49. $Z_e = \frac{V_e}{i_e} \rightarrow \left. \begin{array}{l} Z_{e2} = +\infty \\ Z_{e1} = R_1 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (1) \text{ peut être associé à d'autres circuits} \\ \text{sans modifier leur propriétés.} \end{array}$



50. (noté ci dessus) $H_{FR} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} \frac{V_2}{V_1} = \underline{A_2} \cdot \underline{H_F} \rightarrow \text{car } i_c = 0$

$\underline{Q} = \underline{Q_F}, \quad H_1 = |A_2| H_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R}{R+R_0}\right)$

51. $\frac{H_1}{1+jQ(x-\frac{1}{x})} = \frac{V_3}{V_3} \rightarrow \frac{V_3(1-H_1)}{1+jQ(x-\frac{1}{x})} + \frac{Q}{\omega_0} j\omega V_3 + Q\omega_0 \frac{V_3}{j\omega} = 0$
 $\rightarrow (j\omega)^2 \underline{V_3} + \frac{\omega_0}{Q} (1-H_1) j\omega \underline{V_3} + \omega_0^2 \underline{V_3} = 0$

$\ddot{V_3} + \frac{\omega_0}{Q} (1-H_1) \dot{V_3} + \omega_0^2 V_3 = 0$

52. Il faut $1-H_1 < 0$ pour avoir V_3 divergente $\Rightarrow H_1 > 1$

Il faut de + que les oscillat soient pseudo-périodiques: formons l'éq. caractéristique
 $r^2 + \frac{\omega_0}{Q} (1-H_1) r + \omega_0^2 = 0$

$\Delta = \frac{\omega_0^2}{Q^2} (1-H_1)^2 - 4\omega_0^2 < 0 \Rightarrow (H_1-1)^2 < 4Q^2: H_1 < 1+2Q \Rightarrow 1 < H_1 < 1+2Q$

53. D'après ce qui précède, les racines sont: $r_{1,2} = \alpha \pm i\beta = \frac{1}{\tau} \pm i\omega$

$\omega = \frac{1}{\tau} \sqrt{4\omega_0^2 - \frac{\omega_0^2}{Q^2} (1-H_1)^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{(1-H_1)^2}{4Q^2}} = 2\pi f$

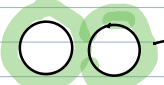
54. $f = f_0 \sqrt{1 - \frac{(1-H_1)^2}{4Q^2}} \approx f_0$ si $\frac{(1-H_1)^2}{4Q^2} \ll 1$ ($H_1=1$ est ici impossible)
 $\hookrightarrow H_1 \ll 1+2Q \Rightarrow H_1 = 1^+$

55. + le gain est élevé, - le signal est "sinusoïdal" (le + proche possible de 1 tout en étant >1)

56. outre que U_c est réel, ainsi que L et C , c'est surtout R qui a disparu.

57. Un condensateur réel peut se modéliser par 1 C idéal en // avec une résistance dite de fuite, de valeur $\approx R$

58. Non traité, hors programme pour le moment

59.  $\rightarrow$ isolant les sphères ne st pas au même potentiel (car la tension U_c est $\neq 0$)
des charges de signe opposé apparaissent $\Rightarrow$ on a 1 condensateur

60. les sphères sont en série, les condensateurs aussi $\frac{1}{C_p} = \sum_{i=1}^{N_{sp}-1} \frac{1}{C_i} \Rightarrow C_p = \frac{C_i}{N_{sp}-1}$

61. Les C_p sont soumis à la même tension, elles se donc en //.

62. $C_T = C_r + C_p \rightarrow C_p$ modifie la fréquence des oscillations, mais aussi Q et donc éventuellement le critère sur H_T (Q.57)

63. $\underline{V}_2 = H_F \underline{V}_1$; $\underline{V}_2 = A \underline{V}_2 = \underline{V}_1 \rightarrow \underline{V}_1 = \underline{A}(\underline{H}_F) \underline{V}_1$

$\underline{A} \underline{H}_F = 1$ critère de Barkhausen.

64. Il faut $|\underline{A}| |\underline{H}_F| = 1$

et $\angle(\underline{A} \underline{H}_F) = 0 \Rightarrow \text{Arg}(\underline{H}_F) = 0$ car $\underline{A} \in \mathbb{R}$

65. Il faut tj: $\underline{A}' \underline{H}_F = 1 \Rightarrow \text{Arg}(\underline{A}' \underline{H}_F) = 0$

$\delta\psi + \text{Arg}(\underline{H}_F) = 0$

66. $\underline{H}_F = \frac{H_0}{1 + j Q_F (x - \frac{1}{x})}$ $\omega = \omega_0 + \delta\omega \rightarrow x = 1 + \frac{\delta\omega}{\omega_0} = 1 + \delta x$

$\text{Arg}(\underline{H}_F) = -\text{Arctan} \left[\left(x - \frac{1}{x} \right) Q_F \right] x^{-1} \approx 1 - \delta x \quad (\text{DL or } \delta x \ll 1)$
 $= -\text{Arctan}(Q_F 2\delta x) \approx -2\delta x Q_F$

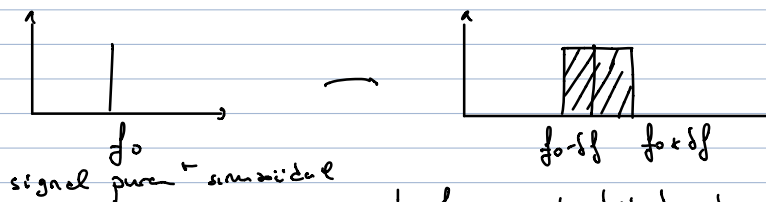
Il faut donc: $\delta\psi = 2 \frac{\delta\omega}{\omega_0} Q_F \rightarrow \delta\omega = \frac{\omega_0 \delta\psi}{2 Q_F} \Rightarrow \delta f = \frac{f_0}{2} \frac{\delta\psi}{Q_F}$
 $\delta f = 250 \text{ Hz}$

soit une fluctuat. bien inférieure à 1%.

67. δf varie aussi mais avec une valeur inférieure à 250 Hz si, par ex,

$\delta\psi$ reste bncée par 1°

Il y a alors enrichiss^t du spectre avec 1 elargiss^t entre $f_0 - \delta f$ et $f_0 + \delta f$



La forme exacte doit dépendre de la façon dont $\delta\psi$ varie je pense...

68. N'ayant aucune idée sur comment réagir les variations de phase, j'en conclus que dans tous les cas, augmenter Q_F diminue δf et le spectre de l'oscillateur

2^{ème} sujet: correction de la partie 1

I Sismographe

Q1. pfd à la masse de la réf. lié au sol

$$m \frac{d^2 \vec{ON}}{dt^2} = m \vec{g} - k(h - l)(-\vec{e}_y) - \lambda j \vec{e}_y \xrightarrow{\text{proj. } \vec{Oz}} m(\ddot{z}_s + \ddot{z}) = -m_j - \lambda j + k(h - z - l) \quad (1)$$

$$\text{A l'eq: } \ddot{z} = 0, \ddot{z} = \ddot{z}_s = 0 \rightarrow 0 = -m_j + k(h - z_{eq} - l) \quad (2)$$

$$\begin{aligned} (1) - (2) &\Rightarrow m(\ddot{z}_s + \ddot{z}) = k(z_{eq} - z) - \lambda j \\ \text{or } \ddot{u} = \ddot{z} \text{ et } \ddot{u} = \ddot{z} &\left\{ \begin{aligned} \ddot{u} + \frac{\lambda}{m} \ddot{u} + \frac{k}{m} u &= -\ddot{z}_s \quad (3) \end{aligned} \right. \end{aligned}$$

Q2. $z_s(t) = z_0 \cos(\omega t)$, on va donc passer en G

$$(3) \Rightarrow u(-\omega^2 + j\omega \frac{\lambda}{m} + \frac{k}{m}) = \omega^2 \ddot{z}_s \Rightarrow \underline{H}(j\omega) = \frac{\omega^2}{-\omega^2 + j\omega \frac{\lambda}{m} + \frac{k}{m}}$$

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{(-1)(j\omega)^2 \cdot \frac{m}{k}}{1 + j\omega \frac{\lambda}{k} - \frac{m}{k} \omega^2} \left(\begin{aligned} &\rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}} \\ &H_0 = -1 \\ &\gamma = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{\sqrt{mk}} \end{aligned} \right) \rightarrow \text{filtre passe haut ordre 2 non amorti}$$

$$Q3. u = |\underline{H}| z_0 = \frac{m}{k} \frac{\omega^2 z_0}{\sqrt{\left(1 - \frac{m\omega^2}{k}\right)^2 + \left(\frac{\omega^2 \lambda^2}{k^2}\right)}}$$

Q4. le sismographe, via $u(t)$ doit permettre d'observer le mouvement du sol

Il faut donc éviter toute résonance (cf Q7) et que $|\underline{H}| \approx 1$

Il faut donc que $\omega \gg \omega_0$: $\omega \gg \sqrt{\frac{k}{m}}$

$$\text{et: } \omega^2 \frac{\lambda^2}{k^2} \ll \frac{m^2 \omega^4}{k^2} : \frac{\lambda}{m} \ll \omega$$

Il faut un faible coefficient d'amortissement $\Rightarrow$ suspension simple.

De ces condit. $\underline{H} \approx H_0 \rightarrow m$ est en opposition de phase avec le sol

Q5. En supposant les résultats du passe bas applicables au passe haut, il n'y a pas

$$\text{de résonance si } \gamma > 0,6 \text{ . or } \gamma = \frac{\lambda}{2} \frac{1}{\sqrt{mk}} \Rightarrow \frac{\lambda}{\sqrt{mk}} > 1,2$$

Q6. on voit que $3T = 8 \text{ carreaux} \Rightarrow T = 0,67 \text{ ms} \rightarrow f = 1,5 \text{ KHz} \rightarrow \text{valeur retrouvée sur le fig. 3.}$

Il y a 2480 échantillons sur $10 \times 250 \mu\text{s} \rightarrow T_e = \frac{2500 \cdot 10^{-6}}{2480} \approx \frac{2500 \cdot 10^{-6}}{2500} \approx 1 \mu\text{s}$

$f_e \approx 1 \text{ MHz}$.

$f_{\max} = f_e/2$, valeur maximale à ne pas dépasser pour respecter le critère de Shannon.

Q7. L'affichage de la fig. 3 est adapté aux périodes (spectre temporel) et non aux fréquences. Il faut donc déjoumer les périodes pour jouer sur les fréquences, donc afficher $\frac{1}{T}$ de période ($T = 1/f$) $\rightarrow$ il faut augmenter le base de tp .

On est ainsi parti de $250 \mu\text{s}$ à 25 ms , 1 facteur 100

f_e et $f_{\max}$ ont été $\div$ par 100, l'affichage $[0, 5 \text{ KHz}]$ est ainsi adapté

Q8. f_e a été divisée par 4 $\rightarrow f_{\max} = 1250 \text{ Hz}$. Shannon n'est plus respecté.

$f_e = 2,5 \text{ KHz} \rightarrow 1 \text{ KHz}$ correspond donc à 1 raie fantôme $f_i = f_e - f = 1 \text{ KHz}$

Il y a repliement spectral.

Q9. Les nœuds en tance de potentiel $\bar{V} : Y_1(V_1 - \bar{V}) + Y_2(V_2 - \bar{V}) + Y_3(V_3 - \bar{V}) + Y_0(V_0 - \bar{V}) = 0$

rétroact sur borne (-), RL possible et on pose ici : $\bar{V} = V^+ = 0$

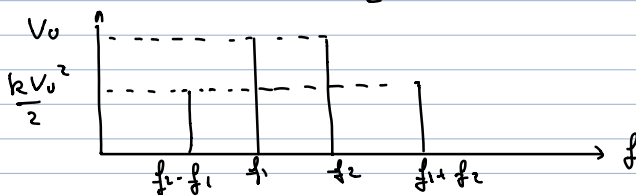
$$\Rightarrow V_S = - \frac{Y_1}{Y_0} V_1 - \frac{Y_2}{Y_0} V_2 - \frac{Y_3}{Y_0} V_3 = - \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \right) R_0$$

amplificateur sommeuseur inverseur ?

Q10 $V_S = - (V_1 + V_2 + V_m) = - (V_1 + V_2 + k V_1 V_2)$

La raie spectre de V_S contient donc $f_1, f_2, f_2 - f_1, f_2 + f_1$ ($f_1 > f_1$) (hypothèse)
 $\swarrow \quad \swarrow \quad \underbrace{\quad}_{V_1, V_2}$
 $V_1 \quad V_2$
 (L'eq Q12)

$$V_S = -V_1 - V_2 - \underbrace{k V_0^2 \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_2 t)}_{\frac{k V_0^2}{2} [\cos(2\pi (f_2 - f_1) t) + \cos(2\pi (f_1 + f_2) t)]}$$



Qm. Dans ce cas $V_s(t) = \underbrace{-V_1 - V_2}_{\text{échange } f_1, f_2} - 2kV_0^2 \cos(2\pi f_1 t) \cos(2\pi f_2 t)$
 l'amplitude des pics $\pm f_2 - f_1, f_2 + f_1$
 est $\times$ par 2, passant $\pm kV_0^2$

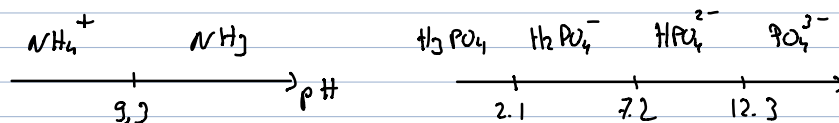
Q12. on lib linc, avec $f_2 > f_1$,

$$f_2 = 900 \text{ Hz}, \quad f_2 - f_1 = 300 \rightarrow f_1 = 600 \text{ Hz}$$

(partie non abordées)

Part II Embryonal

Q13. Tracez les zones de prédominance des espèces présentes (pkc: à la fin du sujet)



Il y a donc : dominance de HPO_4^{2-} et répartition de NH_3 et NH_4^+

$$[HPO_4^{1-}] = C_p \text{ or } [NH_3] = [NH_4^+] = \frac{C_N}{2}$$

Q14. On a : $K_{a3} = \frac{h \cdot [PO_4^{3-}]}{[HPO_4^{2-}]} \rightarrow [PO_4^{3-}] = \frac{C_p \cdot K_{a3}}{h} = C_p \cdot K_{a3} \cdot 10^4$

A la limite d'apparition du précipité: $K_s = [Mg^{2+}] [PO_4^{3-}] [NH_4^+]$

$$[Mg^{2+}] = \frac{K_{s,2}}{C_{v,sp} \cdot K_{a2} \cdot 10^{pH}} = 2.5 \cdot 10^{-24} \text{ mol. l}^{-1}$$

Or, il faut donc 0,25 mol de N_2^{2+} soit, avec $M_{N_2} = 28 \text{ g}$, $0,25 \times 28 = 7 \text{ g}$.

Partie II binaire canal

Q16. les solides glace - NaCl sont non-miscibles. On a donc

I: eau salée liquide + glace (eau solide non salée)

II: liqui de homogene can sãta

III : mélange litérone au selée + NaCl solide

IV: glass + NaCl solid