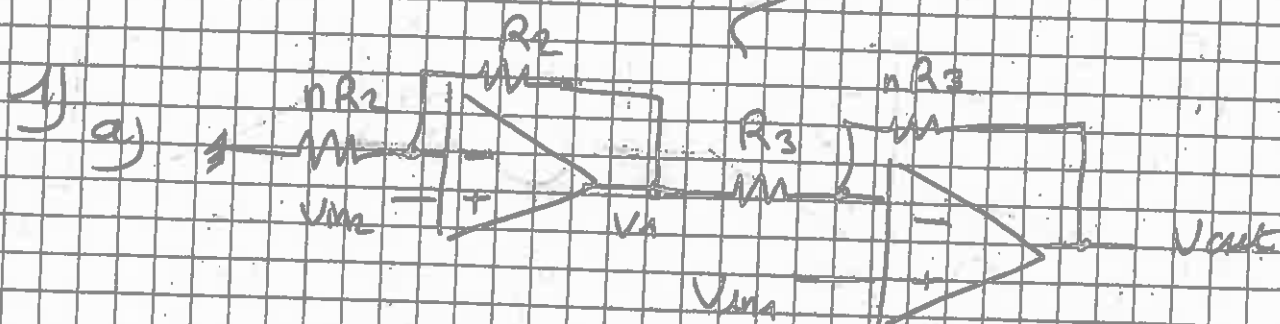


# Exam 15/5/19



$$V_1 = V_{in2} \left( 1 + \frac{R_2}{nR_2} \right) = V_{in2} \left( 1 + \frac{1}{n} \right)$$

$$V_{out} = V_{in1} \left( 1 + \frac{nR_3}{R_3} \right) - V_1 \frac{nR_3}{R_3}$$

$$= V_{in1} (1+n) - V_{in2} \left( 1 + \frac{1}{n} \right) n$$

$$V_{out} = (V_{in1} - V_{in2}) (1+n)$$

b)  $V_{in1} = \frac{V_{cc}}{2} = 1,65V$   $R_m = 1000 + 1 \times 0,1 = 1,001k$

$$V_{in2} = V_{cc} \frac{R_m}{R_m + 1k} = 1,6500825V$$

mode differential :  $V_d = (V_{in1} - V_{in2}) = -82.5\mu V$

mode commun :  $V_{mc} = \frac{V_{in1} + V_{in2}}{2} = 1,650041V$

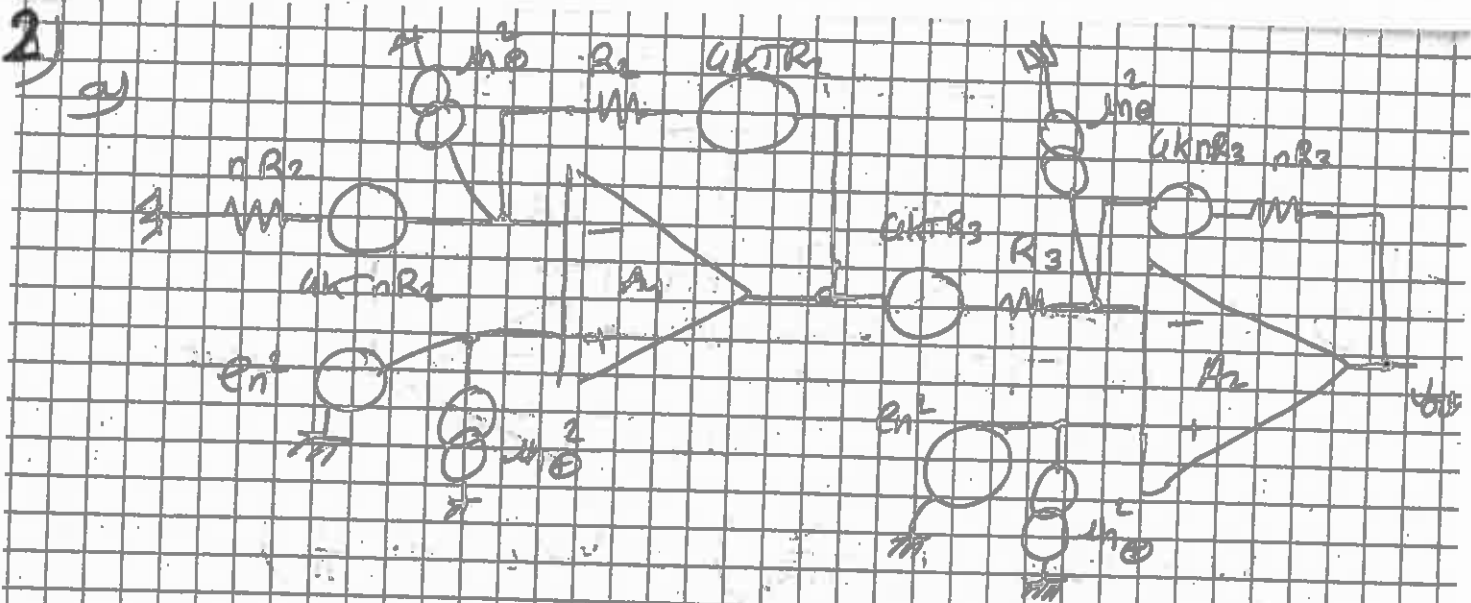
$n = 999 \Rightarrow$  gain mode differential = 1000

$CMRR = 120dB \Rightarrow CMRR = 10^6 = \frac{Gain_{md}}{Gain_{mc}}$

$Gain_{mc} = 10^{-3}$

$V_{out} = Gain_{md} \times V_d + Gain_{mc} \times V_{mc}$

$= -82.5\mu V \times 1000 + 0.001 \times 1.650041 = 80.85mV$



c)  $P_n = \frac{V_{out}^2}{2 R_L} f_c = 154,8 \cdot 10^{-16} \text{ V}^2$

d)  $P_{n, \text{filt}} = \frac{kT}{C_f} \leq 154,8 \cdot 10^{-15} \text{ V}^2$

$C_f \geq 2,5,7 \text{ nF}$

$R_f = \frac{1}{2 \pi f_c C_f} = 616 \text{ k}\Omega$

$\frac{1}{S} \cdot 10 \text{ mV} = 100 \text{ mV}$

$\frac{1}{S} \cdot 100 \text{ mV} = 1 \text{ V}$

$\frac{1}{S} \cdot 1 \text{ V} = 10 \text{ V}$

$\frac{1}{S} \cdot 10 \text{ V} = 100 \text{ V}$

$\frac{1}{S} \cdot 100 \text{ V} = 1000 \text{ V}$

$\frac{1}{S} \cdot 1000 \text{ V} = 10000 \text{ V}$

a/ Déterminez le gain en boucle ouverte, les pôles et le produit gain-bande des amplificateurs opérationnels. Quel est le gain minimal de boucle fermée que l'on peut réaliser avec de tels amplificateurs opérationnels ? Est-ce cohérent avec les gains réalisés par le circuit de la figure 1 ?

b/ Pour chaque étage, donnez le schéma du bloc F et déterminez ses paramètres. Quel étage présente la configuration la plus défavorable pour la stabilité ?

c/ A l'aide de la méthode exposée en cours, déterminez la marge de phase pour l'étage du circuit présentant la configuration la plus défavorable (les formules utilisées seront explicitées en reportant  $|1/F|$  sur le graphe figure 6). Concluez sur la stabilité de l'ensemble.

Nom :

Prénom :

avec  $n = 49$

source	Expression littérale du bruit en Vout	Application numérique
$4kTnR_2$	$4kTnR_2 \left(\frac{R_2}{nR_2}\right)^2 \left(nR_3/R_3\right)^2 = 4kTnR_2$	$78,4 \cdot 10^{-17} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$4kTR_2$	$4kTR_2 \left(\frac{nR_3}{R_3}\right)^2 = 4kTn^2R_2$	$3841,6 \cdot 10^{-17} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$e_n^2 A_1$	$e_n^2 \left(1 + \frac{1}{n}\right)^2 \left(\frac{nR_3}{R_3}\right)^2 = e_n^2 (n+1)^2$	$10^{-4} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$i_n^2 \oplus$	0	0
$i_n^2 \ominus$	$i_n^2 R_2^2 \left(\frac{nR_3}{R_3}\right)^2 = i_n^2 R_2^2 n^2$	$9604 \cdot 10^{-20} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$4kTR_3$	$4kTR_3 \left(\frac{nR_3}{R_3}\right)^2 = 4kTR_3 n^2$	$3841,6 \cdot 10^{-17} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$4kTnR_3$	$4kTnR_3$	$78,4 \cdot 10^{-17} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$e_n^2$	$e_n^2 \left(1 + \frac{nR_3}{R_3}\right)^2 = e_n^2 (1+n)^2$	$10^{-4} \text{ V}^2/\text{Hz}$
$i_n^2 \oplus^2$	0	0
$i_n^2 \ominus^2$	$i_n^2 (nR_3)^2$	$9604 \cdot 10^{-20} \text{ V}^2/\text{Hz}$

$$e_n^2 = 4 \cdot 10^{-18} \text{ V}^2/\text{Hz}$$

$$i_n^2 = 0,04 \cdot 10^{-24} \text{ A}^2/\text{Hz}$$

$$= 4 \cdot 10^{-26} \text{ A}^2/\text{Hz}$$

$$\text{TOTAL} = 9859,2 \cdot 10^{-17} \text{ V}^2/\text{Hz}$$

3)

$$A_0 = 80 \text{ dB} \rightarrow 10^4$$

$$p_1 = 2 \text{ kHz} \quad (@ -45^\circ)$$

$$p_2 = 40 \text{ MHz} \quad (@ -135^\circ)$$

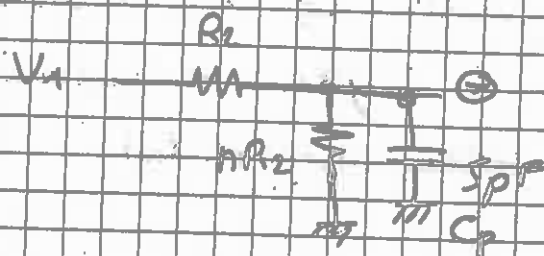
$$\text{GBW} = A_0 p_1 = 20 \text{ MHz}$$

$$p_2 = 2 A_0 p_1 \rightarrow \text{Stable pour } F=1 \text{ donc}$$

gain minimal. réalisable :  $G=1$

c'est choquant car le gain du 1<sup>er</sup> étage est  $\approx 1$

étage A1

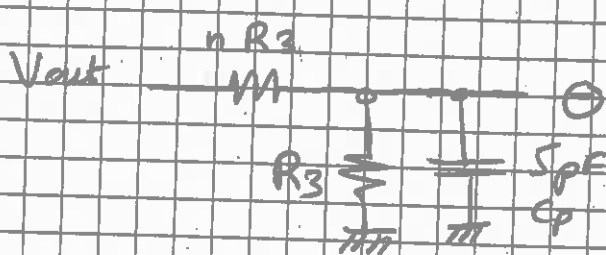


$$G_{F1} = \frac{n R_2}{R_1 + n R_2} = \frac{n}{1+n} \approx 1$$

avec  $n = 49$

$$P_{F1} = \frac{1}{2n C_p (R_1 \parallel R_2)} \approx 32,5 \text{ MHz}$$

étage A2



$$G_{F2} = \frac{R_3}{(n+1) R_3} = \frac{1}{50}$$

$$P_{F2} = \frac{1}{2n C_p (R_3 \parallel n R_3)} \approx 32,5 \text{ MHz}$$

$n = 49$

Car le + défavorable pour la stabilité :  $G_{F \text{ max}}$   
donc étage N°1

# Caractéristiques en boucle ouverte

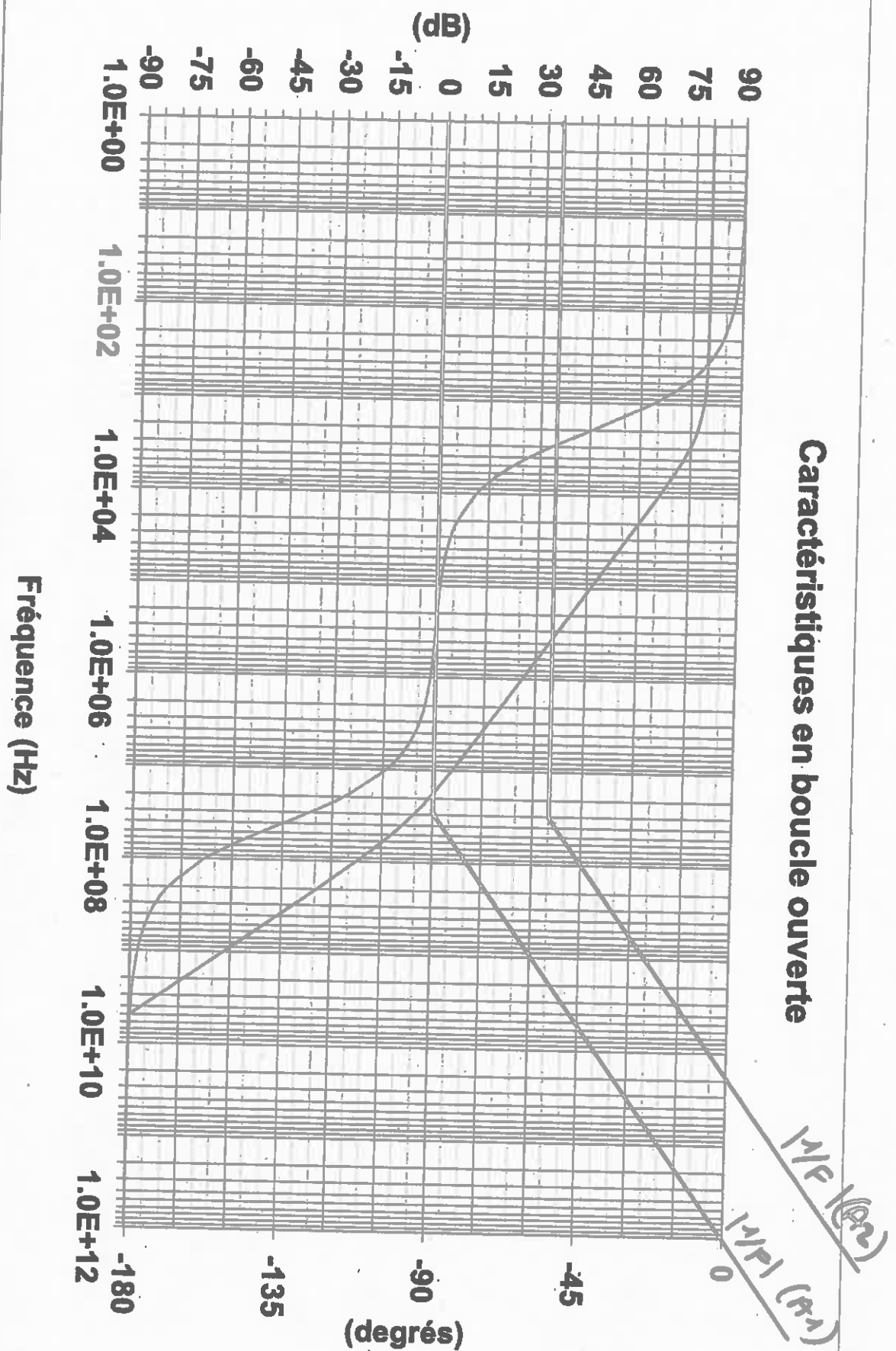


Figure 6

c)

$$\left. \begin{array}{l} P_{F_1} > \text{GBW} \\ G_{F_1} \approx 1 \end{array} \right\} f_i = \text{GBW}$$

$$\varphi_A = -90^\circ - \arctan \frac{f_i}{P_1} = -116,5^\circ$$

$$\varphi_F = -\arctan \frac{f_i}{P_{F_1}} = -31,6^\circ$$

$$\varphi_r = -148,1^\circ \rightarrow \varphi_{rs} = 32^\circ$$

la marge de phase est trop faible  $\Rightarrow$  la stabilité n'est pas suffisante pour que l'angle soit utilisable  
m. si on n'est pas en condition d'oscillation