

---

## 6GEI620 - Électronique II

### Examen Partiel #1

Hiver 2008

---

#### **Modalité:**

- Aucune documentation n'est permise.
  - Vous avez droit à une calculatrice non programmable.
  - La durée de l'examen est de 3h
  - Cet examen compte pour 20% de la note finale.
- 

#### **Question 1.** Questions théoriques. (13 points)

- a) Pourquoi dit-on que l'émetteur commun ne devrait être utilisé que pour des charges résistives élevées ? Autrement dit : qu'arrivera-t-il si on mettait une charge résistive faible ? (1 point)

*On se rappelle (ou ça se trouve en 2 minutes) que le gain d'un émetteur commun c'est  $gm(R_C || R_L)$ . Avec un faible  $R_L$ , la combinaison  $RC || RL$  devient faible puisqu'une résistance faible « remporte » une combinaison parallèle. Le résultat sera que le gain chute.*

- b) A quoi sert la résistance à l'émetteur d'un émetteur-commun ? (1 point)

*Sert à stabiliser le  $V_{BE}$  à 0.7 et nous aide à rester en région active (ne pas passer en saturation aussi facilement)*

- c) Pourquoi voudrait-on « court-circuiter » cette résistance en régime AC ? (1 point)

*Il est possible de démontrer, qu'en présence de la résistance, que  $v_e$  tend à augmenter avec une augmentation de  $v_b$  et tend à baisser avec une baisse de  $v_b$ . Or, on sait que le transistor amplifie la tension  $v_{be}$ . Si  $v_b$  et  $v_e$  changent dans la même direction,  $v_{be}$  ne sera pas gros et donc, le signal de sortie ne sera pas gros. Nous avons besoin de « stabiliser »  $v_e$  et faire en sorte qu'il arrête de suivre  $v_b$ . Pour accomplir ça, on ajoute un condensateur qui va garder  $v_e$  « constant » en présence de  $v_b$ .*

- d) Pourquoi a-t-on besoin des condensateurs en entrée et en sortie ? Que peut-il arriver si on n'en avait pas ? (1 point)

*Pour bloquer le niveau DC. Le principe c'est que le niveau DC du signal à amplifier et le niveau DC de la polarisation désirée ne sont pas nécessairement les mêmes. Les condensateurs nous laissent transmettre le signal sans transmettre le DC.*

- e) Pensez à un amplificateur opérationnel avec un gain infini. Dans quels cas peut-on dire que les entrées  $V_+$  et  $V_-$  sont égales ? (à part le cas où l'on APPLIQUE une tension égale) (1 point)

*Quand il est en rétroaction négative.*

- f) Je conçois un système de haute vitesse où les impédances doivent être faibles et bien « matche » à  $50\Omega$  pour prévenir la réflexion de signaux. Quel genre d'amplificateur devrais-je utiliser pour RECEVOIR ce type de signal ? Pourquoi ? (1 point)

*Pour recevoir ce signal, il faudrait que l'impédance en entrée soit de  $50\Omega$ . La configuration qu'on connaît qui a une faible résistance en entrée, c'est la base commune.*

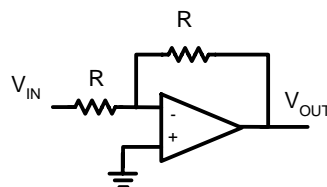
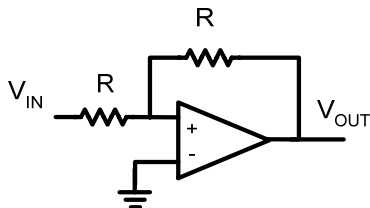
- g) Quelle configuration a un gain qui ne varie pas beaucoup avec la valeur de la charge à la sortie ? (1 point)

*Le collecteur commun va avoir un gain de 1 de façon presque indépendante de la charge.*

- h) Dans quelle région d'opération veut-on opérer pour utiliser un transistor bipolaire comme amplificateur ? Qu'arriverait-il si on ne se trouvait pas dans cette région mais qu'on n'était pas en cut-off non plus ? (1 point)

*Il faut se retrouver en région active parce que c'est là où le  $\beta$  est à son maximum. Si on tombe en saturation, le  $\beta$  effectif (force) sera diminué.*

- i) La grosse différence dans les circuits, c'est que les entrées ont été inversées. Expliquez brièvement comment se comportera chacun de ces circuits. Mettez en évidence les différences, s'il y en a. (2 points)



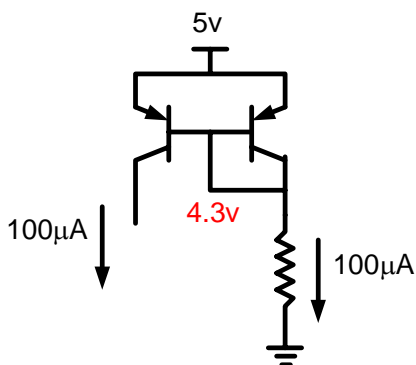
*Le circuit de droite c'est ce a quoi on est habitue. Voyant que les 2 resistances sont les memes, on peut trouver que le gain sera de -1. Ca c'est a cause de la retroaction negative qui tend a egaliser les 2 entrees.*

*Le circuit de gauche a une retroaction POSITIVE. C'est a dire qu'on met une tension de plus de 0v et la sortie tendra a augmenter. Cette tension elevee retourne a la borne positive et fait monter cette tension. Une augmentation de V+ fait augmenter la sortie ENCORE PLUS et ca continue jusqu'a ce que la sortie sature.*

- j) Dans la conception d'un amplificateur, le commence toujours par l'analyse DC. J'ai besoin de trouver  $I_C$  pour calculer les paramètres petit signaux. Pourquoi est-ce que j'ai besoin de  $V_C$  ? EST-CE QUE j'ai besoin de  $V_C$  ? (1 point)

*On a besoin de VC pour determiner la region de fonctionnement.  
« Est-ce que le transistor est en region active ou pas ? »*

- k) Concevez un miroir de courant pour remplacer  $R_C$  dans un émetteur commun. Utilisez une alimentation de 5v, une résistance et 2 PNP pour concevoir un miroir qui donne  $100\mu A$ . Quelle est la valeur de la résistance requise ? (2 points)



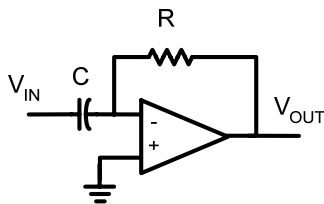
$$4.3v = R \cdot 100\mu A$$

$$\frac{4.3v}{100\mu A} = R = 43K$$

**Question 2.** Amplificateur opérationnel (7 points)

Pour la question 2, tous les amplificateurs sont alimentés avec +5v et -5v et ont un gain infini.

- a) Quelle est la fonction de transfert de ce circuit? (2 points)

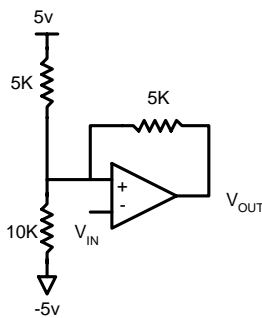


$$\frac{V_{IN}}{\left(\frac{1}{sC}\right)} = \frac{0 - V_{OUT}}{R}$$

$$-\frac{R}{\left(\frac{1}{sC}\right)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

$$-sCR = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

Considérez maintenant le circuit suivant



b) Donnez l'équation pour trouver la valeur de  $V_+$ . (3 points)

$$\frac{5 - v_+}{5K} + \frac{v_{out} - v_+}{5K} = \frac{v_+ - (-5)}{10K}$$

$$\frac{5}{5K} - \frac{v_+}{5K} + \frac{v_{out}}{5K} - \frac{v_+}{5K} = \frac{v_+}{10K} + \frac{5}{10K}$$

$$\frac{5}{5K} - \frac{5}{10K} + \frac{v_{out}}{5K} = \frac{v_+}{10K} + \frac{v_+}{5K} + \frac{v_+}{5K}$$

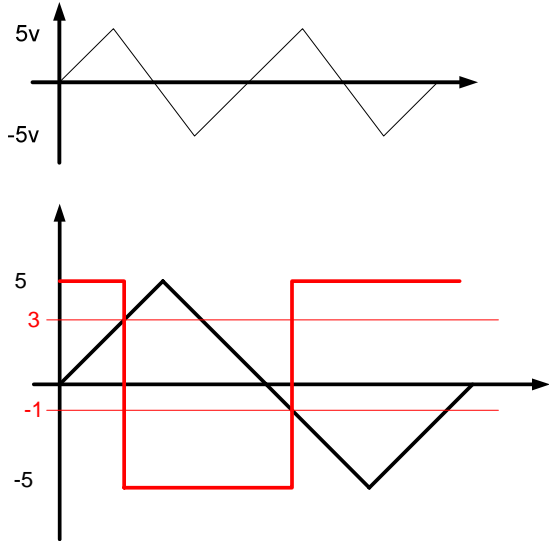
$$\frac{10}{10K} - \frac{5}{10K} + \frac{2v_{out}}{10K} = \frac{v_+}{10K} + \frac{2v_+}{10K} + \frac{2v_+}{10K}$$

$$5 + 2v_{out} = 5v_+$$

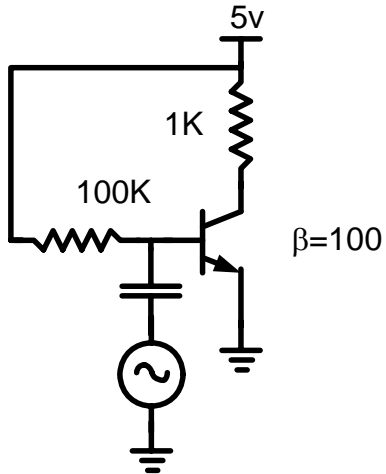
$$v_+ = \frac{5 + 2v_{out}}{5} = 1 + \frac{2v_{out}}{5}$$

$$v_+ = 1 + \frac{2v_{out}}{5} \begin{cases} v_{out} = -5v & v_+ = -1 \\ v_{out} = 5v & v_+ = 3 \end{cases}$$

c) Si  $V_{IN}$  était donné par le signal suivant, quel sera le signal de sortie? Partez avec l'hypothèse que la sortie était à 5v au temps 0. Redessinez ce diagramme dans votre cahier d'examen et superposez la sortie en identifiant les valeurs importantes. (2 points)



**Question 3.** Considérez le circuit suivant. (8 points)



- Trouvez  $V_B$ ,  $V_C$  et  $V_E$ . (2 points)
- Trouvez  $I_B$ ,  $I_C$  et  $I_E$ . (2 points)

$$I_B = \frac{5 - 0.7}{100K} = 43\mu A$$

$$I_C = 4.3mA$$

$$I_E = 4.343mA$$

$$V_B = 0.7$$

$$V_C = 0.7$$

$$V_E = 0$$

- c) Avec les réponses trouvées en a) et b) et sachant que  $V_A=50$ , calculez les paramètres petit-signal pour le modèle en T. (2 points)

*On recopie les equations de la fin de l'examen :*

$$r_e = \frac{r_\pi}{(\beta + 1)} \quad g_m = \frac{I_C}{V_T} \quad r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

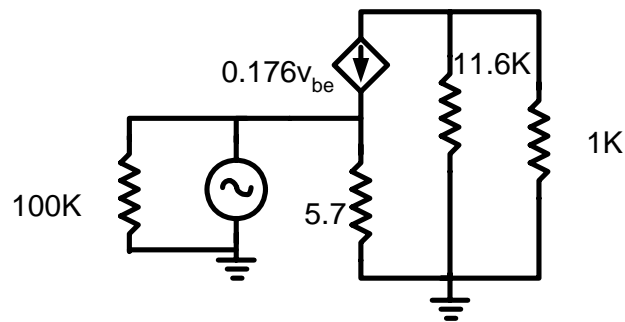
$$g_m = \frac{4.3mA}{25mV} = 0.172$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = 581\Omega$$

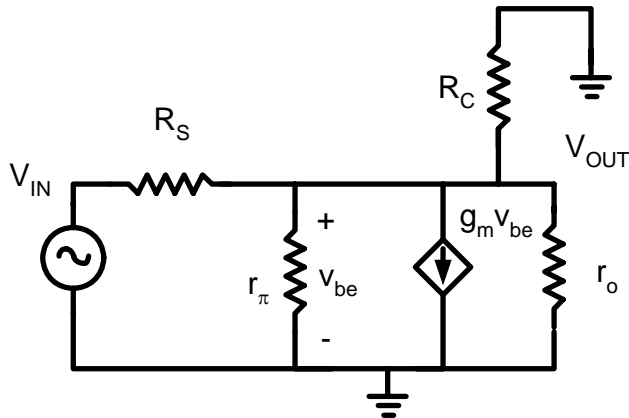
$$r_e = \frac{r_\pi}{\beta + 1} = \frac{581\Omega}{101} = 5.7\Omega$$

$$r_o = \frac{50V}{4.3mA} = 11.6K$$

- d) Redessinez ces circuits avec le modèle petit signal en T (2 points)



**Question 4.** Considérez le modèle petit-signal suivant. (9 points)



a) Calculez le gain  $v_{out}/v_{in}$  de ce circuit. (3 points)

$$\frac{v_{in} - v_{out}}{R_S} = \frac{v_{out}}{r_\pi} + \frac{v_{out}}{R_C} + \frac{v_{out}}{r_o} + g_m v_{out}$$

$$\frac{v_{in}}{R_S} = \frac{v_{out}}{r_\pi} + \frac{v_{out}}{R_C} + \frac{v_{out}}{r_o} + g_m v_{out} + \frac{v_{out}}{R_S}$$

$$\frac{v_{in}}{R_S} = \frac{v_{out}}{r_\pi} + \frac{v_{out}}{R_C} + \frac{v_{out}}{r_o} + \frac{v_{out}}{\frac{1}{g_m}} + \frac{v_{out}}{R_S}$$

$$\frac{v_{in}}{R_S} = v_{out} \left( \frac{1}{r_\pi} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{r_o} + \frac{1}{\frac{1}{g_m}} + \frac{1}{R_S} \right)$$

$$\frac{1}{R_S \left( \frac{1}{r_\pi} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{r_o} + \frac{1}{\frac{1}{g_m}} + \frac{1}{R_S} \right)} = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

$$\frac{\left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \parallel R_S \right)}{R_S} = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

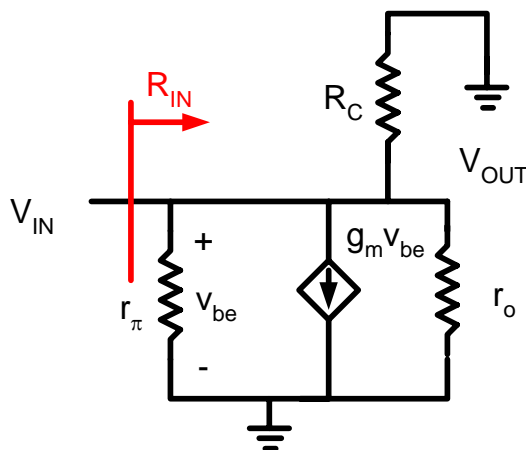
*On aurait pu changer le raisonnement pour avoir une forme plus intuitive qu'on re-expliquera dans le cours :*

$$\frac{v_{in}}{R_S} = v_{out} \left( \frac{1}{r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m}} + \frac{1}{R_S} \right)$$

$$\frac{1}{R_S \left( \frac{R_S + \left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right)}{\left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right) R_S} \right)} = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

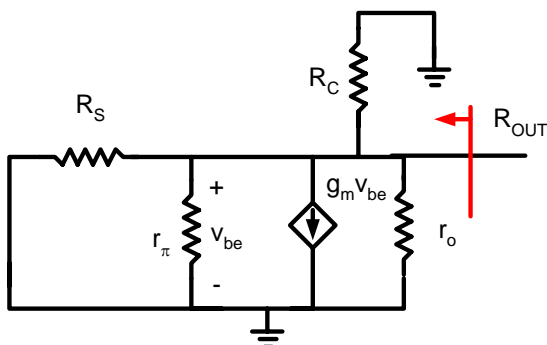
$$\frac{\left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right)}{R_S + \left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right)} = \frac{v_{out}}{v_{in}}$$

*Remarquez que c'est un diviseur de tension entre  $R_S$  et la combinaison parallele. La chose qui devrait sauter aux yeux c'est que la source dependante est maintenant vue comme une resistance de valeur  $1/g_m$ .*



$$I_{IN} = \frac{V_{IN}}{\left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right)}$$

$$R_{IN} = \frac{V_{IN}}{I_{IN}} = \left( r_\pi \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \right)$$

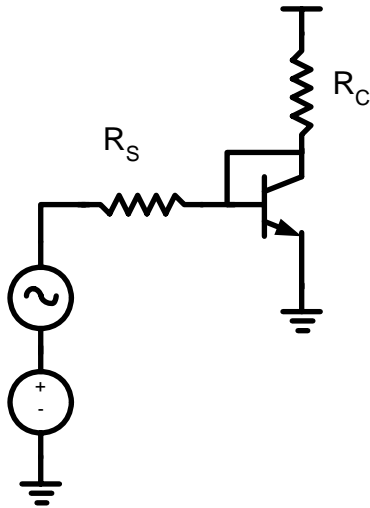


*On voit assez clairement que le resultat sera le meme... ou presque. La grosse difference c'est la presence de  $R_S$ . On peut l'inclure ou ne pas l'inclure...*



$$R_{OUT} = \frac{V_{OUT}}{I_{OUT}} = \left( r_{\pi} \parallel R_C \parallel r_o \parallel \frac{1}{g_m} \parallel R_S \right)$$

- b) Trouvez le  $R_{IN}$  (2 points)
- c) Trouvez le  $R_{OUT}$  (2 points)
- d) Le dessin c'est le modèle petit signal. De quoi a l'air l'amplificateur en modèle gros signal ? Dessinez-le (ou une des possibilités si vous croyez qu'il peut y en avoir plusieurs) (2 points)



**Question 5.** Concevez un amplificateur émetteur-commun avec un transistor de  $\beta=300$  qui respecte les conditions suivantes : (11 points)

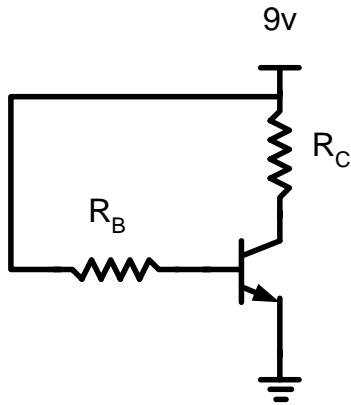
- a) Vous avez UNE SEULE alimentation de 9v
- b) Gain petit signal de -10 (avec charge et résistance de source)
- c) Commander une charge  $R_L$  de 10K
- d) La source a une résistance de sortie  $R_S$  de 1K
- e) Ignorez la résistance  $r_o$  du transistor.

Vous aurez des points pour :

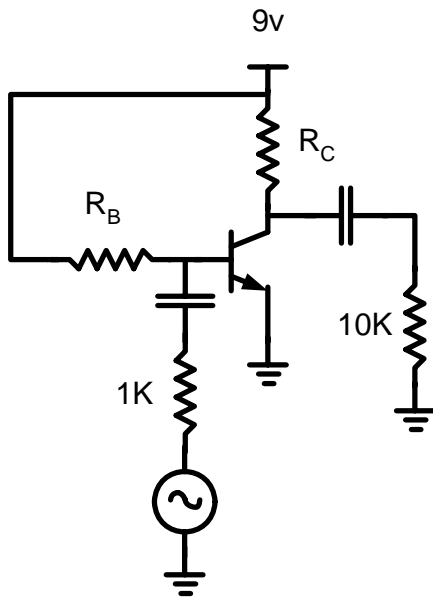
- Justifier votre choix d'amplificateur (1 points)
- Vous assurer qu'il est dans la bonne région d'opération après la conception (4 points)
- Calculer les paramètres petit-signal (3 points)
- Choisir des valeurs de composants qui fonctionnent (3 points)

Conseil : Choisissez la configuration la plus simple d'amplificateur et inventez-vous des valeurs pour au moins vous donner un point de départ. Vous ajusterez vos valeurs ensuite.

*On devrait se choisir une configuration pour l'émetteur commun. On va évidemment y aller avec la forme la plus simple qui remplisse ces conditions.*



*Maintenant on devrait se poser la question: Ou entre le signal? Evidemment, c'est par la base... mais, avant ou apres le R<sub>B</sub>? On répond a la question en raisonnant. En AC ma source de 9v sera court-circuitée au ground. Donc, a gauche de R<sub>B</sub>, ce sera connecte au ground. Alors, si je me connectais a gauche du R<sub>B</sub>, ca ne fonctionnerait pas vraiment. On va y aller avec une connexion a droite du R<sub>B</sub>. On ajoute un peu de couplage*



*Sans diviseur de tension, on aurait ceci :*

$$V_{OUT} = -g_m (R_C \parallel R_L)$$

*Pour simplifier les calculs, on peut essayer R<sub>C</sub>=10K. La combinaison parallele devient g<sub>m</sub>5K (negatif).*

$$V_{OUT} = -g_m (R_C \parallel R_L) \left( \frac{r_\pi}{r_\pi + 1K} \right)$$

$$V_{OUT} = -\frac{I_C}{V_T}(R_C \parallel R_L) \left( \frac{r_\pi}{r_\pi + 1K} \right)$$

Sachant que  $r_\pi = \frac{\beta}{g_m}$  et  $g_m = \frac{I_C}{V_T}$ , on peut combiner ces 2 equations :

$$r_\pi = \frac{V_T \beta}{I_C}$$

$$V_{OUT} = -\frac{I_C}{V_T}(R_C \parallel R_L) \left( \frac{\frac{V_T \beta}{I_C}}{\frac{V_T \beta}{I_C} + 1K} \right)$$

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = -\frac{I_C}{V_T}(R_C \parallel R_L) \left( \frac{V_T \beta}{V_T \beta + I_C 1K} \right)$$

$$-10(V_T \beta + I_C 1K) = -\frac{I_C}{V_T}(R_C \parallel R_L)(V_T \beta)$$

$$-10V_T \beta - 10I_C 1K = -\frac{I_C}{V_T}(R_C \parallel R_L)(V_T \beta)$$

$$-10V_T \beta = -I_C 5K(\beta) + I_C 10K$$

$$\frac{10V_T \beta}{(-5K(\beta) + 10K)} = -I_C$$

$$\frac{25}{(-490K)} = -I_C$$

$$I_C = \frac{25}{490K} = 51 \mu A$$

$$I_B = 0.17 \mu A$$

*Pour avoir ce  $I_B$ , il faut que*

$$R_B = \frac{9 - 0.7}{0.17 \mu A} = 48.6M$$

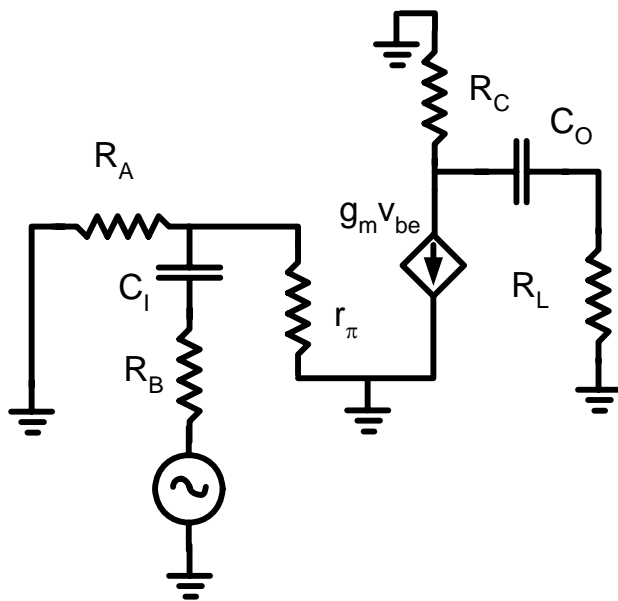
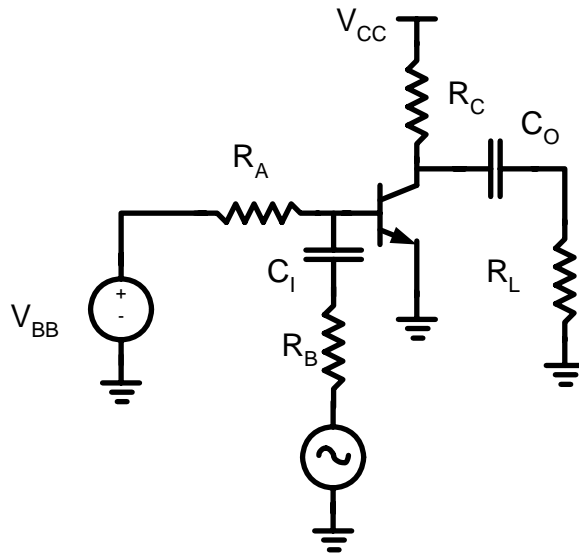
*On peut verifier que le transistor est effectivement en region active, mais, sachant que le courant  $I_C$  etait de  $51 \mu A$  avec  $R_C$  de  $5K$ , je me doute serieusement qu'on ait des problemes.*

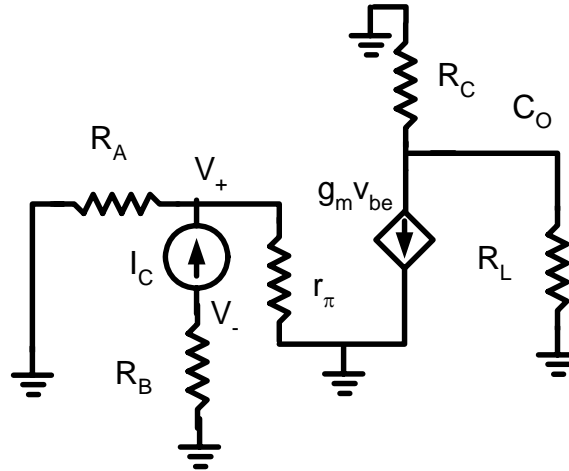
$$\Delta V = 51 \mu A \cdot 5K = 0.255v$$

*La tension DC a VC est de  $9 - 0.255 \dots$  on n'a pas a s'en faire.*

**Question 6.** Constantes de temps court-circuit (7 points)

- a) Remplacez ce circuit par son modèle petit signal en  $\pi$  (Sans  $r_o$ ) (3 points)
- b) Approximez la fréquence de coupure avec la méthode par constante de temps court-circuit. (4 points)



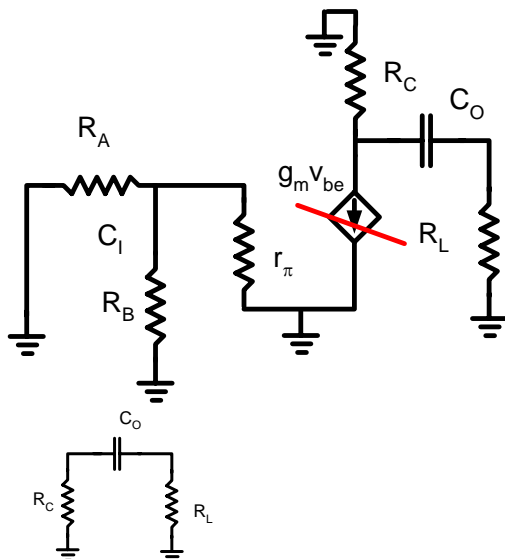


$$v_- = -I_C R_B$$

$$v_+ = I_C (R_A \parallel r_\pi)$$

$$R_{EQ} = \frac{I_C (R_A \parallel r_\pi) + I_C R_B}{I_C} = (R_A \parallel r_\pi) + R_B$$

$$\omega_1 = \frac{1}{C_I [(R_A \parallel r_\pi) + R_B]}$$



$$R_{EQ} = R_C + R_L$$

$$\omega_2 = \frac{1}{C_O [R_C + R_L]}$$

$$\omega_{-3dB} = \omega_1 + \omega_2 = \frac{1}{C_I [(R_A \parallel r_\pi) + R_B]} + \frac{1}{C_O [R_C + R_L]}$$

---

## Équations

$$I_E = (\beta + 1)I_B \quad I_E = I_B + I_C \quad \alpha = \frac{I_C}{I_E} \quad \alpha = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

Parametres petit-signal

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} \quad r_e = \frac{r_\pi}{(\beta + 1)} \quad g_m = \frac{I_C}{V_T} \quad r_o = \frac{V_A}{I_C}$$

Constantes

$$V_{BE} = 0.7 \quad V_{CE\_SATURATION} = 0.2 \quad V_T = 25mV$$