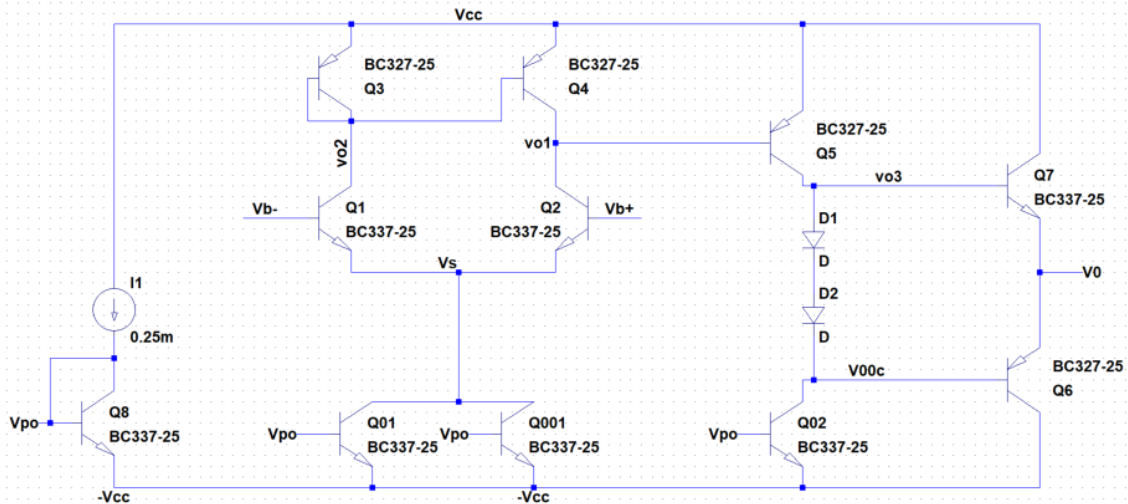


TP_SIM_test « AmpliOp en Biplaire »

Données Techno: $\pm V_{cc} = \pm 5\text{ V}$,
Tension d'Early $V_a(\text{NPN}) \approx 140\text{ V}$; $V_a(\text{PNP}) \approx 30\text{ V}$
Gain en courant : $\beta(\text{NPN}) = \beta(\text{PNP}) \approx 300$



Avant de commencer l'analyse, il faut polariser correctement votre AmpliOp. On sait que la tension DC à la sortie doit être mise à 0 pour que push-pull fonctionne correctement. On sait aussi que c'est le circuit de contre-réaction qui fixe cette tension. On doit donc ajouter une contre-recton à l'AmpliOp (par exemple à l'aide d'une inductance et une capa infinies ex : $1e^3$) et mettre une valeur DC de l'entrée non-inverseuse à 0V. Voir TP_SIM6 (AO-MOSET) et TP_SIM2 du premier semestre (AO-741).

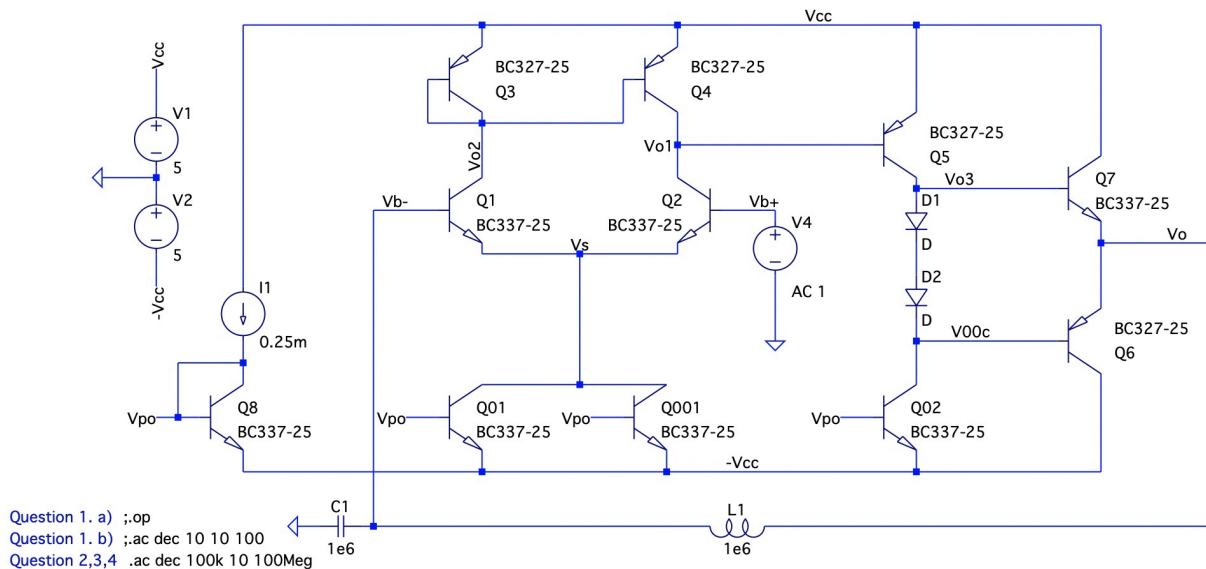
1. Réaliser le circuit sur LTSPICE. Prédire théoriquement et vérifier par simulation les caractéristiques suivantes :

- a. Les tensions et les courants de polarisation dans toutes les branches (sauf le push-pull).
- b. Les gains (boucle ouverte et basse fréquence Ex : 10Hz) suivants:

$$\frac{v_{o1}}{v_{id}}; \frac{v_{o2}}{v_{id}}; \frac{v_{o3}}{v_{o1}}; \frac{v_o}{v_{o3}}; \frac{v_o}{v_{id}} \quad \text{avec } V_{id} = V_{b+} - V_{b-}$$

2. Déterminer par simulation le pole dominat f_{b0} (c.à.d pôle base fréquence). En déduire le GBW.
3. En analysant la réponse en phase, déterminer approximativement jusqu'à quelle fréquence l'AmpliOp se comporte-il comme un filtre d'ordre 1?
4. Déterminer par simulation le pole non-dominat f_{b1} (c.à.d pôle qui vient jute après f_{b0}).
5. Utiliser cet Ampli-Op pour réaliser un ampli non-inverseur d'un gain de 60 dB. Prédire théoriquement et vérifier par simulation ses caractéristiques A1 (Gain boucle fermée), f_{b1} (pôle base fréquence). Commenter.
6. Utiliser cet Ampli-Op pour réaliser un ampli non-inverseur d'un gain de 40 dB. Prédire théoriquement et vérifier par simulation ses caractéristiques A2 (Gain boucle fermée), f_{b2} (pôle base fréquence). Commenter.

Circuit pour 1-4:



a) partie théorique:

Transistor	V_B	V_E	V_C	$I_E \approx I_C$	I_B
Q_1 (NPN)	V_{b-}	V_S	V_{02}	I_1	≈ 0
Q_2 (NPN)	V_{b+}	V_S	V_{01}	I_1	≈ 0
Q_3 (PNP)	V_{02}	V_{CC}	V_{02}	I_1	≈ 0
Q_4 (PNP)	V_{02}	V_{CC}	V_{01}	I_1	≈ 0
Q_5 (PNP)	V_{01}	V_{CC}	V_{03}	I_1	≈ 0
Q_8 (NPN)	V_{p0}	$-V_{CC}$	V_{p0}	I_1	≈ 0
Q_{01} (NPN)	V_{p0}	$-V_{CC}$	V_S	I_1	≈ 0
Q_{001} (NPN)	V_{p0}	$-V_{CC}$	V_S	I_1	≈ 0
Q_{02} (NPN)	V_{p0}	$-V_{CC}$	V_{00c}	I_1	≈ 0

$$avec : V_{b-} = V_{b+} = 0 \text{ [V]}$$

$$V_S = V_{b-} - V_{be} = V_{b+} - V_{be} = -V_{be} \approx -0.6 \text{ [V]}$$

$$V_{02} = V_{01} = V_{CC} - V_{be} \approx 4.4 \text{ [V]}$$

$$V_{p0} = -V_{CC} + V_{be} \approx -4.4 \text{ [V]}$$

$$V_{03} = V_0 + V_{be} = V_{be} \approx 0.6 \text{ [V]}$$

$$V_{00c} = V_0 - V_{be} = -0.6 \text{ [V]}$$

$$I_1 = 0.25 \text{ [mA]}$$

$$g_m = \frac{I_{C0}}{V_T} \approx 9.6 \text{ [mA/V]} \quad g_{be} = \frac{g_m}{\beta} \approx 32.1 \text{ [mA/V]}$$

$$g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A} \approx 1.8 \text{ [mA/V]} \quad g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A} = 8.3 \text{ [mA/V]} \quad (\text{sauf } G_2)$$

--- Operating Point ---

--- Bipolar Transistors ---					
Name:	q1	q2	q7	q02	q001
Model:	bc337-25	bc337-25	bc337-25	bc337-25	bc337-25
Ib:	9.09e-07	9.06e-07	8.31e-06	9.14e-07	9.14e-07
Ic:	2.53e-04	2.52e-04	2.35e-03	2.53e-04	2.53e-04
Vbe:	5.73e-01	5.72e-01	6.30e-01	5.73e-01	5.73e-01
Vce:	-4.45e+00	-4.45e+00	-4.37e+00	-3.82e+00	-3.85e+00
BetaDC:	5.02e+00	5.02e+00	5.00e+00	4.39e+00	4.43e+00
Gm:	2.78e+02	2.78e+02	2.83e+02	2.77e+02	2.77e+02
Rpi:	9.93e-03	9.89e-03	9.22e-02	9.94e-03	9.94e-03
Rx:	2.83e+04	2.84e+04	3.08e+03	2.82e+04	2.82e+04
Ro:	5.94e+01	5.94e+01	5.58e+01	5.94e+01	5.94e+01
Cbe:	5.78e+05	5.80e+05	6.19e+04	5.75e+05	5.75e+05
Cbc:	7.07e-11	7.06e-11	1.20e-10	7.07e-11	0.00e+00
Cbo:	2.27e-12	2.27e-12	2.28e-12	2.39e-12	0.00e+00
Cjs:	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00	0.00e+00
BetaAC:	2.81e+02	2.81e+02	2.84e+02	2.80e+02	2.80e+02
Cbx:	2.72e-12	2.71e-12	2.73e-12	2.86e-12	0.00e+00
Ft:	2.09e+07	2.08e+07	1.18e+08	2.08e+07	0.00e+00

--- Diodes ---					
Name:	q6	d1	d2		
Model:	bc327-25	d	d		
Ib:	-6.16e-06	2.47e-04	2.47e-04		
Ic:	-2.35e-03	6.19e-01	6.19e-01		
Vbe:	-6.08e-01	1.05e+02	1.05e+02		
Vce:	4.39e+00	0.00e+00	0.00e+00		
BetaDC:	-5.00e+00				
Gm:	3.82e+02				
Rpi:	9.11e-02				
Rx:	4.26e+03				
Ro:	6.30e-01				
Cbe:	1.45e+04				
Cbc:	0.00e+00				
Cjs:	0.00e+00				
BetaAC:	3.88e+02				
Cbx:	0.00e+00				
Ft:	0.00e+00				

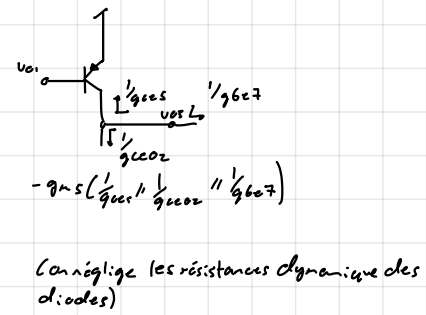
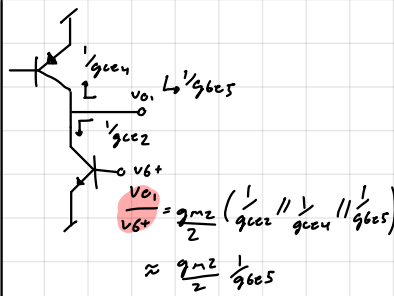
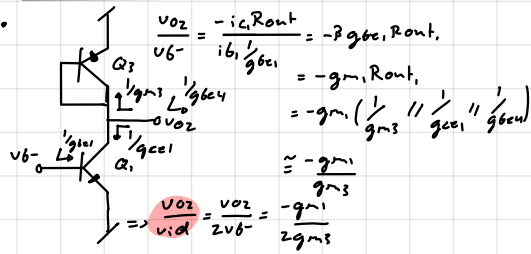
Pour les paramètres petits signaux:

$$\frac{1}{g_{be}} = R_p$$

$$\frac{1}{g_{ce}} = R_o$$

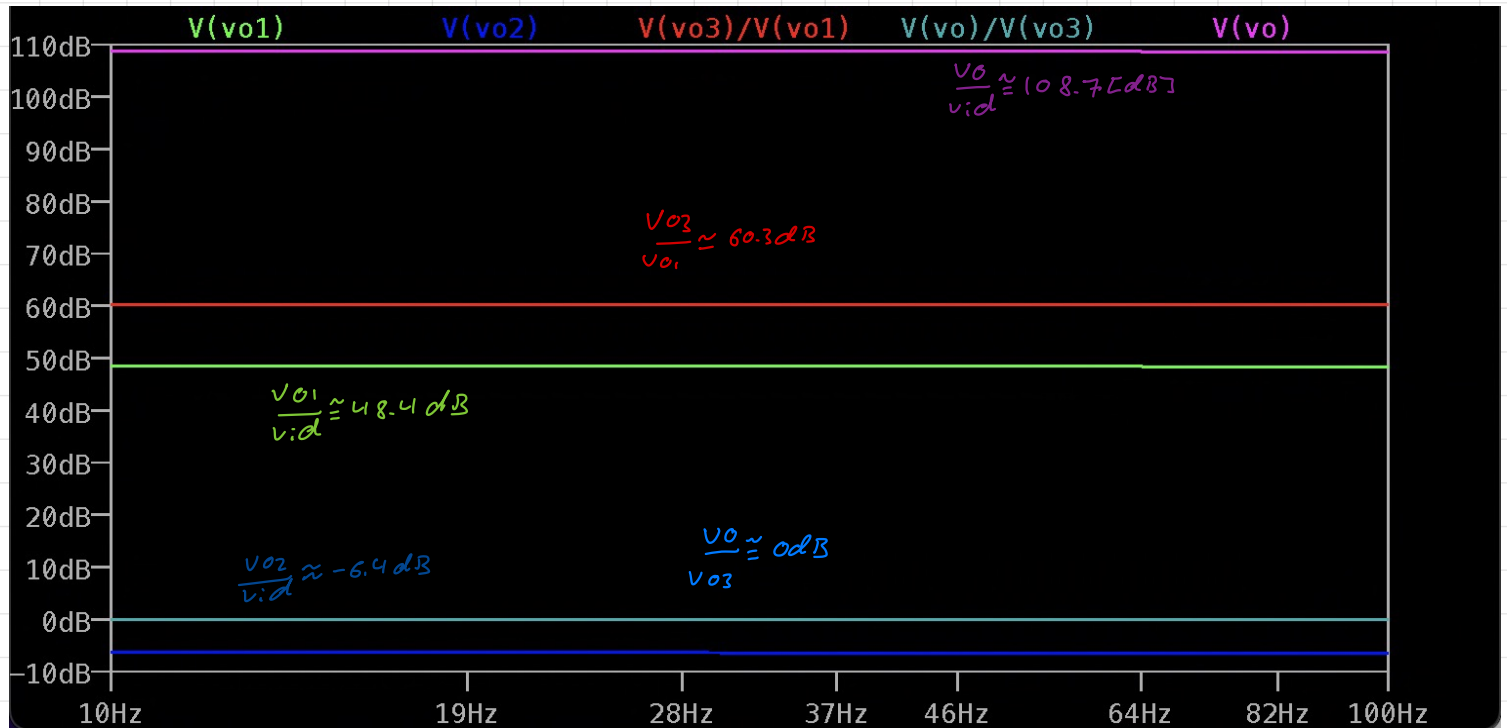
6) partie théorique

méthode des circuits équivalents

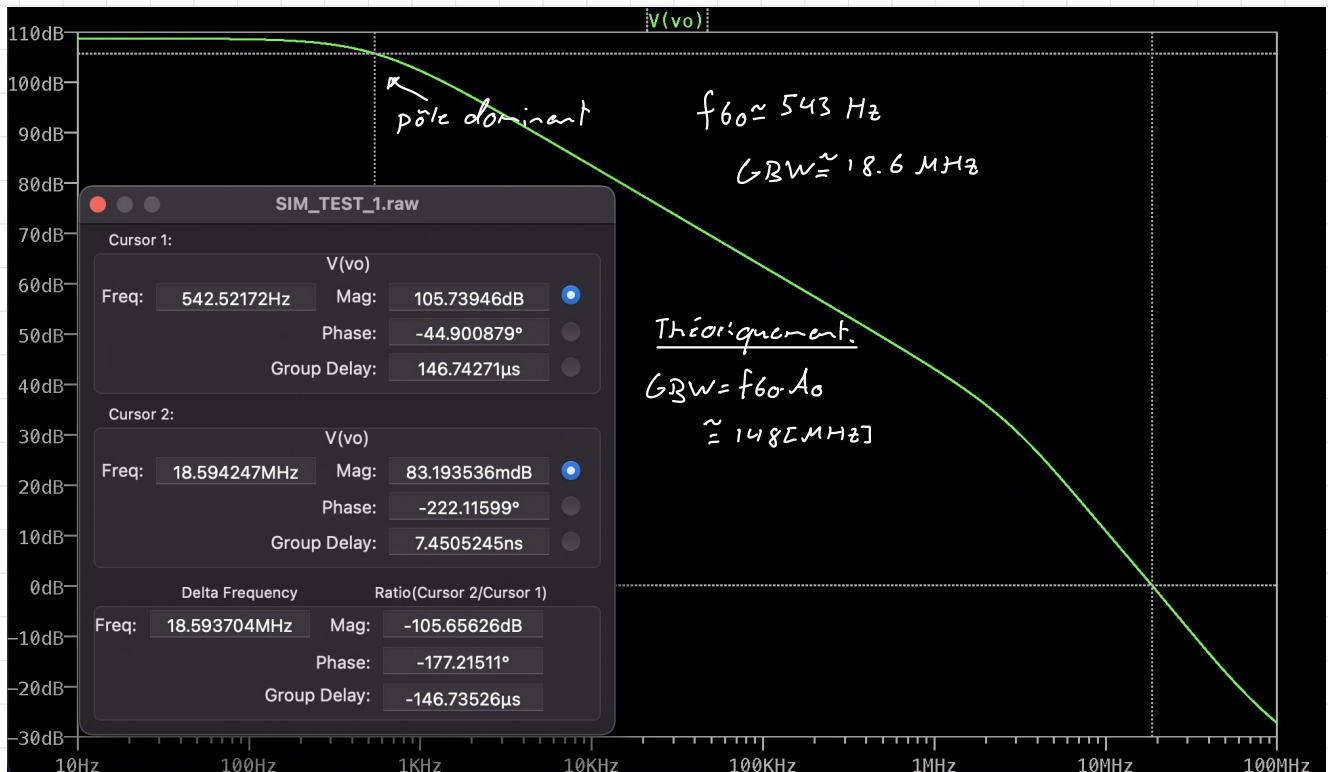


$\frac{v_{o1}}{v_{i1}}$	$\frac{v_{o2}}{v_{i2}}$	$\frac{v_{o3}}{v_{o1}}$	$\frac{v_o}{v_{o3}}$	$\frac{v_o}{v_{i1}}$
$\frac{g_{m2}}{2 g_{m5}}$	$-\frac{g_{m1}}{2 g_{m3}}$	$-g_{m5} \left(\frac{1}{g_{m6}} \parallel \frac{1}{g_{m7}} \parallel \frac{1}{g_{m8}} \right)$	≈ 1	$\frac{v_{o1}}{v_{i1}} \cdot \frac{v_{o2}}{v_{o1}} \cdot \frac{v_o}{v_{o2}}$
$\approx 43.5 \text{ dB}$	$\approx -6 \text{ dB}$	$\approx 60.5 \text{ dB}$	0 dB	104 dB

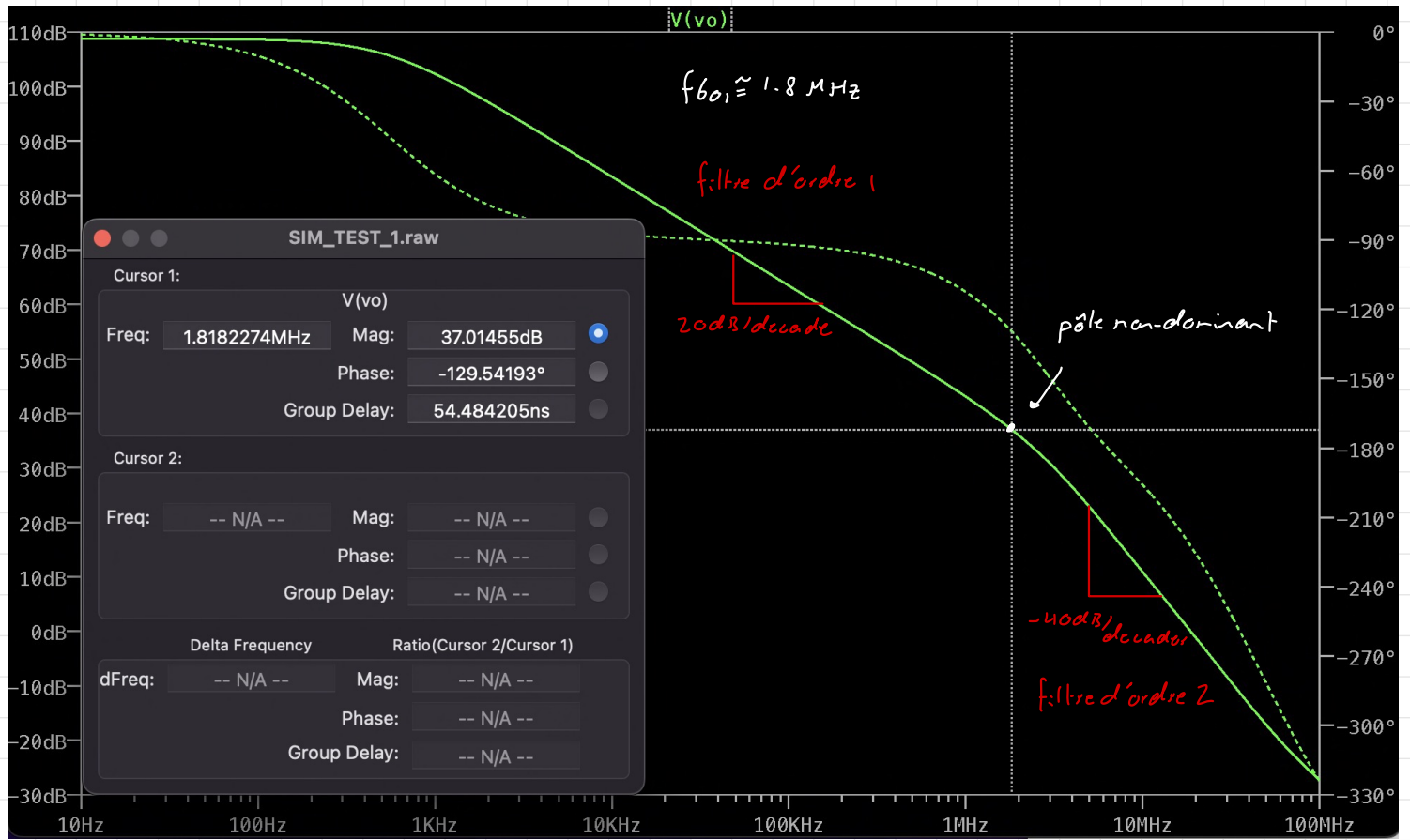
partie Simulation:



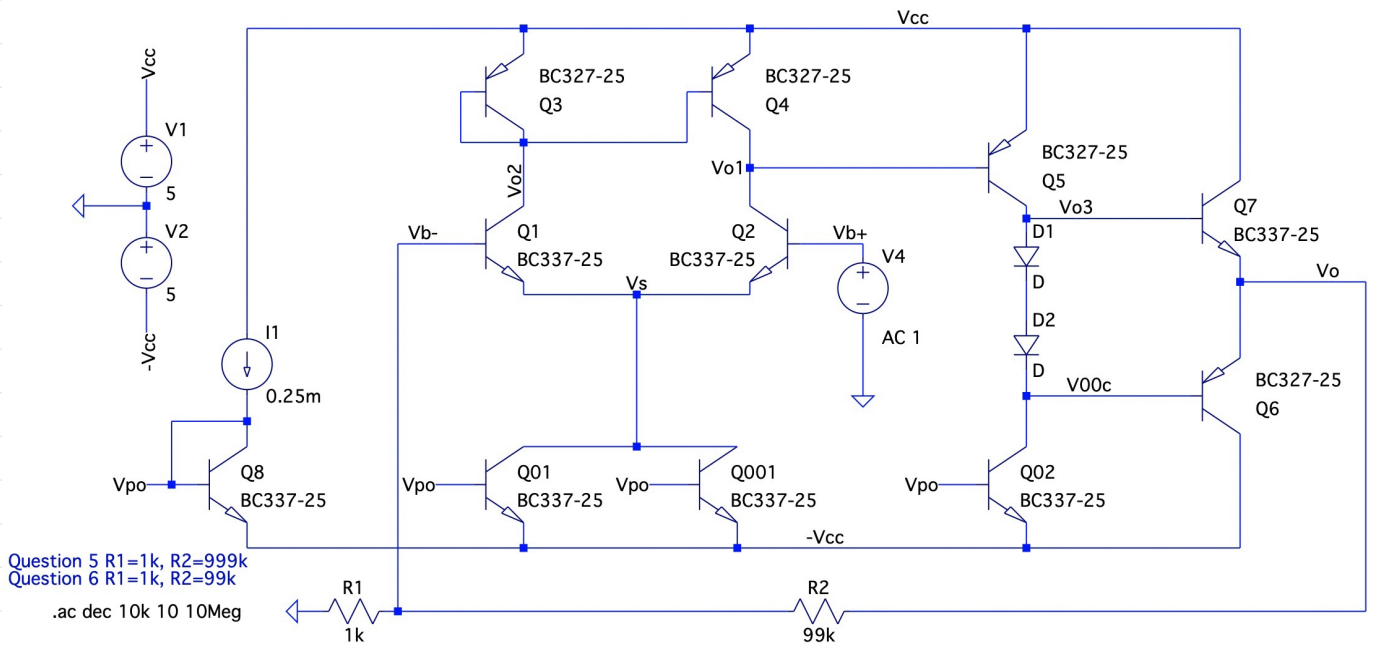
2



3+4



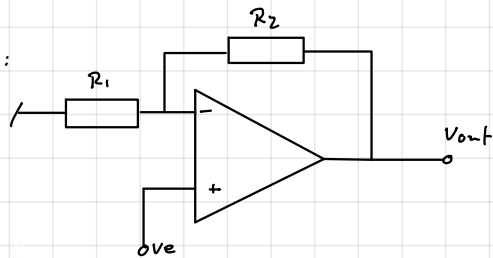
Circuit pour 5-6:



5+6 partie théorie: ampli. non-inverseurs:

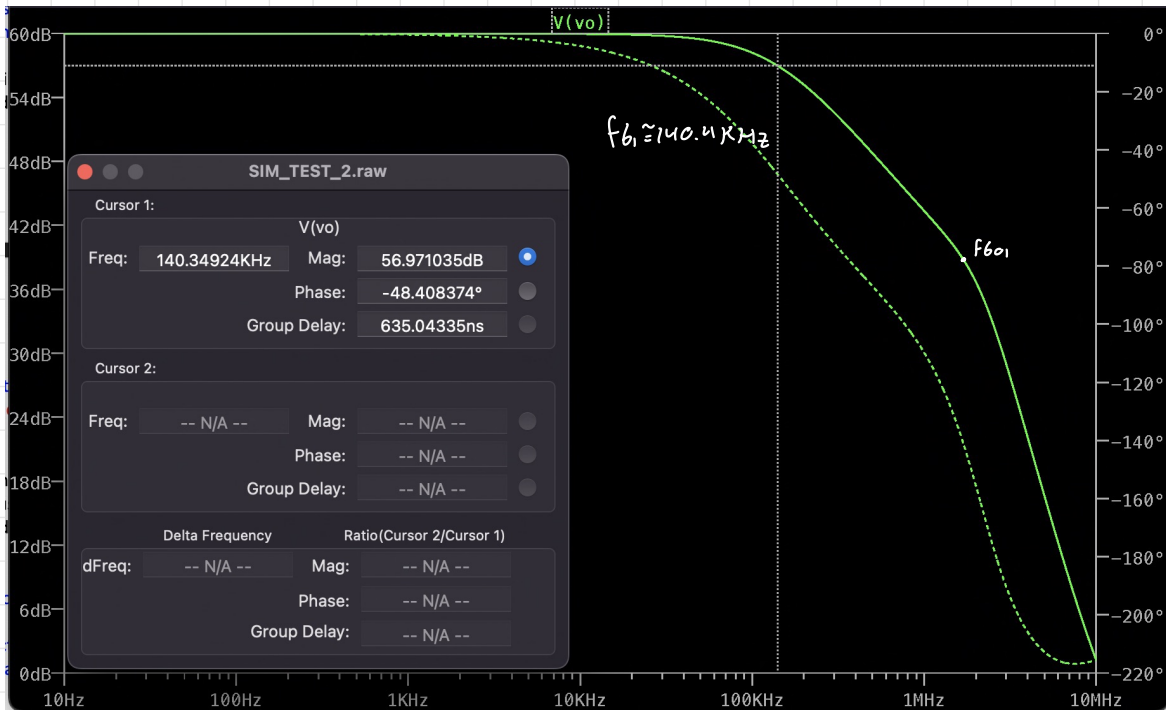
60dB: $R_2=999R_1, f_{b1} = \frac{G_{RW}}{A_{v2}} = 1.48 [kHz]$

40dB: $R_2=99R_1, f_{b2} = \frac{G_{RW}}{A_{v2}} = 1.48 [MHz]$

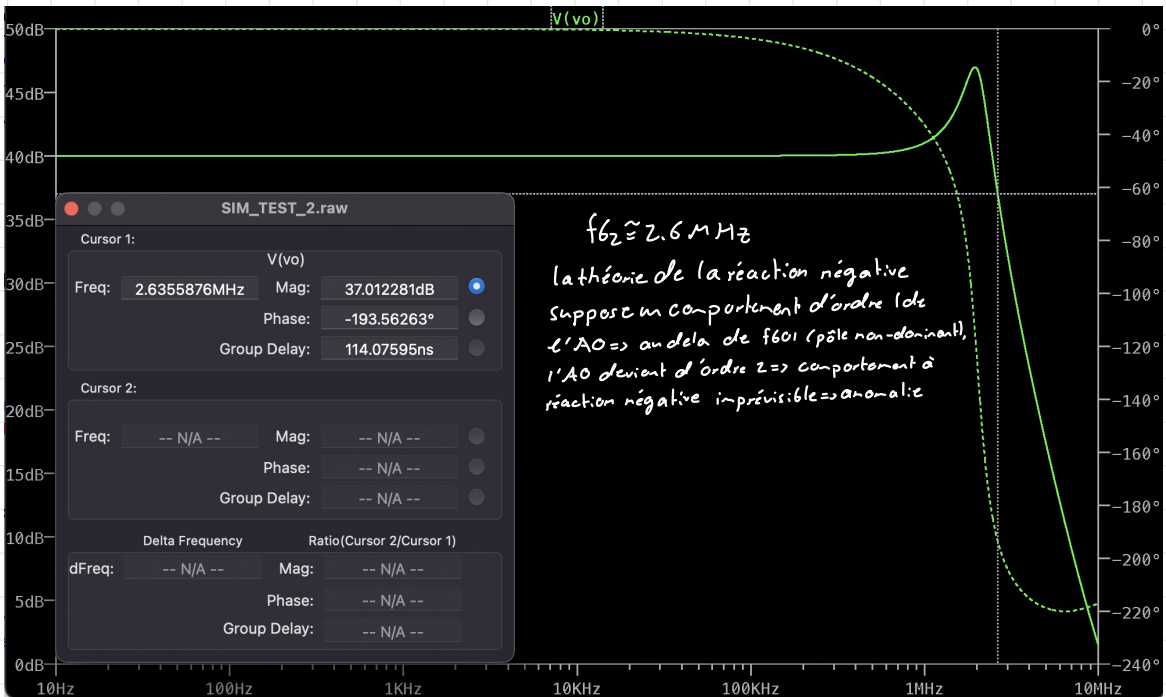


$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

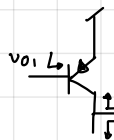
5



6



Exercice




$$\frac{v_{03}}{v_{01}} = \frac{-i_{03} R_{\text{tail}}}{i_{05} \frac{1}{g_{05}}} = -g_{m5} R_{\text{tail}}$$

$$= -g_{m5} \left(\frac{1}{g_{05}} \parallel \frac{1}{g_{02}} \right)$$

$$\frac{v_0}{v_{03}} \approx 1 \quad (\text{push-pull})$$

méthode demi-circuit équivalente



$$\frac{v_{02}}{v_{01}} = \frac{-i_{03} R_{\text{tail}}}{i_{05} \frac{1}{g_{05}}} = -g_{m5} R_{\text{tail}}$$

$$= -g_{m1} R_{\text{tail}}$$

$$= -g_{m1} \left(\frac{1}{g_{m3}} \parallel \frac{1}{g_{02}} \parallel \frac{1}{g_{04}} \right)$$

$$\approx -\frac{g_{m1}}{g_{m3}}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{02}}{v_{id}} = \frac{v_{02}}{2v_{01}} = \underline{\underline{-\frac{g_{m1}}{2g_{m3}}}}$$

$$\frac{v_{01}}{v_{02}} = \frac{i_{02} R_{\text{tail}}}{i_{02} \frac{1}{g_{02}}} = g_{m2} R_{\text{tail}}$$

$$= g_{m2} \left(\frac{1}{g_{m4}} + \frac{1}{g_{m3}} \parallel \frac{1}{g_{02}} \parallel \frac{1}{g_{05}} \right)$$

$$\approx g_{m2} \left(\frac{1}{g_{m4}} + \frac{1}{g_{m3}} \right)$$

(on néglige les résistances dynamique des diodes)

$\frac{v_{01}}{v_{id}}$	$\frac{v_{02}}{v_{id}}$	$\frac{v_{03}}{v_{01}}$	$\frac{v_0}{v_{03}}$	$\frac{v_0}{v_{id}}$
$\frac{g_{m2} \left(\frac{1}{g_{m4}} + \frac{1}{g_{m3}} \right)}{2}$	$-\frac{g_{m1}}{2g_{m3}}$	$-g_{m5} \left(\frac{1}{g_{05}} \parallel \frac{1}{g_{02}} \right)$	≈ 1	$\frac{v_{01}}{v_{id}} \cdot \frac{v_{02}}{v_{01}} \cdot \frac{v_0}{v_{02}}$
	$\approx -6 \text{ dB}$	$\approx 60.5 \text{ dB}$	0 dB	

