

## Exam S2 22/6/21

(en bleu, pour  $V_{CC}=3.3V$ ) 3.5V

1/ a)  $V_{batt_{min}} = V_{CC} + V_{D_{min}} = 3,2V$  Exp = 2pts AN = 1pt

Exo1=22pts Soit une capacité utilisée de 87% de la

Exo2=8pts capacité totale. 2pts 70% 140mAh

Exo3=12pts

Exo4=23pts

Capacité utile:  $200mAh \times 0,87 = 174mAh$   
AN=2pts

b)  $I_{reg_{moy}} = \frac{\sum I \times \Delta t}{T} =$   
 $= \frac{1 \times 5 + 2 \times 3 + 5 \times 10 + 2 \times 10 + (T - 28) \times 0,05}{T}$   
 $= \frac{79,6 + 0,05T}{T} \quad (mA, ms) \quad 2pts$

$I_{batt_{moy}} = \underbrace{I_{nd}}_{(100\mu A \text{ régulateur})} + I_{reg_{moy}} \quad 2pts$

$= 0,15 + \frac{79,6}{T} \quad (mA, ms) \quad 2pts$

c) Capacité utile = durée de fonctionnement  $\times I_{batt_{moy}}$

Exp = 1pt AN = 1pt  $I_{batt_{moy}} = \frac{174}{800} = 0,2175mA = 0,15 + \frac{79,6}{T}$   
0.175mA

$T = 4479ms \quad 1pt \quad 3184ms$

d) pour augmenter la durée d'utilisation, on peut:

$\Rightarrow$  diminuer  $V_{D_{min}} \rightarrow V_{batt_{min}}$  diminue  $\rightarrow$  Capacité utile augmente  $\rightarrow$  durée augmente 2pt

$\Rightarrow$  diminuer  $I_{\text{gnd}} \rightarrow I_{\text{batt moy}}$  diminue  $\rightarrow$

$$\text{durée} = \frac{\text{Capacité utile}}{I_{\text{batt moy}}} \text{ augmente} \quad 2\text{pt}$$

$\Rightarrow$  augmenter  $T \rightarrow I_{\text{batt moy}}$  diminue  $\rightarrow$   
durée augmente  $2\text{pt}$

2/ a)  $P_{\text{dissipée totale}} = 40\% P_{\text{out max}} = 60\text{W}$   
soit  $30\text{W}$  par transistor  $2\text{pts}$

formule générale:  $\frac{T_{\text{Jmax}} - T_{\text{a}}}{P_{\text{d}}} = \sum R_{\text{th}} \quad 1\text{pt}$

ds notre cas:

$$\sum R_{\text{th}} = \underbrace{R_{\text{th J-c}}}_{\substack{\text{jonction} \rightarrow \\ \text{boîtier} \\ 1,50^\circ\text{C/W}}} + \underbrace{R_{\text{th c-s}}}_{\substack{\text{boîtier} \rightarrow \\ \text{refroidisseur} \\ 0,20^\circ\text{C/W}}} + \underbrace{R_{\text{th s-a}}}_{\substack{\text{refroidisseur} \rightarrow \\ \text{environnement} \\ = ?? \\ 1\text{pt}}}$$

$$\sum R_{\text{th}} = \frac{125 - 40}{30} = 2,83^\circ\text{C/W} \quad 1\text{pt}$$

$$R_{\text{th s-a}} = 1,13^\circ\text{C/W} \leadsto \approx 86\text{mm de long} \quad 1\text{pt}$$

b/ pour 86mm en convection forcée:

$$R_{\text{th s-a}} \approx 0,46^\circ\text{C/W} \quad 1\text{pt}$$

$$\sum R_{\text{th}} = 2,16^\circ\text{C/W}$$

$$\rightarrow T_{\text{a max}} = T_{\text{Jmax}} - P_{\text{d}} \sum R_{\text{th}} \approx 60^\circ\text{C} \quad 1\text{pt} \quad (2)$$

3/a)

$$V_{in\oplus} = V_{cc} \frac{R_m + \Delta R}{1k\Omega + R_m + \Delta R} = 1,654115V$$

Exp = 1pt AN = 1pt

$$V_{in\ominus} = V_{cc} \frac{R_m - \Delta R}{1k\Omega + R_m - \Delta R} = 1,645865V$$

Exp = 1pt AN = 1pt

$$V_d = V_{in\oplus} - V_{in\ominus} = \cancel{8,22mV} \quad 8.25mV$$

$$V_{out\text{ idéal}} = V_d \times \underbrace{G_{md}}_{40dB \rightarrow 100} = \cancel{822mV} \quad 825mV$$

Exp = 1pt AN = 1pt

b) 1% d'erreur =  $\cancel{8,22mV}$  8.25mV

$$\text{erreur} = V_{mc} \times G_{mc}$$

Exp = 1pt AN = 1pt

$$V_{mc} = \frac{V_{\oplus} + V_{\ominus}}{2} \approx 1,64999 \approx 1,65V$$

Exp = 1pt AN = 1pt

$$G_{mc} = \frac{\cancel{G_{md}}}{\cancel{CMRR}} = \frac{\text{erreur}}{V_{mc}} = 4,98 \cdot 10^{-3}$$

$$CMRR = \frac{G_{md}}{G_{mc}} = \frac{100}{4,98 \cdot 10^{-3}} \approx 20000$$

soit 86dB

Exp = 1pt, AN en dB = 1pt

4/ a)  $A_0 = 100 \text{ dB} \rightarrow 10^5 \text{ V/V}$

$P_1 = 100 \text{ Hz} \quad (@ -45^\circ) \quad 4 \times 0.5 \text{ pt}$

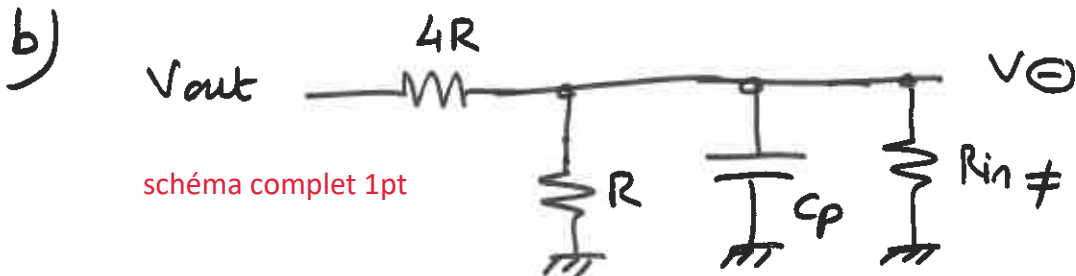
$P_2 = 10 \text{ MHz} \quad (@ -135^\circ)$

$\text{GBW} = A_0 P_1 = 10 \text{ MHz}$

$F_{\max} = \frac{P_2}{2 A_0 P_1} = \frac{P_2}{2 \cdot \text{GBW}} = 0,5$

gain de boucle fermée minimum =  $\frac{1}{F_{\max}} = 2$  valeur avec explication: 1pt

ici, le gain non-inverseur vaut  $(1 + \frac{4R}{R}) = 5$   
 donc le circuit satisfait à la condition  
 précédente conclusion argumentée 1pt



1pt  $R_{in} \neq \infty \Rightarrow R \Rightarrow$  on peut ne pas en tenir compte

$C_p = C_\pi + C_{mc} = 9 \text{ pF}$

$F = \frac{V_\Theta}{V_{out}} = \frac{R}{5R} \frac{1}{1 + (R \parallel 4R) C_p s}$

Expression de F: 1pt

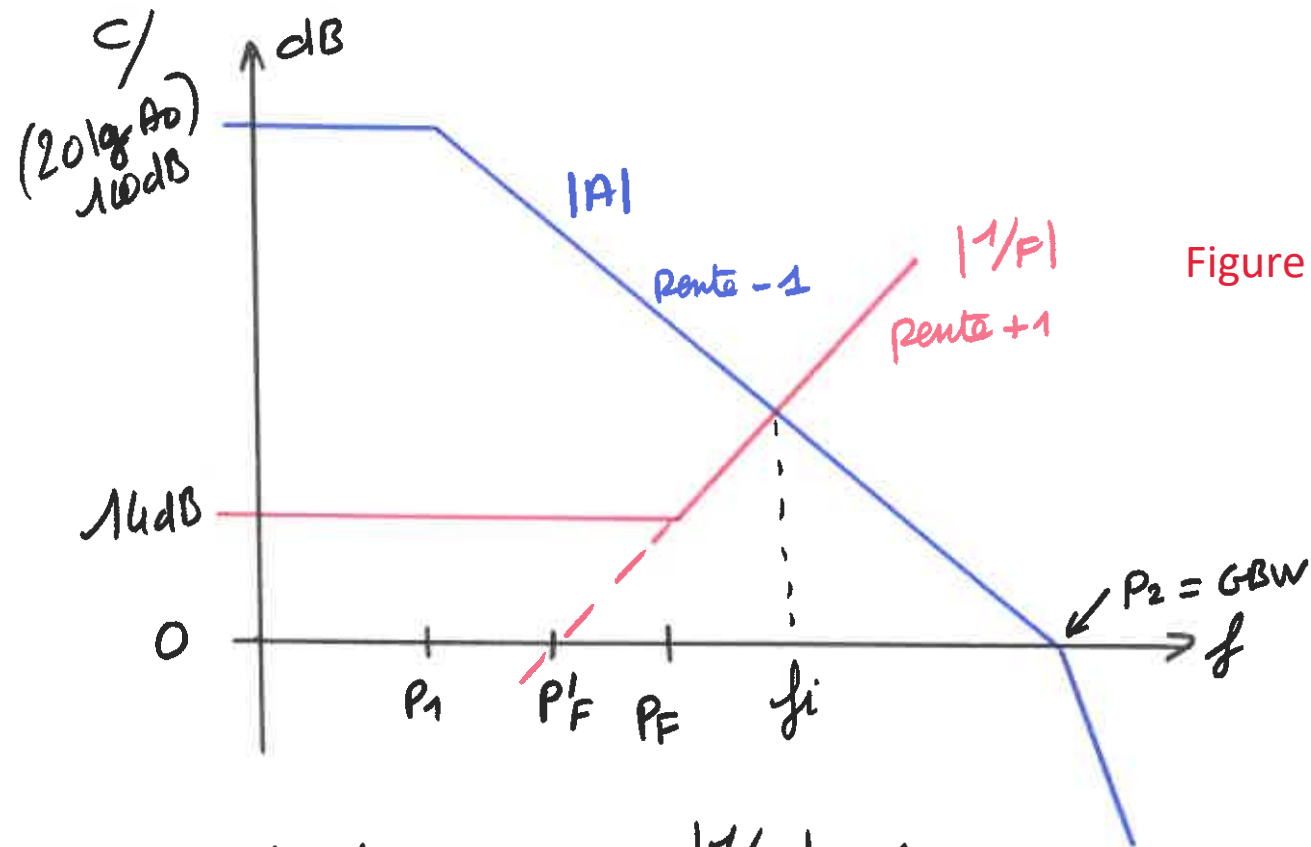
$= \frac{1}{5} \frac{1}{1 + \frac{4}{R} R C_p s}$

$F_0 = \frac{1}{5} \rightarrow -14 \text{ dB}$

valeur  $F_0$  (en dB ou pas): 1pt

$$P_F = \frac{1}{2\pi \frac{4}{5} R C_P} \approx 100,5 \text{ kHz}$$

Expr: 1pt, AN: 1pt



pente de +1 pour  $|1/F|$  donc

$$\frac{P_F}{P'_F} = \frac{1}{F_0} = 5 \rightarrow P'_F = \frac{P_F}{5} = 20,1 \text{ kHz}$$

Expr: 1pt, AN: 1pt

$$\frac{GBW}{f_i} = \frac{f_i}{P'_F} \quad \text{car pentes de } |A| \text{ et de } |1/F| \text{ identiques en valeur absolue}$$

$$f_i = \sqrt{GBW P'_F} \approx 44,3 \text{ kHz}$$

Expr expliquée: 1pt, AN: 1pt

$$\varphi_A = \underbrace{-90^\circ}_{\text{car } f_i \gg P_1} - \arctan \frac{f_i}{P_2} = -92,6^\circ$$

0.5pt

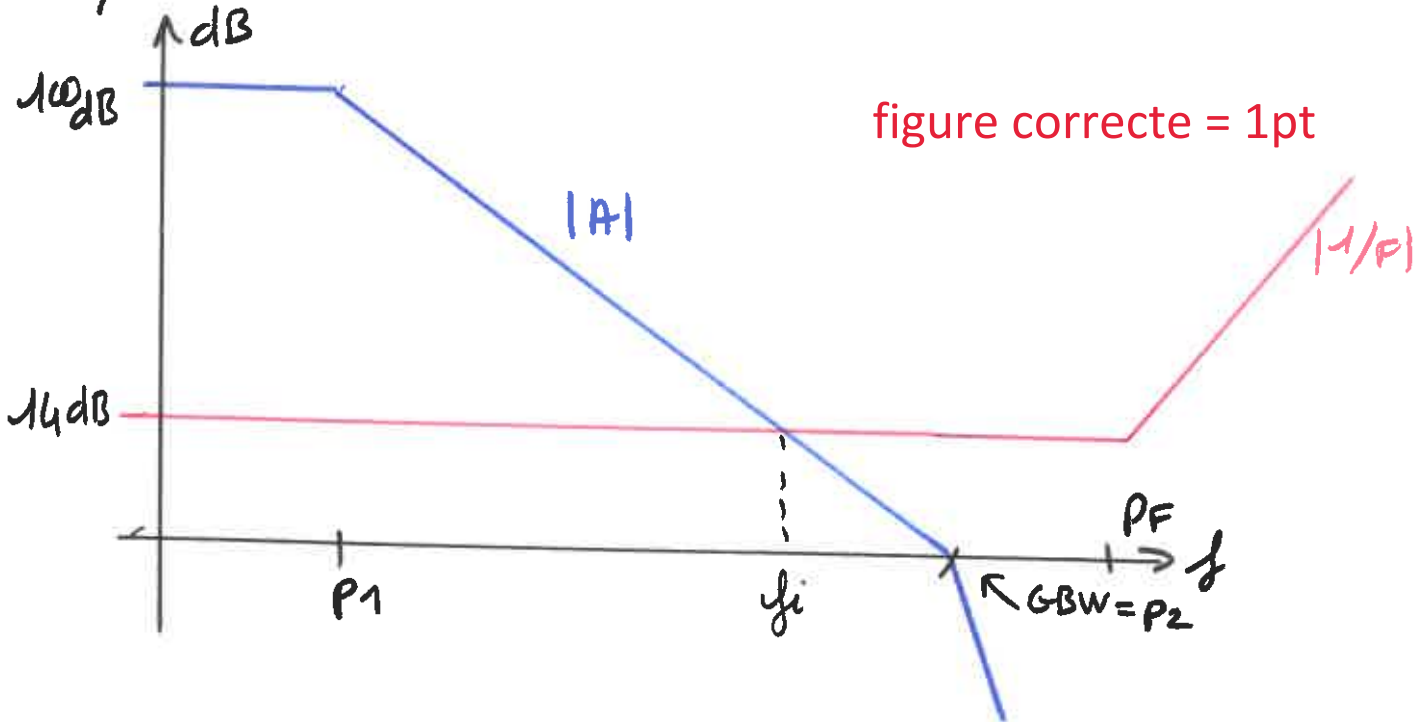
$$\varphi_F = -\arctan \frac{f_i}{P_F} = -77,3^\circ$$

0.5pt

$$\varphi_M = 180^\circ - |\varphi_A + \varphi_F| \approx 10^\circ$$

le circuit est quasiment un oscillateur 1pt

d) nouvelle situation:



$$\frac{GBW}{f_i} = \frac{1}{F_0} \rightarrow f_i = 2 \text{ MHz} \quad \text{explication 1pt}$$

e) tant que  $P_F > 2 \text{ MHz}$ , cette situation est vérifiée et

$$\varphi_A = -90^\circ - \arctg \frac{f_i}{P_2} = -101,3^\circ = \text{cte} \quad 0.5\text{pt}$$

$$\text{on veut } \varphi_M = 60^\circ \rightarrow \varphi_F \approx 19^\circ \quad 0.5\text{pt}$$

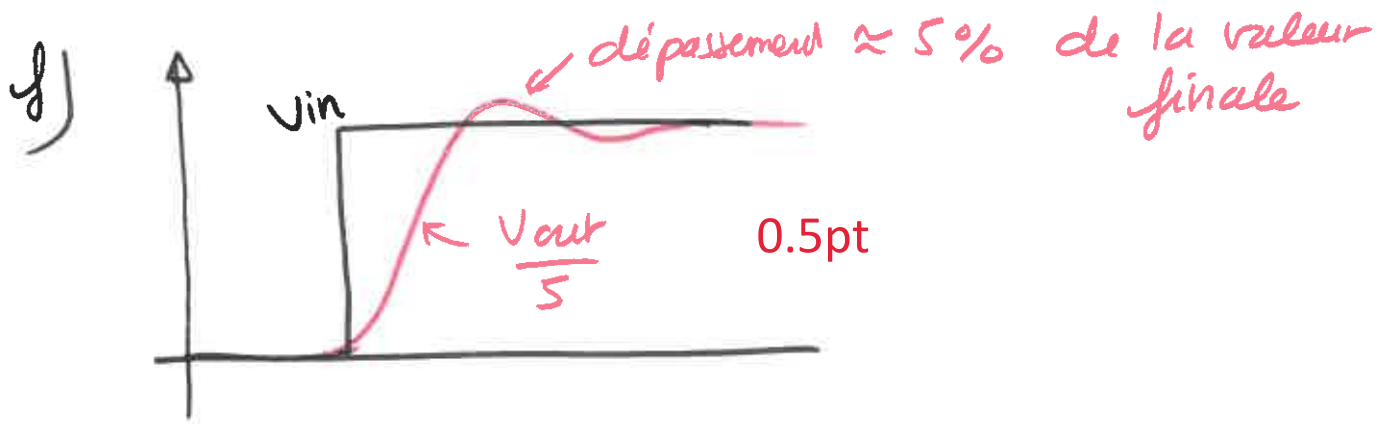
$$P_F = \frac{f_i}{\tan 19^\circ} \approx 5,8 \text{ MHz} \quad 0.5\text{pt}$$

Valeur correcte car  $P_F > 2 \text{ MHz}$  0.5pt

$P_F = 5,8 \text{ MHz}$  est la valeur minimale de  $P_F$   
car si  $P_F < 5,8 \text{ MHz}$ ,  $\varphi_F > 19^\circ$  et  $\varphi_M < 60^\circ$  0.5pt

$$R = \frac{1}{2\pi \frac{4}{5} P_F C_P} \approx 3,8 \text{ k}\Omega \quad 0.5\text{pt}$$

c'est la valeur maximale permise pour R  
car sinon,  $P_F$  devient  $< 5,8 \text{ MHz}$



g) pour  $f = p_1 = 100 \text{ Hz}$

$$Z_{C1} = \frac{1}{2\pi f C_1} = 16 \text{ Ohm}$$

1 pt si explication convaincante

valeur négligeable devant  $R = 3.8 \text{ k}\Omega$ . De plus, le calcul est fait pour une fréquence  $\ll$  devant  $f_i$ , donc c'est encore plus vrai aux fréquences pour lesquelles la stabilité est évaluée.