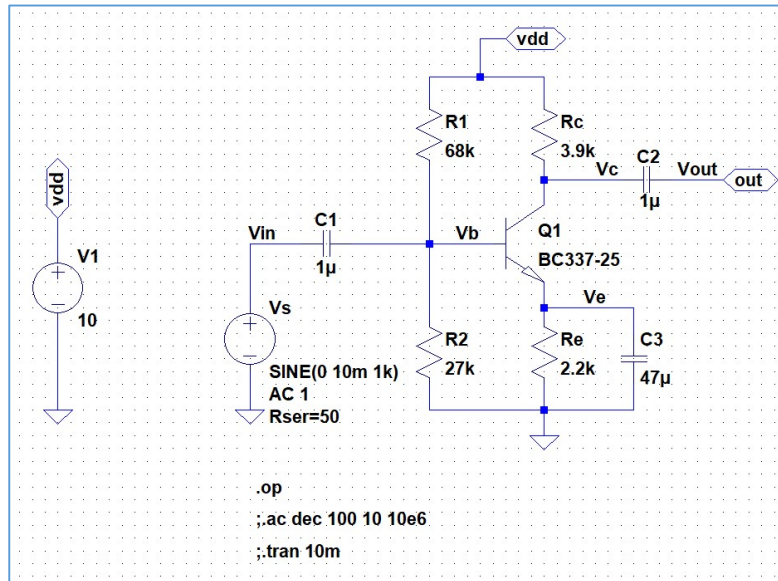


TP 3 – Montages de base à transistor bipolaire : Emetteur commun

Etude des caractéristiques des amplificateurs fondamentaux à un transistor bipolaire : Cas de l'émetteur commun.

I – Théorie



La polarisation de la base est donnée ici par V_{cc} et le pont résistif (R_1, R_2).

1. Calculer le point de fonctionnement (courant et tension au repos). En déduire les paramètres petits signaux (g_m , g_{be} , g_{ce}).
2. Calculer:
 - le gain en tension A_V de l'amplificateur sans charge externe ($R_L = \infty$);
 - la résistance d'entrée R_{in} de l'amplificateur;
 - la résistance de sortie R_{out} de l'amplificateur.

II- Simulation et Théorie

1. Réaliser le montage suivant sur LTSpice.
2. Déterminer le point de fonctionnement c.à.d les courants et tensions au repos « **DC Operating Point Analysis (.op)** ».

Les valeurs obtenues avec la simulation du point DC (point de repos) vous permettent de déterminer les valeurs du courant I_c et des différentes tensions sur toutes les broches du transistor. Les valeurs que vous obtenez devraient approcher celles figurant sur la capture d'écran ci-après.

```

D:\OneDrive - epfl.ch\TP Electronique I\TPSpice1\EmComDC.asc
--- Operating Point ---
V(vc):      6.17254      voltage
V(n002):    2.77428      voltage
V(ve):      2.1668       voltage
V(vdd):     10           voltage
V(n001):    1.38714e-016 voltage
V(vout):    6.17254e-006 voltage
Ic(Q1):     0.000981399 device_current
Ib(Q1):     3.5079e-006 device_current
Ie(Q1):     -0.000984909 device_current
I(C3):      1.0184e-016 device_current
I(C2):      -6.17254e-018 device_current
I(C1):      2.77428e-018 device_current
I(Rc):      0.000981399 device_current
I(Re):      0.000984909 device_current
I(R2):      0.000102751 device_current
I(R1):      0.000106261 device_current
I(Vs):      2.77428e-018 device_current
I(V1):      -0.00108766 device_current

```

- Validez le point de fonctionnement obtenu par calcul

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{b0} - U_j}{R_e} = \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{cc} - U_j \right) \frac{1}{R_e} = 0.97 \text{ mA}; V_{C0} = V_{cc} - R_C I_{C0} = 6.2 \text{ V}$$

3. Déterminer le paramètres petits signaux.

- Toujours avec la simulation « .op » ils sont donnés dans le fichier « *.log » accessible via le menu sous « View → Spice Error Log ».

```

SPICE Error Log: D:\OneDrive -
Circuit: * D:\OneDrive -
WARNING: Node VOUT is f
WARNING: Less than two
Vs: Missing value, assum
Direct Newton iteration
Semiconductor Device Op
Name:      q1
Model:     bc337-25
Ib:        3.51e-06
Ic:        9.81e-04
Vbe:       6.07e-01
Vbc:       -3.40e+00
Vce:       4.01e+00
BetaDC:    2.80e+02
Gm:        3.85e-02
Rpi:       7.31e+03
Rx:        5.80e+01
Ro:        1.47e+05
Cbe:       8.88e-11
Cbc:       2.49e-12
Cjs:       0.00e+00
BetaAC:    2.82e+02
Cbx:       2.98e-12
Ft:        6.50e+07

```

- Comparez ces valeurs avec la théorie et validez votre modèle.

Les valeurs qui nous intéressent particulièrement pour le transistor sont :

- La transconductance g_m

$$g_m = \frac{I_{C0}}{U_T} = 37 \text{ mS} \rightarrow \frac{1}{g_m} = 27 \Omega$$

- $1/g_{be}$ identifié ici par R_{pi}

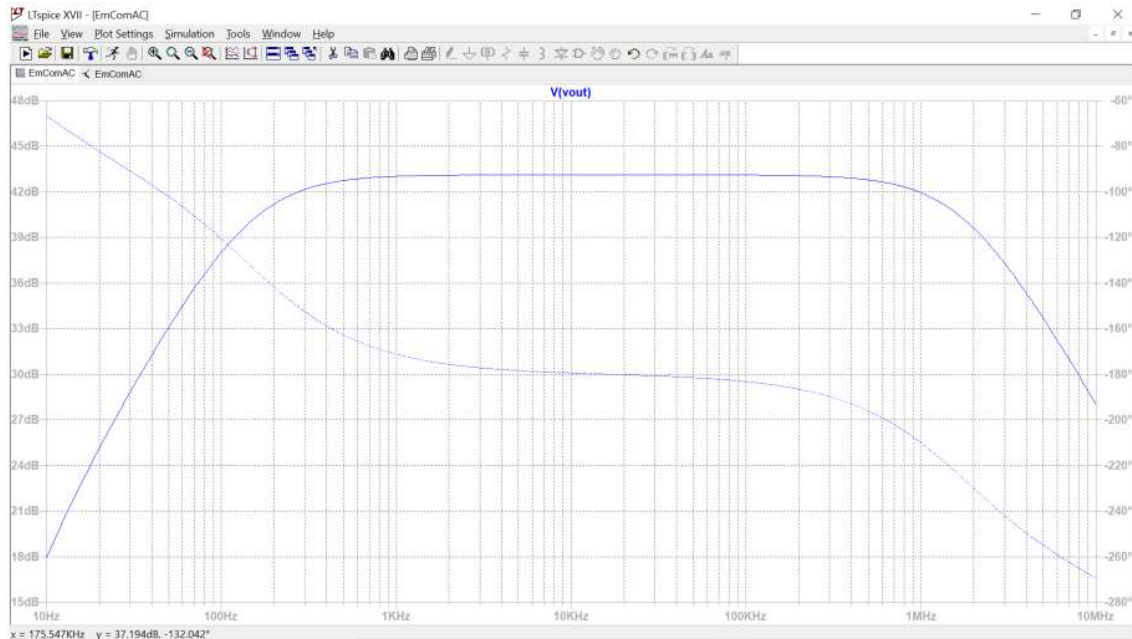
$$\frac{1}{g_{be}} = \frac{\beta}{g_m} = 7.5 \text{ k}\Omega$$

- $1/g_{ce}$ identifié par R_o

$$\frac{1}{g_{ce}} = \frac{V_A}{I_{C0}} = 144 \text{ k}\Omega$$

4. Déterminer le Gain et la bande passante avec et sans C_E . Conclure. « **ac analysis (.ac)** »

Avec C_E (ici C_3)



Gain : env 43dB

Bande passante de env 150Hz à 1.7MHz (les deux points à -3dB par rapport au plateau de 43dB).

- Comparez ces valeurs avec la théorie et validez votre modèle.

Calcul Théorique avec $\beta = 280$ et $g_m = 37 \text{ mS}$

Gain Avec C_E (ici C_3): $A_{v0} = \frac{-g_m v_{be} R_c}{v_{be}} \approx -g_m R_c = -144 \equiv 43 \text{ dB}$

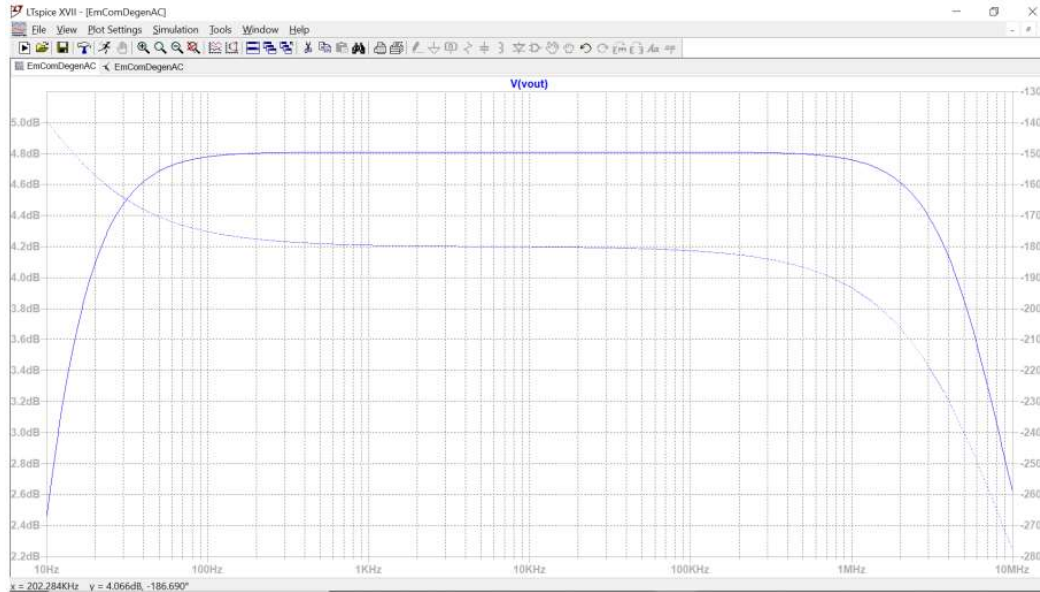
Bande passante avec C_E (ici C_3):

$$F_{C1} = \frac{1}{2\pi C_1 \left[\left(R_1 // R_2 // \left(\frac{1}{g_{be}} \right) \right) + R_s \right]} = 29.4 \text{ Hz} ;$$

$$F_{C3} \approx \frac{1}{2\pi C_3 \left[R_E // \left(\frac{1}{g_m} + \frac{R_1 // R_2 // R_s}{\beta} \right) \right]} \approx \frac{1}{2\pi C_3 \left[\frac{1}{g_m} \right]} = 125 \text{ Hz} ; \quad \rightarrow \text{La fréquence de coupure Basse } F_L = F_{C3} = 125 \text{ Hz}$$

$F_{C2} \rightarrow 0$ (car sans R_L équivaut à $R_L \rightarrow \infty$)

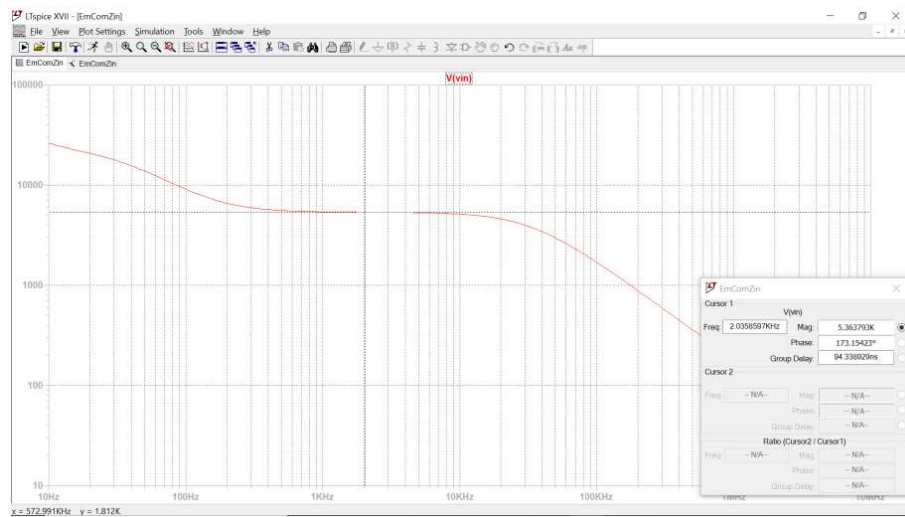
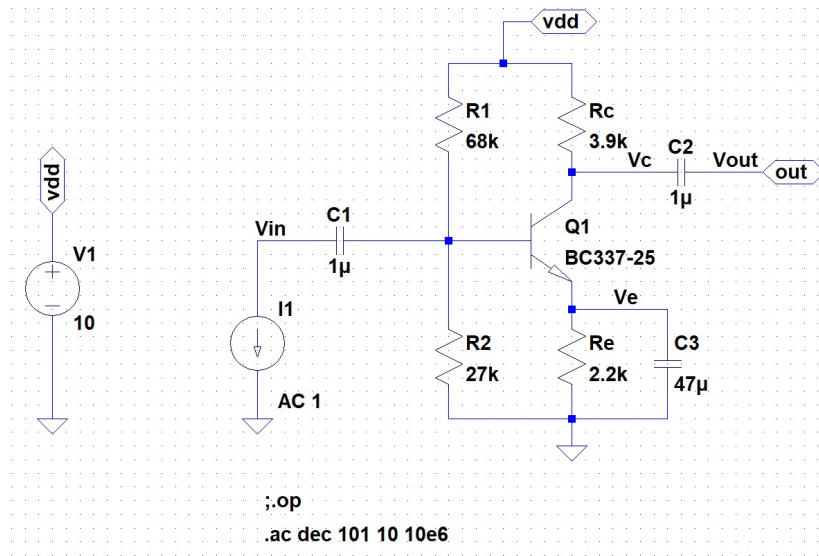
Pour la fréquence de coupure Haute F_H : sa détermination théorique est plus complexe, notamment du fait de la présence de nombreux éléments parasites dans un transistor réel et dont l'effet se fait sentir à haute fréquence. Il faut citer par exemple les éléments extrinsèques qui modélisent le boîtier les broches et les contacts et qui ici doublent les valeurs des résistances et capacités sur la base. On n'oubliera pas la variation de Beta également influencé par la fréquence. Tous ces paramètres sont largement dépendants du type de transistor (mise en boîtier etc.). On se gardera donc de prévisions trop optimistes faites sur la base des calculs pour s'en remettre, pour des résultats plus précis, à une simulation basée sur un modèle beaucoup plus complet.

Sans C_E (ici C_3) L'ampli devient un émetteur dégénéré :**Gain sans C_E (ici C_3):**

$$A_{v0} = \left. \frac{v_2}{v_1} \right|_{R_L \rightarrow \infty} = \frac{-i_c R_c}{i_b \left(\frac{1}{g_{be}} + \beta R_E \right)} = - \frac{\beta g_{be}}{(1 + \beta g_{be} R_E)} R_c = - \frac{g_m}{(1 + g_m R_E)} R_c \approx - \frac{R_c}{R_E} = -1.77 \equiv 4.9dB$$

- Augmenter l'amplitude du signal d'entrée et observer le signal de sortie. Conclusions sur la dynamique et la linéarité de l'amplificateur « **Transient analysis (.tran)** ».

6. Déterminer l'impédance d'entrée du circuit dans sa bande passante. (Utiliser le montage ci-dessous ou Z_{in} est donnée directement par v_{in} , I_1 étant ac1).

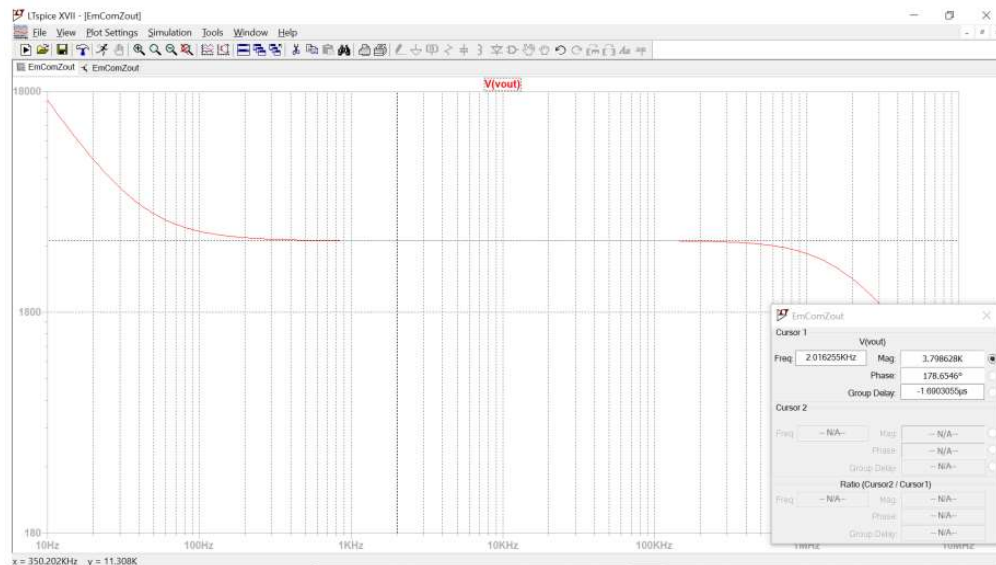
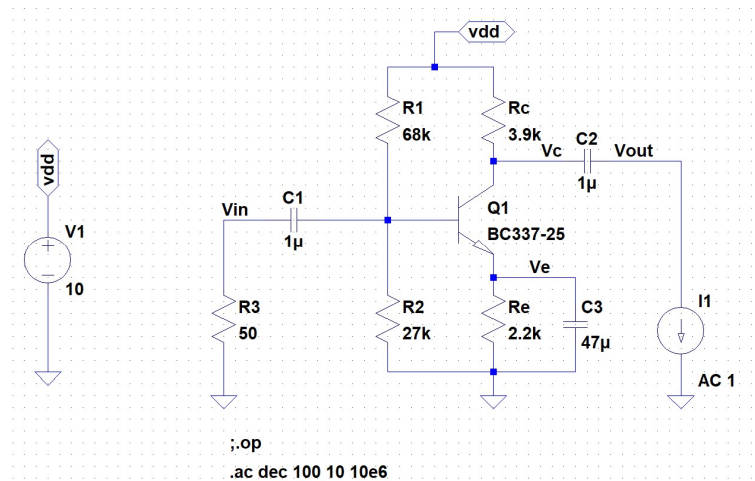


Impédance d'entrée 5.3k à 2kHz

- Comparez cette valeur avec la théorie et validez votre modèle.

$$R_{in} \approx R_1 // R_2 // \left(\frac{1}{g_{be}} \right) \approx 5.4 \text{ k}\Omega$$

7. Déterminer l'impédance de sortie du circuit dans sa bande passante. (Utiliser le montage ci-dessous ou Z_{out} est donnée directement par v_{out} , I_1 étant ac1). Comparer avec la théorie.



Impédance de sortie 3.8k à 2kHz

- Comparez cette valeur avec la théorie et validez votre modèle.

$$R_{out} \approx R_c = 3.9 \text{ k}\Omega$$