

Psi/Psi\* DS 1 corrigé

1<sup>er</sup> sujet: Banque PT 2021

Q28. Ali idéal:  $\mu \rightarrow \infty, R_2 \rightarrow \infty, R_s \rightarrow 0$

29.

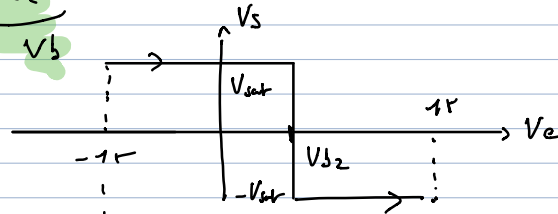
Ali réel:  $R_2 = 10^6 \Omega, R_s = 10 \Omega, \mu = \frac{\mu_0}{1 + \omega/\omega_c}$   $\mu_0 = 10^5$   
 $f_c = 10 \text{ Hz}$

Q30.

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

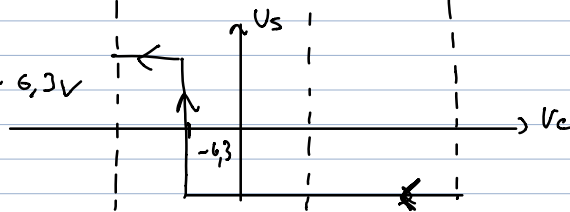
Q31.  $i_{R1} + i_{R2} = 0 \rightarrow \frac{0 - V^+}{R_1} + \frac{V_s - V^+}{R_2} = 0 \rightarrow V^+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_s$

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



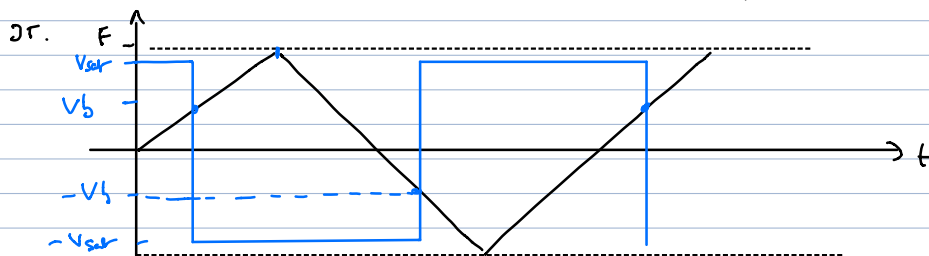
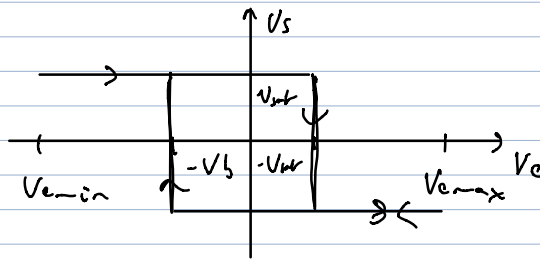
33.  $V_s = -V_{sat}$  si  $V^- > V^+$

$V_e > -V_b = -6,3V$



Comparateur inverseur à hystérésis

car il y a 1 cycle d'hystérésis



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

36.  $V_e = V_c \quad i^- = 0 \rightarrow$  C est 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.  $t_0$  /  $\exists t_1$  /  $V_e(t_1) = +V_b$  (cf  $V_{sr}$ )  $\rightarrow$  il y a alors bascule

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

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

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

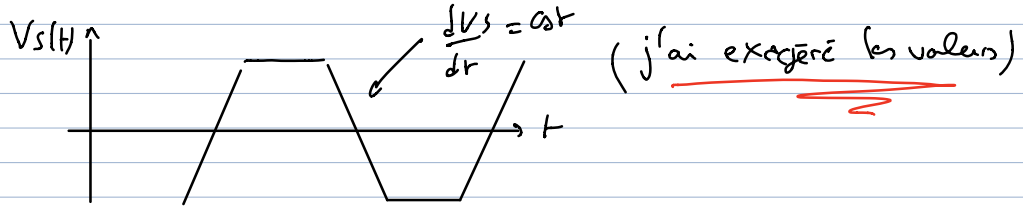
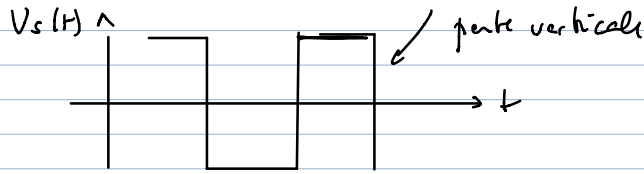
42.  $V_{sat} = +14V$ ,  $V_b = 6,3V = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{sat} \rightarrow 1 + \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_{sat}}{V_b} \rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 1,2$

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

43.44. On voit sur la courbe que le fps 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  $\infty$ .

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



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

↳ valeur typique déterminée en TP

signifiant que la sortie ne peut pas varier de + de 14 V par  $\mu\text{s}$

### C. II.

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

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

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

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

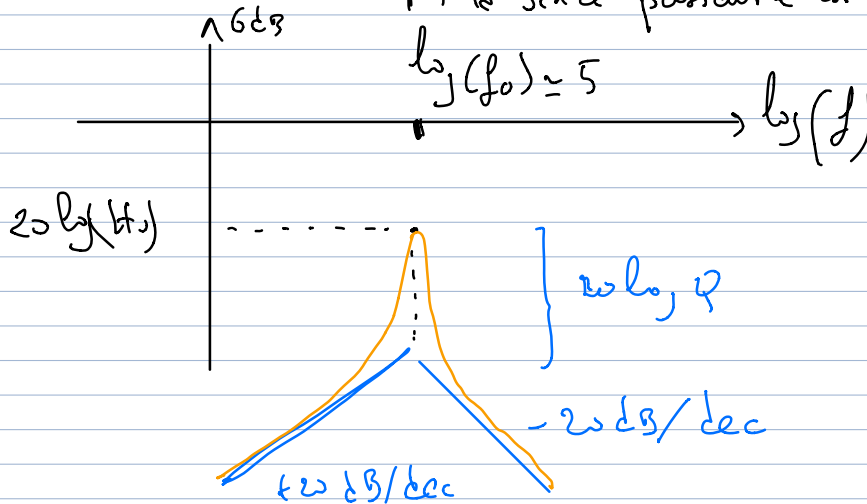
$$Q_F = \frac{R_o R}{R_o + R} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

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

46. "Donner", donner son ainsi 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.



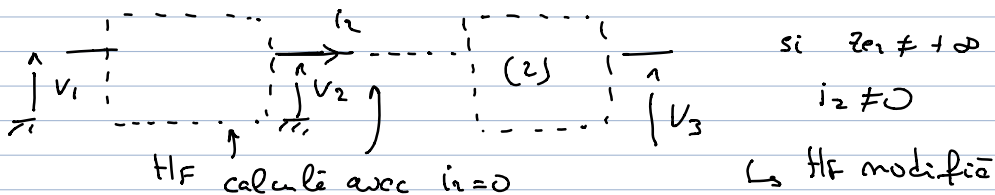
48. (1) Amplificateur inverseur: rétroactif (-) → RL possible

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

(2) Amplificateur non inverseur (non hyp)

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

49.  $Z_e = \frac{V_e}{i_e} \rightarrow \left. \begin{array}{l} Z_{e2} = +\infty \\ Z_{e1} = R_1 \end{array} \right\} \text{(3) peut être associé à d'autres circuits sans modifier leur propriétés.}$





50. (notat' ci dessus)  $\underline{H}_{FA} = \frac{V_3}{V_1} = \frac{V_3}{V_2} \frac{V_2}{V_1} = \underline{H}_2 \cdot \underline{H}_F \rightarrow \text{car } i_c = 0$

$\underline{Q} = \underline{Q}_F$ ,  $\underline{H}_1 = |\underline{H}_2| \underline{H}_0 = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot \left(\frac{R}{R+R_0}\right)$

51.  $\frac{\underline{H}_1}{1 + j\omega\left(x - \frac{1}{x}\right)} = \frac{V_3}{V_3} \rightarrow \frac{V_3}{V_3} (1 - \underline{H}_1) + \frac{\underline{Q}}{\omega} j\omega V_3 + \underline{Q}\omega \frac{V_3}{j\omega} = 0$   
 $\rightarrow (j\omega)^2 \underline{V}_3 + \frac{\omega_0}{\underline{Q}} (1 - \underline{H}_1) j\omega \underline{V}_3 + \omega_0^2 \underline{V}_3 = 0$

$\underline{V}_3 + \frac{\omega_0}{\underline{Q}} (1 - \underline{H}_1) \underline{V}_3 + \omega_0^2 \underline{V}_3 = 0$

52. Il faut  $1 - \underline{H}_1 < 0$  pour avoir  $V_3$  divergente  $\Rightarrow \underline{H}_1 > 1$

Il faut de + que les oscillat' soient pseudo-périodiques: formons l'eq. caractéristique  
 $r^2 + \frac{\omega_0}{\underline{Q}} (1 - \underline{H}_1) r + \omega_0^2 = 0$

$\Delta = \frac{\omega_0^2}{\underline{Q}^2} (1 - \underline{H}_1)^2 - 4\omega_0^2 < 0 \Rightarrow (\underline{H}_1 - 1)^2 < 4\underline{Q}^2: \underline{H}_1 < 1 + 2\underline{Q} \Rightarrow 1 < \underline{H}_1 < 1 + 2\underline{Q}$

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

$\Omega = \frac{1}{2} \sqrt{4\omega_0^2 - \frac{\omega_0^2}{\underline{Q}^2} (1 - \underline{H}_1)^2} = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{(1 - \underline{H}_1)^2}{4\underline{Q}^2}} = 2\pi f$

54.  $f = f_0 \sqrt{1 - \frac{(1 - \underline{H}_1)^2}{4\underline{Q}^2}} \approx f_0$  si  $\left(\frac{1 - \underline{H}_1}{2\underline{Q}}\right)^2 \ll 1$  ( $\underline{H}_1 = 1$  est ici impossible)

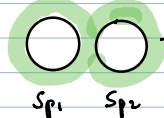
55. + le gain est élevé, - le signal est "sinusoïdal"

$\underline{H}_1 \ll 1 + 2\underline{Q} \Rightarrow \underline{H}_1 = 1^+$   
 (le + prouve possible de 1 tout en étant  $> 1$ )

56. outre que  $U$  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.   $\rightarrow$  isolat les sphères ne st pas au même potentiel (car la tension  $U$  est  $\neq 0$ )  
 des charges de signe opposé apparaissent  $\Rightarrow$  on a 1 condensateur

60. les sphères sont en série, les capacités 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 trouvent en //.

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

63.  $\underline{V}_2 = H_F \underline{V}_1$  ;  $\underline{V}_2 = A \underline{V}_e = \underline{V}_i \rightarrow \underline{V}_i = \underline{A}(\underline{H}_F) \underline{V}_1$   
 $\underline{A} \underline{H}_F = 1$  critère de Barkhausen.

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

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

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

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

66.  $\underline{H}_F = \frac{H_0}{1 + jQ_F(x - \frac{1}{x})}$

$\omega = \omega_0 + \delta\omega \rightarrow x = 1 + \frac{\delta\omega}{\omega_0} = 1 + \delta x$

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

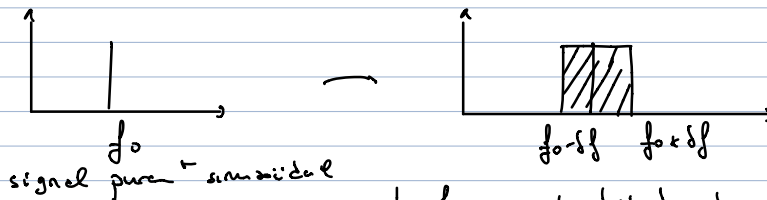
Il faut donc:  $\delta\psi = 2 \frac{\delta\omega}{\omega_0} Q_F \rightarrow \delta\omega = \frac{\omega_0 \delta\psi}{2 Q_F} \Rightarrow \delta f = f_0 \frac{\delta\psi}{2 Q_F}$   
 $\delta f = 250 \text{ Hz}$

soit une fluctuat. bien inférieure à 1%.

67.  $\delta f$  varie aussi mais avec une valeur inférieure à 250 Hz si, par ex,

$\delta\psi$  reste bncise par 1°

Il y a alors enrichiss<sup>t</sup> du spectre avec 1 et largiss<sup>t</sup> 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 varier les variations de phase, j'en conclus que dans tous les cas, augmenter  $Q_F$  diminue  $\delta f$  et le spectre de l'oscillateur.

Partie II : Autour du strontium – Mines PSI 2021

**A) Structure électronique**

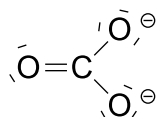
1. D'après la première phrase du texte, Sr est  $5s^2$  sur sa couche externe ; donc, en accord avec les règles usuelles, sa configuration électronique est :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2$  ou  $[\text{Kr}]5s^2$ .

Cet élément possède donc 2 électrons de valence.

La configuration de l'élément situé juste au-dessus de Sr est  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ , son numéro atomique est donc  $Z = 20$  ; d'après les données, c'est l'élément Ca. Il possède également 2 électrons de valence.

Sr et Ca ont la même configuration électronique externe, donc des propriétés atomiques analogues, d'où la possibilité de substitution.

2.  $\text{Sr}^{2+}$  a la configuration électronique du gaz noble le plus proche (Kr), donc est très stable (couche complète).
3. D'après les données de l'énoncé, il faut prendre en compte les 4 e- de valence de C, les 3 fois 6 e- de valence de O et les 2 e- de charge, soit 24 e- ou 12 doublets ; cela conduit à :

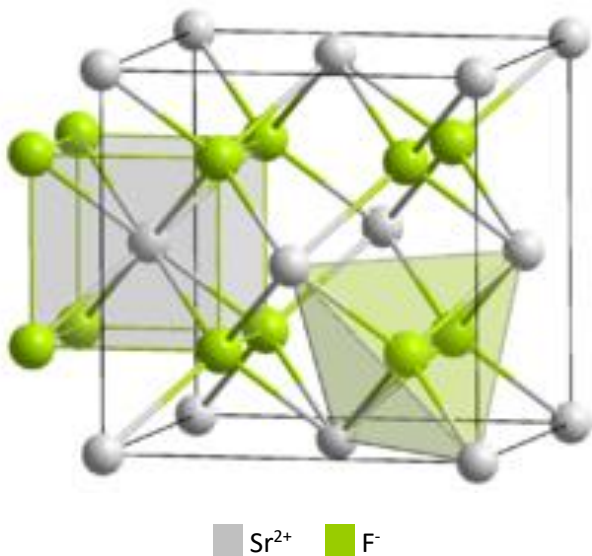


**R :** Il est à noter que les trois oxygènes sont équivalents et que cela implique :

- L'existence de deux autres formes mésomères équivalentes à la précédente,
- Une géométrie plane avec des angles O-C-O de  $120^\circ$ .

**B) Cristallographie**

4. La formule du fluorure de strontium est  $\text{SrF}_2$ .  
Une maille CFC contient  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$  ions  $\text{Sr}^{2+}$  et 8 sites tétraédriques (centre des petits cubes d'arête  $a/2$ ).  
Pour respecter la stœchiométrie du composé, tous les sites tétraédriques doivent être occupés par les ions fluorures.
5. Le schéma ci-dessous montre que  $\text{F}^-$  a 4 proches voisins (c'est un site T) et  $\text{Sr}^{2+}$ , 8.

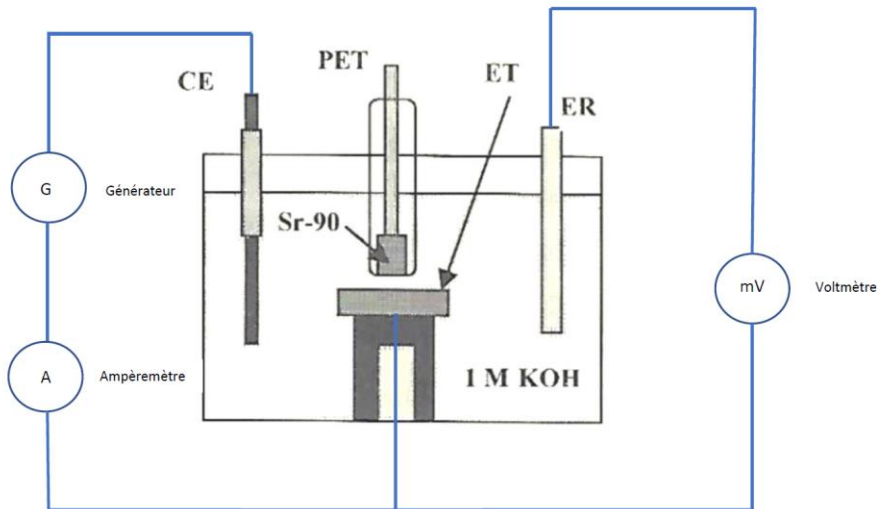


6. Le contact cation-anion se fait suivant la demi-diagonale du petit cube d'arête  $a/2$  :

$$a \frac{\sqrt{3}}{4} = R + r, \text{ d'où } r = 120 \text{ } \mu\text{m}$$

### E) Batterie nucléaire à base d'eau

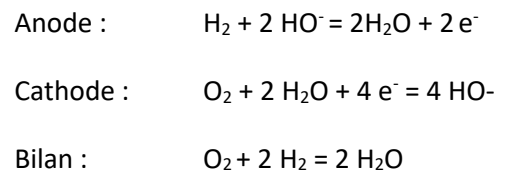
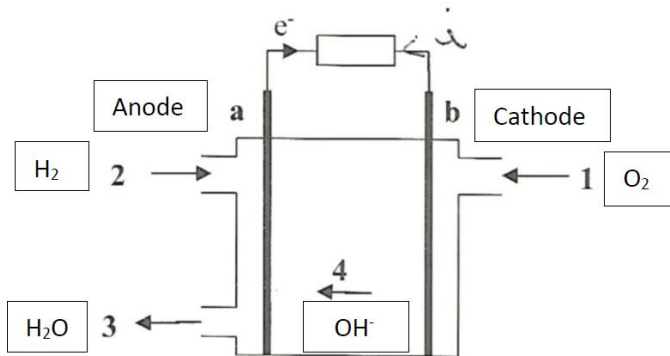
7.



ET : électrode de travail ; CE : contre-électrode ; ER : électrode de référence

Un voltmètre entre ET et ER permet de mesurer le potentiel de ET relativement à l'électrode de référence. Un ampèremètre dans le circuit constitué d'un générateur, de ET et CE permet de mesurer l'intensité du courant qui traverse ET.

8.



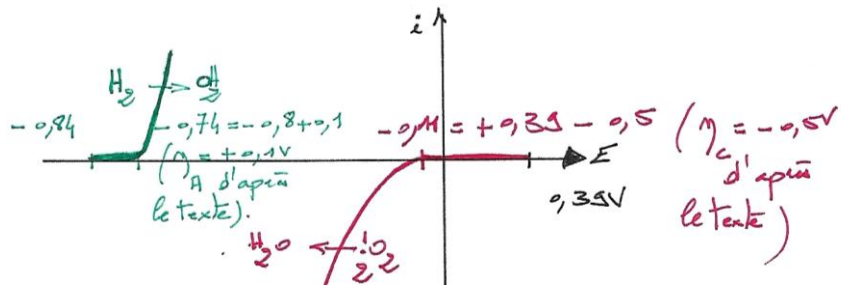
9.  $E_a = 0,00 - 0,06 \text{ pH} = - 0,84 \text{ V}$

$E_b = 1,23 - 0,06 \text{ pH} = 0,39 \text{ V}$

$U = E_b - E_a = 1,23 \text{ V}$

La fem est en réalité plus faible à cause de la cinétique des réactions d'oxydation et de réduction (surtensions anodique et cathodique), de l'irréversibilité de la transformation d'énergie chimique en énergie électrique, etc.

10.



11. Compte tenu des surtensions (cf. ci-dessus),

$$U = (E_b + \eta_b) - (E_a + \eta_a) = (0,39 - 0,5) - (-0,84 + 0,1) = \mathbf{0,63 \text{ V}}$$

12. La charge délivrée par la pile au lithium est :  $Q = i\Delta t = 20 \cdot 10^{-6} \cdot (8 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600) = 5 \cdot 10^3 \text{ C}$

Cela correspond à la consommation de :  $n(\text{O}_2) = n(e^-)/4 = Q/4F$

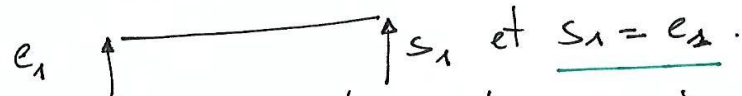
$$\text{Soit } V(\text{O}_2) = QV_m/4F = \mathbf{0,3 \text{ L}}$$

# Tamége et battements cardiaques <sup>(1)</sup>

(A) (1) à BF  $\text{---} \text{||} \text{---} \equiv \text{---} \text{||} \text{---}$ , soit



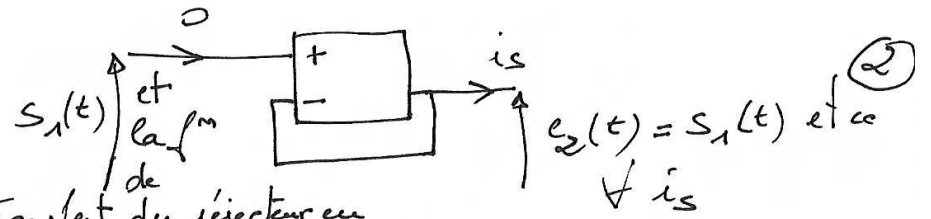
à HF  $\text{---} \text{||} \text{---} \equiv \text{---}$ , soit



Il est donc légitime de penser à un réjecteur.

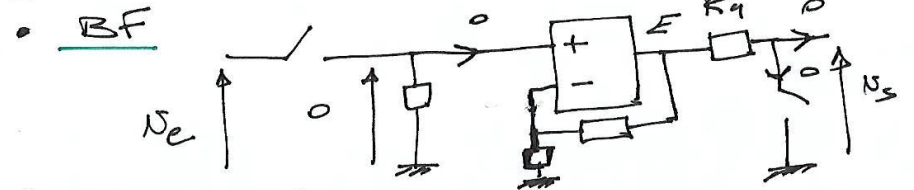
(2)  $f_0 = \frac{1}{40RC} = 49,8 \text{ Hz}$ , ce qui est proche de 50 Hz, donc de la fréquence du secteur qui est donc éliminé (cf. TP pour voir dans certains cas comment le secteur parasite vos signaux...)

(B) (1) Le circuit du A n'a aucune raison d'avoir une impédance de sortie nulle et celui de la figure 5 n'a pas une impédance d'entrée  $\infty$ . Il faut donc un suiveur entre les deux :



transfert du réjecteur en sortie ouverte reste identique

(2) • rétroaction sur la borne inverseuse.



$N_+ = 0$ ;  $N_- = N_+$   
et donc  $N_E = \frac{R_4 + R_5}{R_5} N_+ = 0$ , d'où avec  
 $N_S - N_E = R_4 \times 0$ ,  $N_S = 0$

• HF ici avec  $C_4 \equiv \text{---}$  il vient  
 $N_S = 0$

(3)  $\left. \begin{array}{l} 0,5 \text{ Hz} \\ 150 \text{ Hz} \end{array} \right\}$  correspond à 30 pulsations/min à 9000

Si on considère que un cœur bat en moyenne au repos à 60 min<sup>-1</sup> et en plein effort à 180 min<sup>-1</sup>, on est à l'intérieur de l'intervalle  $(f_{c1}, f_{c2})$

R: Il me semble que  $f_{c1}$  est un peu basse et  $f_{c2}$  un peu haute...

$$\textcircled{4} \quad \frac{V_D}{e_3} = \frac{jR_3 C_3 \omega}{1 + jR_3 C_3 \omega} \quad \text{P. Haut} \quad \textcircled{3}$$

$$\frac{V_E}{V_D} = \left(1 + \frac{R_E}{R_5}\right) \quad \text{Non inverseur.}$$

$$\frac{S_2}{V_E} = \frac{1}{1 + jR_4 C_4 \omega} \quad \text{P. Bas.}$$

Le produit des trois donne le cas l'impédance d'entrée de bloc 2 (N.I.) est  $\infty$  et son impédance de sortie est nulle: on peut donc utiliser les #1,2,3 en sortie ouverte pour faire le produit.

⑤ Pour  $\omega \gg \frac{1}{R_4 C_4}$  le filtre 2 PB coupe les fréquences correspondantes

et pour  $\omega \ll \frac{1}{R_3 C_3}$ , le filtre 1 PH coupe les fréquences correspondantes

si on choisit  $\frac{1}{2\pi R_3 C_3} \approx 0,5 \text{ Hz}$  et

$\frac{1}{2\pi R_4 C_4} \approx 150 \text{ Hz}$ , on réalise ce

que l'on souhaite car  $\frac{1}{R_3 C_3} < \frac{1}{R_4 C_4}$   
(PH) (PB)

on trouve  $R_3 C_3 \approx 0,3 \text{ s}$  ④  
et  $R_4 C_4 \approx 10^{-3} \text{ s}$

Si l'on choisit  $R_4 = 5 \text{ k}\Omega$  il vient  $C_4 = 0,2 \mu\text{F}$  ou  $200 \text{ nF}$  ce qui correspond bien à ce que l'on trouve en labo.

Pour  $R_3$  il faut prendre plus grand pour ne pas dépasser  $99 \mu\text{F}$  pour  $C_3$  si  $C_3 = 2 \mu\text{F}$  alors  $R_3 = 150 \text{ k}\Omega$ , ce qui est encore acceptable.

⑥ IC amplifie d'un facteur  $1 + \frac{R_6}{R_5}$  à choisir indépendamment de  $R_3 C_3$  et  $R_4 C_4$ .

⑦ Le premier schéma de l'annexe donne le haut du signal autour de  $V_2$  lorsque  $e_3 > V_0$ ,  $s_3 = +V_{\text{sat}}$  et lorsque  $e_3 < V_0$ ,  $s_3 = -V_{\text{sat}}$ .

Donc chaque fois que  $e_3$  franchit  $V_0$  par valeur croissante ou décroissante, l'A0 bascule. Donc avec le  $V_0$  proposé,



on obtient le  $s_3$  du 2<sup>e</sup> schéma : on compte 2 battements au lieu d'un ; suivant  $V_0$  et la forme du pic on peut avoir compté un, deux voire trois battements au lieu d'un... cela ne convient pas.

(5)

C.2. • Retraction unique sur la bande :  
A.O. saturé.

• (1)  $s_4 = +V_{sat}$  si  $v_+ > v_-$ , soit

$$(2) v_+ > v_0 ; \text{ or } e_4 = \frac{v_+}{R_7} + \frac{s_4 - v_+}{R_8} = 0$$

$$\text{et } (3) v_+ = \frac{R_8 e_4 + R_7 s_4}{R_7 + R_8} ; \text{ avec (1) et (2)}$$

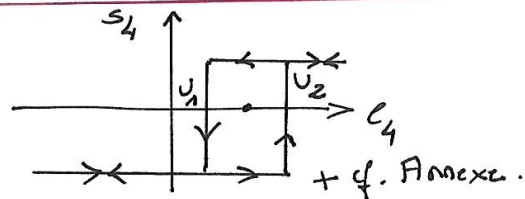
$$e_4 > U_1 = \left(1 + \frac{R_7}{R_8}\right) v_0 - \frac{R_7}{R_8} V_{sat}$$

• (1')  $s_4 = -V_{sat}$  si  $v_+ < v_-$  soit

(2')  $v_+ < v_0$  ; avec (3) :

$$e_4 < U_2 = \left(1 + \frac{R_7}{R_8}\right) v_0 + \frac{R_7}{R_8} V_{sat}$$

C'est un comparateur non inverseur à hysteresis



C.3. 1 il faut que lorsque  $e_2(t)$  passe par  $0_1$  par valeurs croissantes, il ne le "voit" pas:

(6)

$$U_2 > V_{0,1 \max}$$

2 De même pour  $V_3$  soit

$$U_2 > V_{3 \max}$$

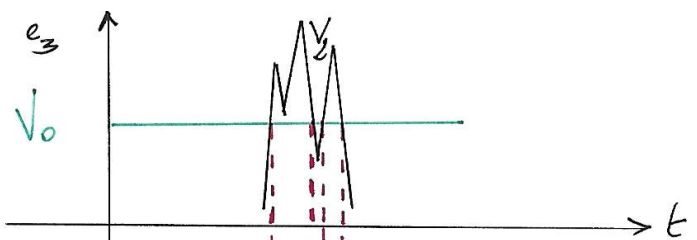
3 \* il faut  $V_{2 \max} > U_2$  sinon il n'y a jamais de bascule à  $+V_{sat}$

4  $s_4$  doit basculer une fois et une seule de  $-V_{sat}$  à  $+V_{sat}$  et une fois et une seule de  $+V_{sat}$  à  $-V_{sat}$  pour chaque battement.

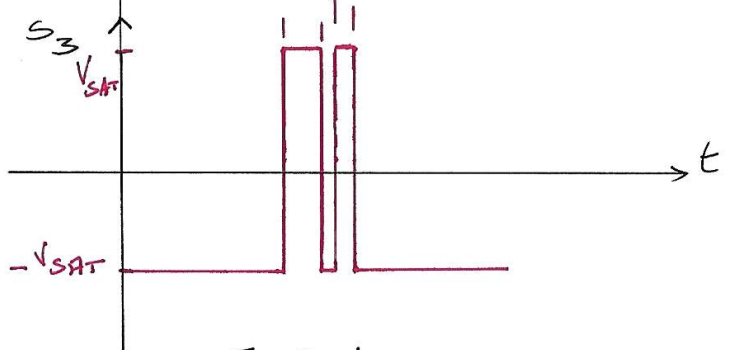
Une condition nécessaire sur  $U_2$  est donc qu'il soit  $<$  à la valeur à la base de  $V_2$ .

cf. schéma de l'annexe.

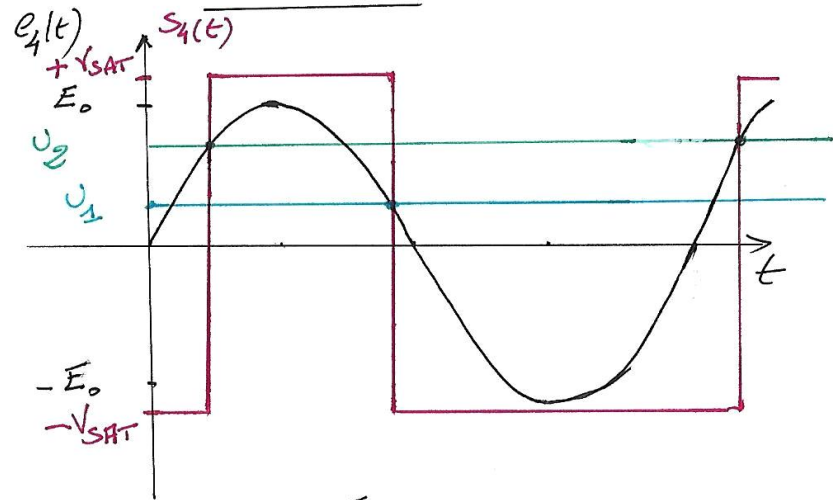




ANNEXE



II.C.1.



II.C.2.

II.C.3.

